



Taitorakenteiden tutkimustulosten ja havaintojen digitalisointi

Teräs-, puu- ja kivirakenteet

Petteri Santi

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2024

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Talorakennustekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Talonrakennustekniikka

SANTI, PETTERI:

Taitorakenteiden tutkimustulosten ja havaintojen digitalisointi
Teräs-, puu- ja kivirakenteet

Opinnäytetyö 123 sivua, joista liitteitä 43 sivua
Toukokuu 2024

Opinnäytetyössä kehitettiin menetelmiä taitorakenteiden tarkastusten aikana ker-
tyneiden tutkimustulosten ja havaintojen digitalisoimiseksi ja integroimiseksi Väy-
läviraston ylläpitämään Taitorakennerekisteriin. Työ tehtiin A-Insinöörit Suunnit-
telu Oy:n toimeksiannosta ja työn tilaajana toimi Väylävirasto. Työssä keskitytään
erityisesti teräs-, puu- ja kivirakenteiden erikois- ja yleistarkastuksista saatavaan
dataan.

Tutkimusmenetelminä käytettiin dokumenttianalyysia, Taitorakennerekisterin
analysointia sekä käyttäjähaastatteluja. Tutkimuksen kuluessa kehitettiin uusia
tietomalleja ja tietojen syöttöprosesseja, jotka mahdollistavat tarkastustulosten
systemaattisen tallentamisen Taitorakennerekisteriin parametrimuodossa. Työn
tuloksena luotiin myös käyttöliittymäehdotuksia, jotka tukevat tietojen tehokasta
hyödyntämistä ja päivittämistä.

Opinnäytetyön tuloksena tarkastustietojen saatavuus, käytettävyys ja analysoita-
vuus paranevat merkittävästi. Digitalisointi mahdollistaa monipuolisemmat ana-
lyysit ja paremman tiedon hyödyntämisen kunnossapidon suunnittelussa ja pää-
töksenteossa kuin aikaisemmin. Tutkimus osoittaa, että systemaattisesti kerätty
ja hyvin hallittu tieto edistää infrastruktuurin ylläpidon tehokkuutta ja taloudelli-
suutta. Tehty opinnäytetyö tarjoaa vahvan perustan tutkimustulosten ja havainto-
jen digitalisoinnille Väyläviraston käynnistyvässä Taitorakennerekisterin kehitys-
hankkeessa.

Asiasanat: Taitorakennerekisteri, taitorakenteet, digitalisointi, infrastruktuuri, tar-
kastustiedot

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Building Construction

SANTI, PETTERI:

Digitalization of Research Findings and Observations in Structural Engineering
Steel, Wood, and Stone Structures

Bachelor's thesis 123 pages, appendices 43 pages
May 2024

This thesis, commissioned by A-Insinöörit Suunnittelu Oy and sponsored by the Finnish Transport Infrastructure Agency, explores methods to digitize and integrate findings from structural inspections into Taitorakennekisteri. It focuses primarily on data from inspections of steel, wood, and stone structures.

Methodologically, the study engaged in document analysis, evaluations of the current state of Taitorakennekisteri, and interviews with relevant stakeholders. New data models and input processes were developed to systematically record inspection outcomes in the Taitorakennekisteri in a parameterized manner. This effort also yielded user interface proposals to enhance the effectiveness of data usage and updates.

Findings from this research demonstrate significant improvements in the accessibility, usability, and analyzability of inspection data. Digitalization facilitates more comprehensive analyses and better utilization of information for maintenance planning and decision-making, thereby enhancing the efficiency and cost-effectiveness of infrastructure maintenance. This thesis lays a solid foundation for the ongoing development of the Taitorakennekisteri, affirming that systematically managed and well-maintained data can significantly advance infrastructure maintenance.

Key words: structural engineering, digitalization, information systems, infrastructure, inspection data

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	LÄHTÖKOHDAT	9
2.1	Taitorakennerekisteri.....	9
2.2	Tarkastusten nykytilanne Taitorakennerekisterissä.....	10
2.3	Käyttjähaastattelut Taitorakennerekisteriin liittyen	12
3	TAITORAKENTEIDEN TARKASTUKSET	14
3.1	Taitorakenteiden tarkastusmenetelmät	14
3.2	Erikoistarkastukset.....	16
3.3	Teräsrakenteiden tutkimukset ja havainnot.....	19
3.4	Puurakenteiden tutkimukset ja havainnot.....	32
3.5	Kivirakenteiden tutkimukset ja havainnot	37
3.6	Varusteiden ja laitteiden tutkimukset ja havainnot.....	37
4	TUTKIMUSTULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	41
4.1	Tutkimustulosten ja havaintojen kirjaaminen.....	41
4.2	Teräsrakenteiden tutkimustulokset.....	43
4.2.1	Niittien ja pulttien ultraäänitestauksen tulokset.....	43
4.2.2	Hitsivirheiden tulokset.....	48
4.2.3	Teräsrakenteen säröjen tulokset	51
4.2.4	Kuivakalvopaksuusmittauksien tulokset	53
4.2.5	Maalityypin, pinnoitteen ja haitta-aineiden tulokset	55
4.2.6	Näytteenoton ja testauksen tulokset.....	60
4.2.7	Korroosioasteen ja ainevahvuuden tulokset.....	63
4.2.8	Putkisiltojen tarkastushavaintojen tulokset	66
4.3	Puurakenteiden tutkimustulokset	68
4.3.1	Lahovaurioiden tulokset.....	68
4.3.2	Kyllästeaineen ja maalityypin/pinnoitteiden tulokset	70
4.4	Kivirakenteiden tutkimustulokset	71
4.5	Varusteiden ja laitteiden tutkimustulokset	72
4.6	Tuloksien yhteenveto	75
5	POHDINTA	76
	LÄHTEET.....	78
	LIITTEET	81
	Liite 1. Käyttjähaastatteluiden runkokysymykset.....	81
	Liite 2. NDT-tarkastajalle esitetyt runkokysymykset.....	83
	Liite 3. Niittien/pulttien ultraäänitutkimustulosten kirjaaminen	84

Liite 4. Hitsivirheiden kirjaaminen	86
Liite 5. Säröjen tutkimustuloksien kirjaaminen	88
Liite 6. Kuivakalvopaksaus mittauksien kirjaaminen	90
Liite 7. Maalityypin/pinnoitteen määrittämisen kirjaaminen	93
Liite 8. Haitta-aineiden tutkimustulosten kirjaaminen	95
Liite 9. Näytteenoton ja testauksen tutkimustuloksien kirjaaminen	97
Liite 10. Ruostumisasteen tutkimustuloksien kirjaaminen	100
Liite 11. Ainevahvuus tutkimustuloksien kirjaaminen	101
Liite 12. Putkisiltojen tarkastushavaintojen kirjaaminen	103
Liite 13. Lahovaurioiden tutkimustulosten kirjaaminen.....	104
Liite 14. Kyllästeaineen määrittämisen kirjaaminen	106
Liite 15. Laakerin asentovirheen kirjaaminen.....	108
Liite 16. Liikuntasauvojen/-saumalaitteiden liikkumien kirjaaminen .	110
Liite 17. Tarvittavat parametrit niittien/pulttien tuloksista.....	111
Liite 18. Tarvittavat parametrit hitsivirheiden tuloksista.....	112
Liite 19. Tarvittavat parametrit säröjen tuloksista	113
Liite 20. Tarvittavat parametrit kuivakalvopaksausien tuloksista	114
Liite 21. Tarvittavat parametrit maalin/pinnoitteen tuloksista.....	115
Liite 22. Tarvittavat parametrit haitta-aineiden tuloksista	116
Liite 23. Tarvittavat parametrit näytteenoton ja testauksen tuloksista	117
Liite 24. Tarvittavat parametrit ruostumisasteen tuloksista	118
Liite 25. Tarvittavat parametrit ainevahvuuksien tuloksista	119
Liite 26. Tarvittavat parametrit putkisiltojen tarkastushavainnoista ...	120
Liite 27. Tarvittavat parametrit lahoamisen tuloksista	121
Liite 28. Tarvittavat parametrit laakerien asentovirheiden tuloksista .	122
Liite 29. Tarvittavat parametrit liikuntasaumalaitteiden tuloksista	123

LYHENTEET JA TERMIT

FTIR	Menetelmä, jota käytetään erityisesti kemiallisten yhdisteiden analysointiin
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus
Inventointisuunta	Inventointisuunta määräytyy sillan geometriaviivan mukaan. Taitorakennerekisterin karttanäkymässä näkyy geometriaviivan alkupäässä inventointisuunnan osoittava nuoli.
NDT	Rikkomaton aineenkoetus (engl. Nondestructive testing)
Parametri	muuttuja tai arvo, jota käytetään tietyn prosessin tai kaavan määrittelyssä ja hallinnassa
pH	vesiliuoksen tai muun nesteen happamuuden mittayksikkö
SFS-EN	Suomessa ja eurooppalaiseksi vahvistetun standardin tunnus
SILKO	Siltojen korjausohjeet
Taitorakenne	Taitorakenteet ovat infrarakenteita, joiden rakentamiseen tarvitaan suunnitelmat perustuen lujuuslaskelmiin.
Taitorakennerekisteri	Väyläviraston hallinnoima taitorakenteiden omaisuudenhallintajärjestelmä.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on toteutettu A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n toimeksiannosta, joka on merkittävä suomalainen rakennetun ympäristön suunnittelu- ja konsulttiyritys. Työn A-Insinööreiltä on tilannut Väylävirasto (aiemmin Liikennevirasto), joka on tärkeä asiantuntijavirasto Suomessa ja keskittyy tie-, rata- ja meriliikenteen suunnitteluun, kehittämiseen ja kunnossapitoon.

Tämän tutkimuksen päämääränä on selvittää, miten taitorakenteiden eri tarkastuksissa tehtyjen materiaalitutkimusten tulokset voitaisiin selkeästi tuoda Taitorakennerekisteriin rakenteen eri osia koskevin parametreina. Taitorakennerekisteri on Suomen taitorakenteiden omaisuudenhallintajärjestelmä, jonka ylläpitäjänä toimii Väylävirasto.

Pääasiassa työssä käsitellään erikoistarkastuksista sekä laajennetuista yleistar- kastuksista saatavaa dataa. Tällä hetkellä näitä tuloksia käytetään vain tarkastusraporttien tekstimuodossa liitteenä ja tällöin tuloksien otanta jää vähälle huomiolle. Tavoitteena on luoda mahdollisuus syöttää tutkimustulokset suoraan Taitorakennerekisteriin, joko välillisesti toisen ohjelman avulla tai suoraan järjestelmään syötettynä. Työssä on erityisen tärkeää tutkia mitä tietoja, millaisessa muodossa sekä mihin tarvittavat tiedot tallennetaan. Tämän avulla mahdollistettaisiin entistä tehokkaampi ja monipuolisempi datan keräämisen esimerkiksi taitorakenteiden korjaushankkeita ajatellen.

Samasta aiheesta on tehty Turun ammattikorkeakoulussa opinnäytetyö, jossa käsiteltiin betonirakenteisten siltojen erikoistarkastusten digitalisointia ja niiden integroimista digitaaliseen Taitorakennerekisteriin, mikä on suunniteltu parantamaan rakenteellisen tiedon hallintaa ja päätöksentekoa. (Lummejoki 2022.) Tämän seurauksena tämä opinnäytetyö keskittyy erityisesti puu-, teräs- ja kivirakenteisten taitorakenteiden sekä niiden varusteiden ja laitteiden tarkasteluun, poiketen aiemmasta työstä, joka rajautui vain betonirakenteisiin siltoihin. Tämä työ käsittelee kuitenkin rakennekuvauksia ja rakenteiden kehitystarpeita vain siltojen kannalta.

Kirjallisten lähteiden analysoinnin lisäksi työssä käytetään yhtenä tutkimusmenetelmänä puolistrukturoitua haastattelua ja avointa haastattelua. Kohdassa 2.3 tiivistetään yhteen tärkeimmät näkökulmat haastattelujen pohjalta ja otetaan myös huomioon eriävät mielipiteet.

Työn lopputuloksena pyritään määrittelemään ja luomaan tarvittavat tiedot muutosten toteuttamiseksi Taitorakennerekisterissä, mukaan lukien parametrit tutkimustulosten syöttämiseksi eri rakenteille. Lisäksi otetaan huomioon tiedon syöttämisen yhteensopivuus järjestelmien kehittyessä ja laajentuessa tulevaisuudessa. Työn tuloksia tullaan hyödyntämään Väyläviraston erikoistarkastusten käyttöliittymän kehityksessä, joka alkaa arvioilta vuonna 2025.

2 LÄHTÖKOHDAT

Toinen luku käsittelee yleisesti Taitorakennerekisteriä ja sieltä löytyviä tietoja lähinnä tarkastusten osalta. Luvussa käydään läpi tämänhetkisten tarkastusten tietojen ja niistä selvinneiden vaurioiden kirjaamista. Lisäksi tarkastellaan tutkimusmenetelmänä käytettyjä haastatteluja ja niiden tavoitteita.

2.1 Taitorakennerekisteri

Taitorakennerekisteri on Väyläviraston hallinnoima infrastruktuurin tietojärjestelmä, joka otettiin käyttöön helmikuussa 2017. Järjestelmä korvasi samalla aiemmin käytössä olleen Siltarekisterin ja on keskeinen osa Väyläviraston taitorakenteiden omaisuudenhallintajärjestelmää. Sen kehityksessä on keskitytty käyttäjäystävällisyyteen ja selkeyteen, mikä tehostaa sen käyttöä eri sidosryhmien tarpeisiin. (Väylävirasto 2023.)

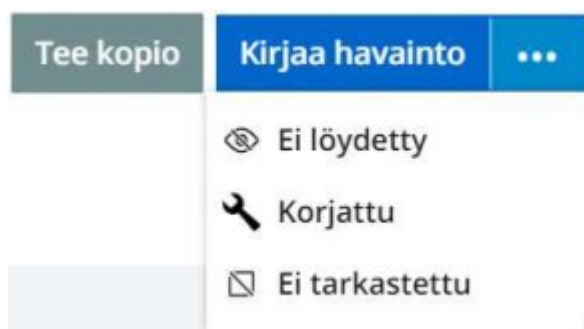
Rekisteri kattaa laajan valikoiman tietoja hallinnollisista yksityiskohdista vaurio- ja kuntotietoihin eri rakenteista, kuten silloista, tunneleista, rautatierummuista, merimerkeistä ja tie- ja yhteysaluslaitureista. Paitsi Väylävirasto, useat kunnat hyödyntävät tätä järjestelmää. (Väylävirasto 2023.)

Taitorakennerekisteri palvelee Väyläviraston, ELY-keskusten, kuntien ja palveluntuottajien asiantuntijoita. Sen käyttö edellyttää Väyläviraston myöntämiä käyttöoikeuksia. Järjestelmän käyttäjät tarvitsevat myös koulutuksen, jotta he voivat ylläpitää ja muokata tietoja asianmukaisesti. (Väylävirasto 2023.)

Tietojen oikeellisuus ja ajantasaisuus ovat ensiarvoisen tärkeitä Taitorakennerekisterissä, sillä se toimii keskeisenä tiedon lähteenä taitorakenteiden kunnossapidossa ja suunnittelussa. Lisäksi tietosisältö välitetään muihin järjestelmiin, mikä vähentää tarpeetonta päällekkäistä työtä ja mahdollistaa nopeamman tiedonvälityksen esimerkiksi tarkastusten suunnittelussa ja häiriötilanteiden tiedottamisessa. (Väylävirasto 2023.)

2.2 Tarkastusten nykytilanne Taitorakennerekisterissä

Tällä hetkellä Taitorakennerekisterissä kaikki tarkastuksissa selvinneet vauriot ovat kirjattuna *Kunto ja tapahtumat*-osion alle. Jokaisen tarkastuksen yhteydessä vauriot merkitään uudelleen aina sille rakenneosalle, jossa vaurio sijaitsee. Vaikka sama vaurio olisi jo useaan kertaan kirjattuna, täytyy se silti aina kirjata uudelleen. Tällöin pystytään varmistumaan siitä, että kyseistä vaurioita ei olla korjattu. On ensisijaisen tärkeää myös päivittää vaurion luokitusta, jos sen tila on huonontunut ajan myötä, mikä korostaa vaurion seurattavuutta tarkastusvälillä. Tämän seuranta antaa arvokasta tietoa vaurion kehittymisestä ja indikaatiota siitä, milloin korjaustoimenpiteet on viimeistään toteutettava. Jos jostain syystä vauriokohtaa ei pystytty tarkastamaan, on Taitorakennerekisterissä mahdollisuus valita kohta ”ei tarkastettu” (kuva 1). (Väyläviraston ohjeita 33/2020, 15.)



KUVA 1. Taitorakennerekisterissä näkyvät vaihtoehdot vauriota kirjatessa tarkastuksen yhteydessä (Väyläviraston ohjeita 33/2020, 16).

Korjaustoimenpiteiden alkaessa Taitorakennerekisteriin luodaan uusi korjaustapahtuma. Tämän korjaustapahtuman alle tulee päivittää kaikki korjatut vauriot ja tehdyt korjaustoimenpiteet eri rakenneosille. Näin voidaan vuosia myöhemmin tarkastuksia tehtäessä varmistua siitä, että esimerkiksi samassa rakenneosassa oleva vaurio on jo kertaalleen korjattu. Myös rakennekuvaukset tulee päivittää Taitorakennerekisteriin korjaustoimenpiteiden päätyttyä. (Liikenneviraston ohjeita 36/2018, 21.)

Tarkastusten vauriot ja niiden oikeaoppiset kirjaukset Taitorakennerekisteriin tehdään Väyläviraston ohjeen Sillantarkastuskäsikirjan mukaisesti (Väyläviraston ohjeita 33/2020, 29). Sillantarkastuskäsikirjassa keskitytään silmämääräisten

vauriohavaintojen kirjaamisen ohjeistamiseen. Eri vauriokirjaukset muodostuvat rakenteelle yleensä silmämääräisten tarkastuksien kautta, ja näiden perusteella suoritetaan tarvittaessa erikoistarkastuksia. Erikoistarkastuksissa pyritään selvittämään silmämääräisesti havaittujen vaurioiden syy. Tarkemmin eri tarkastuksia avataan kohdassa 3.1. Tällä hetkellä esimerkiksi lahoamisen osalta vauriokirjaukseen voidaan merkitä kuvassa 2 näkyvät tiedot.

RAKENNEOSA (*)		ET-2020	ET-2024
Vinotuki (pidempi) 1.7-2 4 (C)			
MATERIAALI	13: Puu		- ei valintaa -
VAURIOTYYPPI (*)	21: Lahoaminen		Lahoaminen (m2)
VAURIOSYYY (*)	100: Ympäristö tai ikääntyminen		Ympäristö tai ikääntyminen
SIJAINTI PITUUSSUUNNASSA (*)	1.7-2		
SIJAINTI POIKITTAISSUUNNASSA	0		
SIJAINTI KORKEUSSUUNNASSA	<i> tieto puuttuu </i>		
VAURIO RAKENTEEN SISÄLLÄ?	Ei		<input type="checkbox"/>
VAURIOLUOKKA (*)	3: Vakava		1 2 3 4
KIIREELLISYYS (*)	Peruskorjaus		Peruskorjaus Ylläpitokorjaus Heti
LAAJUUS	1 m ²		<input type="text"/> m ²
VAIKUTUS KANTAVUUTEEN ARVIOITAVA?	Ei		<input type="checkbox"/>
TOIMENPIDE-EHDOTUS	Vahventaminen, tukeminen tai kunnostus		- ei valintaa -
KOMMENTTI	Mikroporauksessa on myös havaittu lahoa puuosan sisällä noin 35 mm paksuudelta.		<input type="text"/>
TOIMENPITEEN LAAJUUS	0,5 m ³		<input type="text"/>

KUVA 2. Näytönkaappaus Taitorakennerekisterin havainnon kirjaamisesta tarkastuksen yhteydessä (Taitorakennerekisteri 2024).

Erikoistarkastusten ja esimerkiksi puurakenteisen sillan laajennetun yleistarkastuksen tutkimuksien tiedot ilmenevät tällä hetkellä vain erikoistarkastusraportista, joka pitää liittää tarkastetun taitorakenteen dokumentteihin PDF-tiedostona (Liikenneviraston ohjeita 28/2018, 8). Nykytilanteen ohjeistuksen mukaisesti esimerkiksi puurakenteiden lahovaurioiden syvyyksiä tai teräsrakenteen kuivakalvopak-suuksia ei merkata rakenneosa kohtaisesti Taitorakennerekisteriin. Ainoa tapa kirjata erikoistarkastuksissa saadut tiedot on tallentaa ne tekstimuodossa kommenttikenttään vauriokirjauksen yhteydessä (kuva 2). Tämän vuoksi on tavoitteena, että tulevaisuudessa erikoistarkastusten ja laajennettujen yleistarkastusten tarkemmat tutkimustulokset olisivat suoraan saatavilla Taitorakennerekisteristä, helposti luettavassa muodossa vaikeasti käsiteltävien PDF-tiedostojen sijaan.

Poikkeuksena toimivat putkisillat, sillä ohjeistuksena on, että tarkastushavainnot kirjataan Taitorakennerekisterin putken rakennekuvauksen alle. Kuvassa 3 esitetään näkymä siitä, kuinka eri tutkimusten tulokset tulisi merkitä teräspankkuiltojen yleistarkastukseen. (Väyläviraston ohjeita 33/2020, Liite 4.)

The screenshot shows a web application interface for recording inspection findings. The title bar indicates 'Putki 1-2 V/O (C)' and 'MUOKKAA: Kyllä Ei'. Below the title bar are two buttons: 'Tallenna tiedot' (Save data) and 'Kumoa muutokset' (Cancel changes). The main content area is titled 'Tarkastushavainnot' (Inspection findings) and contains the following fields:

PINNOITEPAKSUUS	70	-	85	µm
PISTEUUKKO LÄPÄISEE TERÄSLEVYN	<input checked="" type="checkbox"/>			
LÄPÄISYN SIJAINTI	Putken keskiosalla			
VEDEN PH	5			ph
PÄIVÄMÄÄRÄ	18.3.2024			
VIRTAUSNOPEUS	0.2			m/s
PÄIVÄMÄÄRÄ	18.3.2024			

KUVA 3. Teräspankkuiltojen tarkastushavaintojen merkintä (Taitorakennerekisteri 2024).

2.3 Käyttäjahaastattelut Taitorakennerekisteriin liittyen

Tässä opinnäytetyössä yhtenä tutkimusmenetelmänä käytettiin haastatteluja. Haastattelut suoritettiin puolistrukturoidun ja avoimen haastattelun yhdistelmänä. Kaikille haastateltaville lähetettiin etukäteen haastatteluiden runkokysymykset ennakkovalmistautumista varten. Kaikki haastattelut suoritettiin Teams-kokouksena, poissulkien yksi haastateltavista vastasi näkemyksensä etukäteen toimitettujen kysymysten mukaan sähköpostilla.

Haastattelut suoritettiin yhteensä seitsemälle henkilölle. Näistä neljä työskentelee tällä hetkellä tarkastajan tehtävissä ja kolme työskentelee tilaajapuolen edustajina. Muutamit haastateltavista ovat työskennelleet työuransa aikana myös muissa tehtävissä. Kaikilla haastateltavilla on useiden vuosien kokemus taitorakenteista ja Taitorakennerekisterin käytöstä.

Haastattelujen tarkoituksena oli löytää eri Taitorakennerekisterin käyttäjiltä uusia näkemyksiä ja samalla vahvistaa opinnäytetyön tekijän ajatuksia aiheesta. Haastatteluissa pyrittiin löytämään yhteinen linja, jota voisi soveltaa opinnäytetyön tuloksissa, mutta samalla pohtien eriäviä vastauksia.

Haastateltaville lähetetyt runkokysymykset löytyvät liitteestä 1. Suoritetut haastattelut herättivät hyvää pohdintaa puolin ja toisin. Nousseiden mielipiteiden ja ehdotusten pohjalta muodostettaviin tuloksiin viitataan yleisesti haastattelujen osalta luvussa 4. Monet vastaukset eri haastateltavien välillä sisälsivät pitkälti samoja asioita ja näkemyksiä esitetyistä kysymyksistä. Muutamia eriäviä ehdotuksia nostetaan esille tulosten yhteydessä luvussa 4.

Varsinaisen haastattelukierroksen lisäksi suoritettiin puoliavoin haastattelu NDT-tarkastajan kanssa puhelimitse. Haastattelussa selvitettiin käytännön tietoja teorian tueksi kaikkien NDT-tarkastusmenetelmien osalta. Haastattelussa esille nousseita vastauksia ja ajatuksia käytetään apuna luvussa 4 määritettäviin tuloksiin. Esitetyt runkokysymykset NDT-tarkastajalle löytyvät liitteestä 2.

3 TAITORAKENTEIDEN TARKASTUKSET

Tässä luvussa kerrotaan taitorakenteiden tarkastustoiminnasta yleisesti ja keskittään lähinnä erikoistarkastuksissa ja laajennetuissa yleistarkastuksissa tehtäviin tutkimuksiin. Huomioon otetaan myös tiettyjä toimenpiteitä, joita voidaan suorittaa muissakin taitorakenteiden tarkastuksissa kuin erikoistarkastuksissa.

Tarkemmat tutkimukset ja tarkastustoimenpiteet käsitellään teräs-, puu- ja kivirakenteiden sekä varusteiden ja laitteiden osalta. Luvussa avataan eri materiaalien mahdolliset tutkimusmenetelmät, vaikka tuloksien osalta niitä ei käsiteltäisikään.

3.1 Taitorakenteiden tarkastusmenetelmät

Tarkastukset tarjoavat olennaista tietoa rakenteiden tilasta ja kunnon kehittymisestä eri olosuhteissa ja eri-ikäisten rakenteiden osalta. Näiden tarkastusten avulla voidaan saada monipuolista tietoa rakenteiden kunnon hallintaan, jotta korjaustoimet voidaan kohdentaa hallitusti. Tavoitteena on säilyttää rakenteiden liikenne- ja henkilöturvallisuus sekä kantavuus vaaditulla tasolla. (Liikenneviraston ohjeita 17/2013, 50.)

Rakenteiden käyttöikänsä aikana suoritettavat tarkastukset sisältävät seuraavat vaiheet:

Käyttöönottotarkastus (ent. vastaanottotarkastus): Aloittaa rakenteen tarkastustoimenpiteet. Kohteen rakennuttaja vastaanottaa urakoitsijan tekemän rakennus- tai korjaustyön taitorakenteen vastaanottotarkastuksessa. Tässä vaiheessa kerätään kaikki tarkastustoiminnan lähtöasiakirjat. Näiden perusteella päivitetään rakenteen perustiedot Taitorakennerekisteriin ja määrätään ensimmäisen yleistarkastuksen ajankohta. (Liikenneviraston ohjeita 17/2013, 50 & 53.)

Vuositarkastus: Tämä vaihe sisältää havaintojen tekemisen rakenneosien kunnosta ja tarkastuksen hoidon tasosta. Vuositarkastuksessa havaitut merkittävät vauriot ilmoitetaan tilaajalle vuositarkastuslomakkeella. Vakavat vauriot siirretään tarkastettavaksi yleistarkastuksessa tai tutkittavaksi erikoistarkastuksessa. (Liikenneviraston ohjeita 17/2013, 50–53.) Vuositarkastusten suorittamisesta laaditaan yhteenvetoraportti tilaajalle, mutta näitä tietoja ei päivitetä Taitorakennerekisteriin (Liikenneviraston ohjeita 17/2013, 54).

Yleistarkastus: Yleistarkastus on perusteellisempi kuin vuositarkastus ja tehdään yleensä 5–10 vuoden välein. Se on visuaalinen tarkastus, jossa arvioidaan rakenteen tilaa tarkemmin. Toimii perustana seuraaville tarkastuksille ja korjaustoimenpiteiden suunnittelulle. Yleistarkastuksessa havaittujen vakavien vaurioiden perusteella voidaan suositella rakenteen tehostettua tarkkailua tai erikoistarkastusta. (Liikenneviraston ohjeita 17/2013, 50 & 54.) Yleistarkastuksen tiedot kirjataan Taitorakennerekisteriin *kunto ja tapahtumat*-osioon (Liikenneviraston ohjeita 17/2013, 55).

Laajennettu yleistarkastus: Laajennettu yleistarkastus sisältää normaalin yleistarkastuksen lisäksi ylimääräisiä toimenpiteitä, kuten näytteidenottoa ja muita tarkastusta tukevia menetelmiä. Näitä käytetään tarvittaessa syvällisemmän tiedon saamiseksi taitorakenteen kunnosta ja mahdollisista vaurioista. (Liikenneviraston ohjeita 17/2013, 64.)

Laajennettu yleistarkastus on erityisen tärkeä suurille vesistösilloille tai muille rakenteille, joita ei voida kunnolla tarkastaa pelkästään rannalta tai maasta käsin. Tällaisissa tapauksissa tarvitaan apuvälineitä, kuten venettä tai siltakurkea, jotta tarkastus voidaan suorittaa perusteellisesti. Laajennettu yleistarkastus suoritetaan edellä mainituille siltajoukoille normaalissa yleistarkastuskierrossa joka toinen kerta. (Väyläviraston ohjeita 33/2020, 39.) Tarkastuksen tulokset päivitetään Taitorakennerekisteriin *kunto ja tapahtumat*-osioon (Liikenneviraston ohjeita 17/2013, 66).

Erikoistarkastus: Suoritetaan tarvittaessa, kun rakenteen tilasta tarvitaan tarkempaa tietoa. Erikoistarkastuksessa pyritään selvittämään näkyvien vaurioiden syntymekanismeja, tarkentamaan vaurioiden syvyyttä ja laajuutta sekä arvioimaan rakenteen kuntoa. Tarkastuksista saadut tiedot ovat lähtökohtana toiminnan- tai korjaussuunnittelua varten. (Liikenneviraston ohjeita 17/2013, 50.) Erikoistarkastuksia avataan lisää kohdassa 3.2.

Tehostettu tarkkailu: Tehostetun tarkkailun tavoitteena on mahdollistaa rakenteen tai sen osan turvallinen käyttö ylittämällä laskennallinen kantavuus. Lisäksi se seuraa tietyn tyyppisten vaurioiden kehittymistä ja varmistaa, ettei vaurio etene niin pitkälle, että se uhkaisi liikenne- tai käyttöturvallisuutta. Tehostetussa tarkkailussa keskitytään erityisesti rakenteen kunnan muutoksen arviointiin ajan kuluessa. Lisäksi kantavuuteen vaikuttavien tekijöiden ja vaurioiden tarkkailuun, kuten muodonmuutoksiin, halkeamiin, murtumiin ja syöpymiin. (Liikenneviraston ohjeita 17/2013, 70.)

3.2 Erikoistarkastukset

Erikoistarkastuksen tavoitteena on hankkia tarkempaa tietoa rakenteen kunnosta korjaussuunnitelman valmistelua varten. Tämä tarkastusmenetelmä hyödyntää visuaalisen tarkastelun lisäksi erilaisia tutkimusmenetelmiä, jotka mahdollistavat syvällisemmän arvioinnin rakenteiden tilasta. Erikoistarkastuksissa kiinnitetään erityistä huomiota rakenteiden kuntoon, mahdollisiin vaurioihin ja niiden laajuuteen. Lisäksi perehdytään turvallisuusriskien tunnistamiseen ja ennaltaehkäisyyn. Näiden tarkastusten avulla varmistetaan, että silta pysyy turvallisena ja toimintakuntoisena käyttäjilleen. (Pulkinen & al. 2018, 383.)

Erikoistarkastukseen kuuluu monipuolisia toimenpiteitä, jotka ovat olennaisia tarkastuskohteen kattavan arvioinnin kannalta. Tässä kiteytetään erikoistarkastuksen tärkeimmät tehtävät Liikenneviraston ohjeen 28/2018 mukaisesti:

1. **Suunnitelmien tarkastus:** Erikoistarkastuksen aluksi tutustutaan tarkastuskohteen suunnitelmiin, erityisesti taitorakenteen osalta.
2. **Rakenteen olennaisten ratkaisujen selvittäminen:** Keskeistä on ymmärtää rakenteen toimintatapa ja sen ratkaisujen merkitys.

3. **Historiatiedon hyödyntäminen:** Aiempia tarkastuksia tutkimalla saadaan arvokasta tietoa. Taitorakennerekisterin tarkastustietojen avulla saadaan tärkeää tietoa aiemmista tarkastuksista. Tulevaisuudessa tämä tulee vielä kehittymään, jos erikoistarkastustiedot saadaan digitalisoitua Taitorakennerekisteriin onnistuneesti.
4. **Tarkastussuunnitelman laatiminen:** Tarkka suunnitelma on perusta onnistuneelle tarkastukselle. Tarkastussuunnitelma on esitettävä tilaajan hyväksyttäväksi ennen töiden aloittamista.
5. **Liikenteenohjaus- ja turvallisuussuunnitelmien luominen:** Liikenteen sujavuus ja turvallisuus ovat ensiarvoisen tärkeitä. Erikoistarkastuksen toimitajan tulee valmistella turvallisuussuunnitelma, joka on toimitettava tilaajalle viimeistään kaksi viikkoa ennen tarkastuksen aloittamista (Liikennevirasto 2014, 4).
6. **Liikennejärjestelyiden toteutus:** Liikennejärjestelyjen käytännön toteutus suoritetaan suunnitelmien mukaan varmistaen liikenteen sujavuus ja turvallisuus.
7. **Yleistarkastus:** Ennen taitorakenteen erikoistarkastusta, kyseiselle rakenteelle on tehty usein monia yleistarkastuksia.
8. **Kenttätutkimukset ja -mittaukset:** Taitorakenteen kunnan arviointiin kuuluu erilaisia konkreettisia kenttätutkimuksia ja mittauksia, joista kerrotaan enemmän materiaalikohtaisesti luvuissa 3.3–3.6.
9. **Näytteidenotto ja laboratoriotutkimukset:** Suoritetaan kohdennettua näytteenottoa eri rakenneosista ja analysoidaan nämä näytteet laboratorio-olosuhteissa, jotta saadaan tarkkaa tietoa rakenteiden kunnosta ja ominaisuuksista.
10. **Tietojen päivitys:** Kaikki saadut tiedot ja tulokset päivitetään Taitorakennerekisteriin, jotta niitä voidaan hyödyntää jatkossa. Tähän mennessä tiedot ja tulokset on päivitetty vain erikoistarkastusraportti liitteinä Taitorakennerekisteriin. Niin kuin jo mainittua, Väyläviraston vuoden 2025 erikoistarkastusten käyttöliittymän kehityksessä tätä tullaan muokkaamaan sujuvammaksi.
11. **Raportointi:** Erikoistarkastuksesta laaditaan kattava raportti, joka sisältää muun muassa kaikki olennaiset havainnot, tutkimusmenetelmät, listauksen näytteistä ja mittauksista sekä yhteenvedon. Raportissa on tärkeää

tuoda selkeästi esiin syy-seuraussuhteet, eli ei pelkästään esittää havaittuja vaurioita vaan myös analysoida niiden mahdollisia syitä. Lisäksi raporttiin sisällytetään alustava kustannusarvio tarvittavista korjaustoimenpiteistä.

Sillan omistajan vastuulle puolestaan kuuluu varmistaa sillan kunto ennen tarkastusta, mukaan lukien puhdistus ja pesu. Tämä varmistaa tarkastuksen sujuvuuden ja tarkkojen havaintojen tekemisen. (Liikenneviraston ohjeita 28/2018, 8.)

Erikoistarkastuksia suoritetaan yleensä ainakin seuraavissa tilanteissa:

- Täydentämään yleistarkastuksen tuloksia, kun tarvitaan erityisosaamista, ammattitaitoa, erikoistuneita tutkimusmenetelmiä tai näytteidenottoa rakenteista.
- Selvittämään korjaus- tai uusimistarpeita sekä arvioimaan korjauksen ajankohtaa ja taloudellista kannattavuutta.
- Aloittaessa sillan suunnittelua on tärkeää varmistaa tarkat tiedot rakenteiden vaurioista, mitoista ja kantavuudesta. On myös olennaista tuntea rakenteiden kestoikä ja tekijät, jotka vaikuttavat korjaustoimenpiteiden onnistumiseen.
- Tietyin aikaväleihin, kun tutkitaan teräsrakenteiden ja niiden liitosten kuntoa erikoisvälinein.
- Harvinaisia ilmasto-, vesistö- ja geoteknisiä vaikutuksia tutkittaessa.
- Suurten siltojen kuntoa ja muodonmuutoksia tarkasteltaessa säännöllisin väliajoin keskitetyn valvonnan alaisena.
- Siltojen vedenalaisten rakenteiden perusteelliseen tutkimiseen. (Pulkinen & al. 2018, 383.)

Erikoistarkastuksissa on noudatettava Siltojen erikoistarkastusten laatuvaatimuksia, Liikenneviraston ohjeita LO 28/2018 (Pulkinen & al. 2018, 383).

3.3 Teräsrakenteiden tutkimukset ja havainnot

Taitorakenteen päärakenneosan ollessa terästä, täytyy tällöin tarkastusorganisaatiossa päätarkastajalla tai muilla asiantuntijoilla olla pätevyysluokassa poikkeuksellisen vaativa teräsrakenteiden suunnittelijan pätevyys uudisrakentamisessa tai korjaus- ja muutostöissä. Lisäksi kyseisellä henkilöllä vaaditaan olevan kokemusta siltojen suunnittelusta. (Liikenneviraston ohjeita 28/2018, 9.)

Tässä osiossa käsitellään lähinnä teräsrakenteiden erikoistarkastuksissa käytettäviä tutkimusmenetelmiä ja niiden soveltuvuutta eri tutkimuskohteisiin. Lisäksi kerrotaan myös teräsputkisiltojen tutkimusmenetelmistä ja havainnoista.

Silmämääräiset tarkastukset ja pintatestaus

Teräsrakenteiden tarkastukset taitorakenteissa suoritetaan pääasiassa visuaalisesti, mutta tarvittaessa syvällisempää tarkastelua varten voidaan hyödyntää tarkempia tutkimusmenetelmiä, joita avataan lisää tulevaisuudessa. Visuaalinen tarkastus kattaa rakenteen kokonaisvaltaisen tarkastelun, rakennusosien erityistarkastelun ja yksittäisten vaurioiden tarkastelun. Seuraamalla rakenteen muodonmuutoksia ja tarkastelemalla vaurioita voidaan saada merkittävää tietoa rakenteen tilasta. (Liikennevirasto 2018a, 48–49.)

Visuaalisen tarkastuksen lisäksi käytetään tarvittaessa ainetta rikkomattomia pintatestausmenetelmiä, jotka täydentävät näköhavaintoja. Nämä menetelmät antavat tukea rakenteen kunnon arviointiin ja voivat auttaa rajamaan alueita, jotka vaativat syvempää tarkastelua. (Liikennevirasto 2018a, 48–49.)

Silmämääräisessä tarkastuksessa esimerkiksi säröt havaitaan usein pintakäsittelyn halkeamina, mutta edistyneempien menetelmien avulla voidaan tunnistaa vaurioita, joita ei nähdä paljaalla silmällä. Hitsiliitosten tarkastukset tehdään standardin SFS-EN ISO 17637 "Hitsien aineenkoetus - Sulahitsausliitosten silmämääräinen tarkastus" mukaisesti ja noudatetaan standardin SFS-EN 5817 "Hitsien ja hitsausliitosten laatuvaatimukset metallien fuusiohitsauksessa" asettamia hyväksymisrajoja, mutta vanhoille rakenteille ne voivat olla lievemmiä kuin uusille rakenteille. (Liikennevirasto 2018a, 48–49.)

Teräsrakenteiden yleisin vaurio on korroosio ja sen selvittämiseksi käytetään tällä hetkellä vain silmämääräistä havainnointia. Korroosion tutkimiseen on kehitetty NDT-menetelmiä, mutta niitä ei ole vielä otettu käyttöön Suomessa. (Liikennevirasto 2018a, 50.) Jos teräsrakenteiden pintakäsittely on puutteellinen, alkaa ensin pistekorroosio, joka ajan myötä kehittyy kuoppamaiseksi syöpymäksi eli kuoppakorroosioksi ja lopulta johtaa puhkiruostumiseen. Yleisesti ottaen ruostuminen ilmenee maali- ja teräspinnan vaurioina, jotka voidaan ensivaiheessa korjata uusimalla tai paikkaamalla pintakäsittely. Kun ruostuminen etenee, siitä aiheutuva syvempi syöpymisvaurio vaatii rakenteellisia korjaustoimenpiteitä. (Liikennevirasto 2018a, 30.) Taulukossa 1 on esitetty yleistarkastuksissa käytettävä korroosiovaurioiden luokitus teräsrakenteiden osalta.

TAULUKKO 1. Korroosiovaurioiden luokitus teräsrakenteiden osalta (Väyläviraston ohjeita 33/2020, 56).

Vaurio-luokka	VAURIO	Kantava rakenne	Muu rakenne
1	<ul style="list-style-type: none"> Teräsrakenteessa on naarmuja, maalin lohkeamia tai muita vähäisiä pintakäsittelyvaurioita. 	A	A
2	<ul style="list-style-type: none"> Pääkannattajan ylälaipassa tai muissa teräsrakenteissa on paikallisia pintakäsittelyvaurioita vähintään ruostumisasteessa Ri 3. Riippuköysien kittaukset ovat halkeilleet. 	B B	B –
3	<ul style="list-style-type: none"> Rakenneosa on laajalti ruostumisasteessa Ri 3, Ri 4 tai Ri 5, mutta ainevahvuus ei ole pienentynyt. 	C	C
4	<ul style="list-style-type: none"> Rakenneosan ainevahvuus on pienentynyt tai siinä on lehtiruostetta.* 	D	D

*Jos vaurioituneen alueen pintakäsittely on uusittu, mutta syöpymää ei ole korjattu, säilytetään vaurioluokan 4 vauriokirjaus myös korjauksen jälkeen.

HUOM! Taulukko ei koske teräsrakenteita, joiden vaurioluokitus on kuvattu rakenneosakohdaisissa taulukoissa (mm. kaiteet, laakerit ja kuivatuslaitteet).

Ultra-äänitutkimukset

Ultraäänitarkastus on NDT-tutkimusmenetelmien yleisimpiä tutkimuksia ja laajasti käytetty teräsrakenteiden tarkastuksissa. Sen pääasiallinen tarkoitus on löytää materiaalin sisäisiä virheitä, kuten levyjen lamellivirheitä ja säröjä, sekä arvioida teräslaatikoiden, niittien ja muiden teräsrakenteiden kuntoa. Hitsiliitosten ultraäänitarkastus suoritetaan standardin SFS-EN ISO 17640 mukaisesti, ja hitsausvirheet määritetään standardin SFS-EN ISO 23279 mukaisesti. Hyväksymisrajat on esitetty standardissa SFS-EN ISO 11666. Tarkastuksen suorittajalla on oltava standardin SFS-EN ISO 9712 mukainen tason 2 tarkastajapätevyys. (Liikennevirasto 2018a, 49–50.)

Ultraäänitarkastus perustuu äänilähteen lähettämän signaalin ja ääniaallon vastaanoton aikaeron ja signaalitason analysointiin. Korkeataajuinen ääniaalto lähetetään rakenteeseen, ja se heijastuu takaisin epäjatkuvuuksista, jolloin materiaalin sisäiset viat voidaan havaita. Tarkastuksessa käytetään erilaisia tekniikoita, kuten pulssikaikutekniikkaa, läpäisytekniikkaa ja tandemtekniikkaa, riippuen tarkastuksen kohteesta ja olosuhteista. (Liikennevirasto 2018a, 49–50.)

Ultraäänitarkastus on erittäin herkkä pienille epäjatkuvuuksille ja siksi tehokas tarkastusmenetelmä. Sen suurimmat haasteet liittyvät vikojen tulkintaan, joka on käyttäjäkohtaista, ja siihen, että vikojen koko on rajoitettu. Ultraäänitarkastusta voidaan käyttää myös levyjen paksuuksien määrittämiseen ja ruostuneiden teräsrakenteiden jäljellä olevan paksuuden arviointiin. (Liikennevirasto 2018a, 49–50.)

Siltarakenteiden niittiliitosten ultraäänitarkastus tehdään Liikenneviraston ohjeen 28/2018 ”Taitorakenteiden erikoistarkastusten laatuvaatimukset” liitteen ”Niitattujen siltarakenteiden niittien UT-testaus” mukaisesti, ja niiden tarkastaminen voi olla haasteellista niitin kannan maalikerroksen ja muodon takia. Niittien ultraäänitutkimusten ja tulosten raportoinnin laatuvaatimukset esitetään myös Liikenneviraston ohjeessa 28/2018. (Liikennevirasto 2018a, 49–50.)

Magneettijauhetarkastukset

Magneettijauhetarkastuksella tutkitaan teräsrakenteen pinnan tai pintaan ulottuvia säröjä ja muita pintavaurioita, kun taas ultraäänitutkimukset tutkivat lähinnä rakenteen sisäisiä virheitä. Menetelmässä luodaan magneettikenttä kestopagnetoinnilla tai sähkövirralla. Magneettijauhe levitetään tutkittavalle alueelle, jolloin se kerääntyy säröjen ja huokosten kohtiin. Yleisemmin käytetään märkämenetelmää, jossa rautajauheliuos ruiskutetaan pintaan kontrastivärin levittämisen ja magnetoinnin jälkeen. Menetelmä havaitsee säröt, joiden pituus on 1 mm ja leveys 0,1 µm. Verkkovirralla toimivilla magnetointilaitteilla tutkittava syvyys rajoittuu 1–2 millimetriin. (Liikennevirasto 2018a, 50.)

Magneettijauh tarkastus soveltuu ainoastaan magnetoituville metalleille, kuten teräkselle ja valuraudalle. Rakenteiden muoto ja pinnan puhtaus voivat vaikuttaa tarkastuksen luotettavuuteen. Hitsiliitosten magneettijauh tarkastus suoritetaan standardin SFS-EN ISO 17638 mukaisesti, ja tarkastajalla tulee olla SFS-EN ISO 9712 tason 2 mukainen tarkastajapätevyys. (Liikennevirasto 2018a, 50.)

Radiografiset eli röntgentutkimukset

Radiografinen tarkastus on menetelmä, joka perustuu läpivalaisuun ja kuvan analysointiin, tavoitteenaan havaita kolmiulotteisia materiaalivikoja, kuten huokosia, kuonasulkeumia, reunahaavoja ja vajaamittaisia hitsauksia. Tässä menetelmässä säteilykeila suunnataan tutkittavaan kohteeseen, ja materiaalissa olevat epäjatkuvuudet näkyvät kehitetyssä kuvassa mustumina. Vaikka radiografinen tarkastus mahdollistaa sisäisten epäjatkuvuuksien havaitsemisen, se ei anna tietoa niiden syvyysjainnista. (Liikennevirasto 2018a, 50 & 51.)

Nykyään digitaaliset röntgensovellukset tarjoavat perinteiseen filmiröntgeniin verrattuna helpomman toteutuksen ja yhtä tarkan kuvan. Näillä digitaalisilla menetelmillä voidaan saavuttaa erinomainen tarkkuus, ja niiden avulla saadaan heti käyttövalmis 3D-kuva sekä levityskuva tutkitusta rakenteesta. Lisäksi digitaalisella radiografialla on mahdollista saavuttaa laadukasta dataa, ja kuvausaika on todella lyhyt, mikä vähentää pitkää tarvetta liikenteen katkaisulle siltapaikoissa. (Liikennevirasto 2018a, 50 & 51.)

Hitsiliitosten radiografinen kuvaus, oli se sitten perinteisellä filmitekniikalla tai digitaalisella menetelmällä, noudattaa myös tiukkoja standardeja varmistaakseen tarpeellisen laadun. Radiografisen kuvauksen suorittajalla on oltava asianmukainen pätevyys standardin mukaisesti. Tämä menetelmä täydentää tarvittaessa ultraäänitarkastusta hitsiliitoksissa. Digitaalinen röntgenkuvaus maksaa yleensä noin 10–15 prosenttia enemmän kuin perinteinen ultraäänitarkastus. (Liikennevirasto 2018a, 50 & 51.)

Tunkeumanestetarkastukset

Tunkeumanestemenetelmä, jossa käytetään halkeamavärejä, mahdollistaa säröjen ja vaurioiden havaitsemisen rakenteen pinnalla. Menetelmässä väriaine ruiskutetaan rakenteen pinnalle, ja se imeytyy halkeamaan tai vauriokohtaan. Tunkeumanestetarkastusta käytetään melko harvoin siltojen teräsrakenteiden tutkimuksissa, mutta se on mahdollinen menetelmä ja soveltuu myös ei-magneettisten metallien, kuten alumiinin, vaurioiden tutkimiseen. Tämä tarkastusmenetelmä edellyttää puhdistetun pinnan käyttöä ja voidaan toteuttaa kohteissa, joissa magneettijauhetaarkastusta ei voida käyttää tai sitä korvataan. (Liikennevirasto 2018a, 51.)

Hitsiliitosten tunkeumanestetarkastus suoritetaan standardin SFS-EN ISO 3452-1 mukaisesti, ja hyväksymisrajat määritellään standardissa SFS-EN ISO 23277. Tarkastuksen suorittajan on täytettävä standardin SFS-EN ISO 9712 määrittelemät vaatimukset tason 2 tarkastajapätevyydelle. (Liikennevirasto 2018a, 51.)

Pyörrevirtamittaukset

Tämä menetelmä hyödyntää sähkömagneettista induktiota. Tarkastuskelaan johdetaan vaihtovirtaa, mikä synnyttää primäärimagneettikentän kelan ympärille. Sähköä johtavan materiaalin läheisyydessä kela indusoi materiaaliin sekundäärimagneettikentän, joka vastustaa primäärikenttää. Tämä vastakkainen magneettikenttä aiheuttaa pyörrevirran syntymisen materiaalissa, mikä kiertää sulkeutuvaa reittiä, mistä menetelmä on saanut nimensä. Materiaalissa olevat epäsäännöllisyydet häiritsevät indusoituneen virran kulkua, mikä johtaa muutokseen sekundäärikentässä. Tämä muutos havaitaan kokonaiskentän muutoksena, ja kelan impedanssi muuttuu, mikä näkyy pyörrevirtamittarin näytöllä. Normaalisti menetelmällä voidaan määrittää vikojen syvyys alle 4 mm, mutta erikoistekniikoilla voidaan saavuttaa jopa 8 mm syvyyteen. (Liikennevirasto 2018a, 51.)

Tämän menetelmän etuja ovat nopeus, reaaliaikainen tulosten seuranta ja monipuolinen raportointi nykyaikaisen tietotekniikan avulla. Menetelmällä voidaan havaita vikoja, joiden syvyys on vähintään 1 mm ja pituus 1 mm. Pyörrevirtamittaus ei kuitenkaan sovellu kunnolla pintakäsiteltujen teräsrakenteiden tarkastamiseen,

sillä virhemarginaali on erityisen suuri. Käytännössä on havaittu, että pyörrevirtamittaus voi antaa virheellisiä tuloksia esimerkiksi alalaipan maalipinnan vaurioista, jotka eivät ole käytännössä mahdollisia. (Liikennevirasto 2018a, 51.)

Hitsiliitosten pyörrevirtatarkastus suoritetaan standardin SFS-EN ISO 17643 mukaisesti, ja tarkastajan on oltava pätevä standardin SFS-EN ISO 9712 vaatimusten mukaisesti. Pyörrevirtamittauksia on tehty jonkin verran myös siltojen teräsrakenteille. (Liikennevirasto 2018a, 51.)

Taipuma- ja värähtelymittaukset

Yleisesti ottaen siltataipumien ja värähtelyjen mittauksia tehdään koekuormituksissa ja jatkuvassa monitoroinnissa. Erityisesti kevyen liikenteen silloilla suoritetaan värähtelymittauksia, jos aistinvaraiset havainnot viittaavat siihen, että sillan värähtelyominaisuudet saattavat olla puutteellisia. Nämä mittaukset toteutetaan yleensä erikoistuneiden yritysten toimesta, ja niiden suunnittelu edellyttää etukäteisvalmistelua, joka tehdään yhteistyössä mittausalan asiantuntijoiden ja siltojen asiantuntijoiden kanssa. Lisätietoja siltataipumien ja värähtelyjen mittauksista on saatavilla Liikenneviraston oppaista, kuten "Siltojen monitorointikäsikirjasta" ja "Sillan monitorointiohjeesta". (Liikennevirasto 2018a, 51 & 52.)

Taipumamittauksilla seurataan taivutettujen teräsrakenteiden muodonmuutoksia sekä kuormitettuina että kuormittamattomina tiloina. Lisäksi rautateiden radanmittauksissa tarkkaillaan radan painumaa myös siltojen kohdalla, ja näitä mittauksia tehdään säännöllisesti useita kertoja vuodessa. Tällaisissa mittauksissa saattaa ilmetä vikoja, kuten liian suuria taipumia päällysrakenteessa tai sillan päätypenkereiden painumia maatumien taakse. (Liikennevirasto 2018a, 51 & 52.)

Monitorointi ja koekuormitus

Monitorointi tarkoittaa rakenteen tai sen osien säännöllistä tai jaksottaista mittaus- ja tiedonkeruumenettelyä, jonka kesto voi vaihdella yhdestä päivästä useaan vuoteen. Mittaukset tapahtuvat yleensä automaattisesti käyttäen erilaisia mittalaitteita ja antureita, ja mitattu tieto tallennetaan tietorekisteriin, kuten palvelimeen tai tietokantaan. (Liikennevirasto 2018a, 52.)

Monitorointi toimii yhtenä osana rakenteiden kunnan seurantaan, jossa tarkoituksena on kerätä dataa eri muuttujista, kuten halkeamista, korroosiosta, kosteudesta ja lämpötilasta. Tämän avulla on mahdollista seurata rakenteen toimintaa, esimerkiksi sen taipumista, värähtelyjä ja siirtymiä. Näiden tietojen perusteella voidaan arvioida rakenteen turvallisuutta ja sen turvallista käyttöä. (Liikennevirasto 2018a, 52.)

Monitorointi suunnitellaan yhteistyössä mittalaitetoimittajan, rakennesuunnittelukonsultin ja rakenteen omistajan kanssa, jotta saavutetaan maksimaalinen hyöty monitoroinnista. Tärkeä osa monitorointia on mitatun tiedon tallentaminen, analysointi, tulosten yhdistely muiden tietojen kanssa ja raportointi. Parhaan hyödyn saavuttamiseksi monitorointi voidaan yhdistää koekuormituksiin ja rakenteen lujuus- ja turmeltumismalliin. (Liikennevirasto 2018a, 52.)

Sillan koekuormitukset ovat yleinen menetelmä, kun halutaan arvioida sillan kantavuutta ja testata sen rakennetta. Koekuormitusten yhteydessä tehdään myös monitorointia, ja niitä käytetään tilanteissa, joissa laskennallinen arvio ei riitä tai sillan todellinen toiminta on epävarmaa. Koekuormituksen aikana tarkkaillaan myös rakenteen käyttäytymistä sekä staattisen että dynaamisen kuormituksen alla. (Liikennevirasto 2018a, 52.)

Maalityypin/pinnoitteen sekä haitta-aineiden selvittäminen

Teräsrakenteiden vanhan maalin tyyppi on tutkittava mahdollisten haitta-aineiden ja päällemaalattavuuden vuoksi. Tämän tiedon hankkimiseen käytetään ensisijaisesti Taitorakennerekisterin tietoja. Lisätietoa voidaan etsiä myös ELY-keskukseen arkistoiduista urakka-asiakirjoista, aikaisempien tiemestareiden ylläpitämisestä maalaus kortistoista sekä sillan rakennusvaiheessa laadituista kelpoisuuskirjoista tai laaturaporteista. (Liikennevirasto 2015a, 30.)

Jos vanhaa teräsmaalin tyyppiä ei näillä tavoin saada selville tai tieto on epävarma, sitä voidaan yrittää selvittää levittämällä maalipinnalle epoksimaaliohennetta, jossa on 60 % ksyleeniä ja 40 % butanolia, ja antamalla ohenteen vaikuttaa maalipintaan. Tämän perusteella voidaan tunnistaa maalityyppi seuraavasti: Epoksi- ja polyuretaanimaaleihin ei ole vaikutusta, alkydimaali nousee tai tulee

tahmeaksi, ja kloorikautsu- ja vinyylimaalit liukenevat. Varmimmin maalityyppi saadaan selville lähettämällä näyte maalitehtaalle tai tutkimuslaitokseen tutkittavaksi. (Liikennevirasto 2015a, 30.)

Lisäksi on tärkeää selvittää alkuperäisen pinnoitteen valmistumisaika ja millaisia maalityyppejä silloin oli tavallista käyttää. Rakenteissa voi olla erilaisia maalityyppejä eri aikoina tehtyjen kunnossapitomaalauksen jäljiltä, joten pinnoitteen tutkimisessa on edettävä metallipintaan saakka ja selvitettävä myös pinnan puhdistustapa. Koemaalauksella voidaan myös selvittää eri maalityyppien soveltuvuutta alkuperäiseen maalaukseen. (Liikennevirasto 2015a, 30.)

Materiaalien mahdolliset haitta-ainepitoisuudet määritetään otetuista näytepaloista käyttäen laboratorioanalyysimenetelmiä, jotka noudattavat voimassa olevia standardeja. Tällaisia haitta-aineita voi löytyä erityisesti maaleista, pinnoitteista, elastisista saumaussmassoista, kiteistä sekä vedeneristeistä. Yleisimpiä löydettäviä haitta-aineita ovat asbesti, PAH-yhdisteet, PCB-yhdisteet sekä raskasmetallit, kuten lyijy. (Liikenneviraston ohjeita 28/2018, 18.) Nämä aineet voivat aiheuttaa terveysriskejä, ja niiden tunnistaminen ja määrän määrittäminen on tärkeää turvallisuuden ja ympäristönsuojelun kannalta (Hengitysliitto n.d).

Lisäksi tulevaisuudessa tulisi kiinnittää huomiota lyhytketjuisten klooriparafiinien (SCCP) tunnistamiseen ja analysointiin taitorakenteiden yhteydessä. SCCP-yhdisteet, jotka ovat biokertyviä ja kaukokulkeutuvia, on lisätty Tukholman sopimukseen vuonna 2017 niiden ympäristö- ja terveysriskien vuoksi. Näitä kemikaaleja on käytetty monissa eri sovelluksissa, kuten metalliteollisuuden työstönesteissä, patojen tiivisteissä ja maaleissa. Vaikka niiden käyttö on vähentynyt, SCCP-yhdisteitä voi edelleen löytyä uusista muovituotteista, ja niiden läsnäolo taitorakenteissa voi merkitä piilevää ympäristö- ja terveysriskiä. (Junttila 2017, 1.) Tästä syystä SCCP-yhdisteiden systemaattinen tutkimus ja seuranta voivat olla keskeisiä tulevaisuuden taitorakenteiden hallinnassa ja kunnossapidossa.

Kuivakalvopaksuuksien mittaaminen

Teräsrakenteelta voidaan mitata kuivakalvopaksuus tai märkäkalvopaksuus (Liikennevirasto 2015b, 1). Tässä opinnäytetyössä päätarkoitus on käsitellä tarkastuksissa tehtäviä tutkimuksia, jonka takia käsitellään vain kuivakalvonpaksuuden määrittämistä ja sen tuloksia.

Määrittämistapoja kuivakalvonpaksuudelle on monia. Näitä ovat muun muassa mekaaniset, optiset ja magneettiset menetelmät. (SFS-EN ISO 2808 2019, 2.) Yleisimmin kuivakalvonpaksuus mitataan kuitenkin sähkömagneettista menetelmää käyttäen. Ennen mittalaitteen käyttöä se kalibroidaan aina valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti varmistuen oikean tarkkuuden. Mittauksen aikana on tärkeää tarkistaa kalibrointi, jos mittaustuloksissa havaitaan poikkeamia. Mittaukset lähellä reunaa tai sisäpuolista nurkkaa eivät ole luotettavia, jollei laitetta ole erikseen kalibroitu tällaisiin mittauksiin. (Liikennevirasto 2015b, 1.)

Maaliyhdistelmän tai metallisen pinnoitteen paksuuden tulee vastata pintakäsittelysuunnitelmassa määriteltyä nimelliskalvon paksuusvaatimusta (Liikennevirasto 2015a, 17). Vaihtoehtoisesti mikäli tutkittava kohde on maalattu tai pinnoitettu ennen 2015 vuotta, tulee nimellispaksuuden noudattaa SILKO-ohjetta 3.352. Vuoden 2015 jälkeen maalattujen tai pinnoitettujen kohdalla noudatetaan SILKO-ohjetta 3.351. (Liikennevirasto 2015b, 1.)

Ennen mittauksia tehdään näytteenottosuunnitelma, jossa määritellään, kuinka monta mittauspistettä otetaan tarkasteltavalta alueelta kuivakalvonpaksuuden varmistamiseksi. Jos rakennetta ei ole jaettu erillisiin tarkasteltaviin alueisiin, koko rakenne katsotaan tarkasteltavaksi alueeksi, jolta mittaustulokset otetaan. Erityistä huomiota vaativat alueet, kuten hitsit, reunat, kulmat ja vaurioituneet alueet, on sovittava asianosaisten kesken. Satunnaisesti tehtävien mittausten vähimmäismäärä esitetään taulukossa 2, mutta tätä määrää voidaan tarvittaessa lisätä, jos tarkasteltavat alueet ovat vaikeakulkuisia tai hankalasti saavutettavissa. Lisäksi vaikeilla alueilla, kuten jäykisteissä ja kannakkeissa, on tehtävä lisämittauksia tarpeellisen määrän varmistamiseksi. (SFS-ISO 19840 2012, 9.)

TAULUKKO 2. Kuivakalvopaksumittausten mittaussuureiden määrät (SFS-ISO 19840 2012, 10).

Tarkasteltavan alueen pinta-ala tai pituus m ² tai m	Mittausten vähimmäismäärä	Sallittujen uusintamittausten enimmäismäärä (ks. kohta 6.3)
Enintään 1	5	1
Yli 1–3	10	2
Yli 3–10	15	3
Yli 10–30	20	4
Yli 30–100	30	6
Yli 100 ^a	lisätään 10 jokaista 100 m ² tai 100 m tai sen osaa kohti	20 % mittausten vähimmäismäärästä
^a Yli 1 000 m ² :n pinta-alat olisi jaettava pienempiin tarkasteltaviin alueisiin.		

Keskimääräisen kalvonpaksuuden on oltava vähintään nimelliskalvon paksuus ja enintään kaksi kertaa nimelliskalvon paksuus. Yksittäisen kalvonpaksuuden tulee olla vähintään 80 % nimelliskalvon paksuudesta ja enintään kolminkertainen nimelliskalvon paksuuteen nähden. Hyväksyttävät kuivakalvon paksuudet ovat vähintään 80 % kuivakalvon nimellispaksuudesta, edellyttäen että näiden mittausten lukumäärä on alle 20 % kaikista tehtyjen yksittäismittausten määrästä. (Liikennevirasto 2015a, 17.)

Poikkeavissa tapauksissa tarkastusalueet, joiden kalvonpaksuusarvot ovat alle vaaditun arvon, korjataan. Ylittävät kalvonpaksuudet kartoitetaan ja niiden kuntoa seurataan. Ylimääräisten maalikerrosten määrä voidaan varmistaa standardin SFS-EN ISO 2808:2007 menetelmällä 5B, joka leikkaa maalikerroksia kiilauran avulla. (Liikennevirasto 2015a, 17.)

Teräsrakenteen näytteenotto ja testaus

Jos kohteen käyttämän teräksen laatu ja ominaisuudet eivät ole tule selville suunnitelma- tai rakentamisasiakirjoista, on teräksen ominaisuudet selvitettävä laboratoriotesteillä. Tämä prosessi edellyttää näytteen irrottamista rakenteesta, minkä sijainnin ja työn suorittamisen ohjeistus tulisi antaa teräsrakenteiden asiantuntijan ohjeiden mukaisesti. On tärkeää korjata näytteenottokohdat huolellisesti noudattaen asiantuntijaohjeita, jotta vältetään rakenteen epäjatkuvuudet, jotka voisivat altistaa rakenteelle lisävaurioita käytön aikana, kuten korroosiota tai säröjä. Näytteenottokohdan ja muiden tutkimusten vaatimien paikkojen paikkausmaalaus tulisi suorittaa SILKO-ohjeen 2.351 "Kaiteen paikkausmaalaus" mukaisesti. (Liikennevirasto 2018a, 53.)

Laboratoriossa tutkitaan irrotetuista näytteistä teräksen materiaaliominaisuuksia. Näitä ovat mm. vetokokeella määritettävä myötölujuus, murtolujuus ja murtovenymä. Iskusitkeysominaisuudet tutkitaan Charpy V -iskusitkeys-kokeella, josta selviää teräksen pakkasenkestävyys ja haurasmurtuma eri lämpötiloissa. Poikittainen vetokoe selvittää lamellirepeilyherkkyyden ja teräksen kemiallinen analyysi teräksen koostumuksen ja hitsattavuuden. (Liikennevirasto 2018a, 53.)

Näytteiden koko määräytyy tehtävien testien ja niitä koskevien standardien mukaan. Vetokokeet tehdään yleensä standardin SFS-EN ISO 6892-1 mukaisesti, ja iskusitkeys-kokeet standardin SFS-EN ISO 148-1 mukaan. Teräksen hitsattavuutta arvioidaan kemiallisen analyysin avulla, erityisesti teräksen karkenevuuden ja hitsattavuuden arvioimiseksi käytetyn hiiliekvivalentin (CEV) laskennan avulla. (Liikennevirasto 2018a, 53.)

Kaiken kaikkiaan näiden laboratoriotestien avulla pyritään varmistamaan korjattavan teräksen laatu ja soveltuvuus tiettyyn käyttötarkoitukseen, välttämällä epäonnistuneita hitsiliitoksia ja muita rakenteellisia vikoja. (Liikennevirasto 2018a, 53.)

TAULUKKO 3. Teräsrakenteiden tutkimusmenetelmien käyttö ja soveltuvuus eri tutkimuskohteisiin (Liikennevirasto 2018a, 54).

TUTKIMUSMENETELMÄ	OMINAISUUS TAI VAURIO																						
	Mittat	Tapumat ja muodonmuutokset	Värrähtely	Teräksen venymän mitta	Teräsrakenteen kantavuus	Korroosio	Syöpymä	Repeämät ja halkeamat	Säröt	Sisäiset hitsausvirheet, V, K, X, pällätsähäit	Sisäiset hitsausvirheet, pienhäit	Pintahäitusvirheet, V, K, X, pällätsähäit	Pintahäitusvirheet, pienhäit	Teräsläyn pakkaus	Teräsläyn laminaisuus	Niittien viällisuus	Ruuvien viällisuus	Teräksen läät	Teräksen myöid- ja murtoläät	Teräksen myöid- ja murtovenymä	Teräksen iskutäky	Teräksen hitsatavuus	Teräksen Z-arvo ja laminaisuus
KOE TAI MITTAUS KOHTEESSA	Silmämääräinen tarkastus	●	●	●																			
	Silmämääräinen tarkastus kuormitettuna		○	○																			
	Iskukoe (koputtelu)																●	●					
	Mittaukset	●	●																				
	Laserkeiläus	●	●																				
	Kantavuuslaskenta					●																	
	Koekuormitus					●																	
	-venymäläiuskamittaus				●																		
	-optiset kuituanturit				●																		
	-liikeanturit		●	○																			
	-lasermitta-anturit/läitteet		●	○																			
	-kiihtyvyyssanturit			●																			
	Monitorointi	○	○	○	○	○																	
	Ultraäänitutkimus																						
	-pulsikaikumenetelmä						●		●	○					●			●	●				
	-tandem-tekniikka						●		●	●					●		○	○					
	-kulmaläotain menetelmä						●		●	●					●		○	○					
	-vaiheistettu menetelmä						●		●	●					●		○	○					
	Magneettijäuhetutkimus								○			●	●										
	Röntgentutkimus																						
	-filmiröntgen menetelmä						○		○	○	○				○		○	○					
	-digiröntgen menetelmä						○		○	○	○				○		○	○					
	Tunkeumanestututkimus								○			○	○										
Pyörrevirtamittaus								○															
KOE-STUS LABORÄTORIOSSA	Vetokoe																		●	●			
	Pakkaus suuntainen vetokoe																						●
	Charpy iskutäkykoe																					●	
	Kemiallinen analyysi																	●				●	

● Perusmenetelmä
○ Täydentävä menetelmä

Teräspuutken tarkastushavainnot

Teräspuutkisillat luokitellaan neljään eri vaurioluokkaan, jotka selviävät putkille tehtävien tarkastusten perusteella. Alle 15 vuoden ikäiset sillat tarkastetaan vain silmämääräisesti, mikäli sillan ruostumisaste ei ole vaurioluokassa 3 tai 4. (Väyläviraston ohjeita 33/2020, Liite 4.) Teräs putkisilloille ei varsinaisesti tehdä lainkaan erikoistarkastuksia, sillä kaikki tarvittavat tarkastustoimenpiteet voidaan tehdä yleistarkastuksissa tai laajennetuissa yleistarkastuksissa.

Piikkitesti

Ennen varsinaisen piikkitestin tekemistä on selvitetty silmämääräisessä tutkimuksessa, että putken ruostuminen on vaurioluokassa 3. Ruosteen havaitsemisen varmistamiseksi voidaan raaputtaa putken pintaa veistä apuna käyttäen, että kyseessä on todellakin ruostuminen eikä esimerkiksi humuksen tai maa-aineksen aiheuttama väri-ilmiö, joka voi peittää alleen ehjän sinkkipinnan. Vesistösiltoilla tehdään visuaalisen tarkastuksen lisäksi tuntohavainnointia, meisselin tai teräspiikin avulla vedenpinnan alapuolelta. Tämä helpottaa tunnistamaan mahdolliset ruoste- tai vauriokohdat. (Väyläviraston ohjeita 33/2020, Liite 4.) Piikkitestejä tehdään myös putkisiltojen lisäksi joissain tapauksissa kaidepylväille ja teräsrumuille.

Itse piikkitestiin on asetettu tietyt välineet ja toimintatavat, joiden avulla testi suoritetaan. Testi suoritetaan pyöreäpäistä pistepuikkoa (DIN 7250) ja pajavasaraa (1,2–1,5 kg) apuna käyttäen. Lisäksi puikon kärjen halkaisijan tulee olla 4–5 mm. Sitä käytetään lyömällä ruosteisissa kohdissa kohtisuoraan putken pintaa vasten 10 kertaa kohtuullisella voimalla. Iskujen määrä vaihtelee 5–10 kpl riippuen vaurioiden laajuudesta ja vakavuudesta. Vaurioluokitus määritellään piikkitestin tulosten perusteella Sillantarkastuskäsikirjan mukaisesti. Jos pistepuikko ei läpäise teräslevyä, vaurioluokka on 3, muuten yleensä 4 (putken päiden viistealueilla 3). Tulos on tähän mennessä kirjattu Taitorakennerekisterin tarkastustilan kommentit ja puutteet kohtaan, ja mikäli testi läpäisee putken, lisätään se myös rakennesan putki ominaisuustietoihin Taitorakennerekisterin rakennekuvauksessa. (Väyläviraston ohjeita 33/2020, Liite 4.)

Veden pH- ja virtausnopeuden mittaus

Vesistösiltojen tarkastusten yhteydessä mitataan lisäksi putken läpi virtaavan veden tietoja. Veden pH-arvolla, yleisellä laadulla ja virtausnopeudella on merkittävä rooli putken suojakerroksen kulumiseen ja sitä myötä korroosion edes auttamiseen. Vedessä voi olla syövyttäviä aineita, joko hiukkasina tai liuenneena veteen. Veden virtausnopeus ja pH-arvo merkitään tällä hetkellä Taitorakennerekisteriin putken ominaisuustietoihin. (Liikenneviraston ohjeita 10/2014, 48.)

Veden pH-mittaus tehdään joko pH-mittarilla tai pH-liuskoilla. Perussääntönä on, että mikäli veden pH on alle 5, on tällöin veden happamuudella merkitystä sinkkipinnoitteen kulumiseen ja sitä myötä teräksen ruostumiseen. (Väyläviraston ohjeita 33/2020, Liite 4.)

Veden virtausnopeus voidaan arvioida alustavasti silmämääräisesti. Virtausnopeuden vaikuttaessa olevan yli 1,5 m/s, se mitataan joko siivikolla tai niin sanotulla kaarnalaivamenetelmällä. Menetelmässä heitetään virtaan jokin kelluva asia ja mitataan sen kulkemaa aikaa sekuntikellolla tietyllä matkalla putken sisässä. (Väyläviraston ohjeita 33/2020, Liite 4.)

Pinnoitepaksuuden mittaus

Putkisiltojen pinnoitepaksuuksia mitataan vain alikulkusiltojen osalta. Alikulkusiltojen sinkkipinnoitteen paksuutta mitataan magneettisella kuivakalvonpaksuusmittarilla ruosteettomista kohdista. Parhaan tuloksen saavuttamiseksi anturi sijoitetaan aallotuksen suoralle osalle. Mahdollisen humuksen, hapettumisen tai ruosteenomaisen patinoitumisen vaikutuksen minimoimiseksi ennen mittauksia pinta puhdistetaan kevyesti veitsellä. (Väyläviraston ohjeita 33/2020, Liite 4.)

Mittauksia tehdään 5–10 kappaletta eri kohdassa, kattavan yleiskuvan saamiseksi. Mittausalueena toimii noin 1 cm²:n alue, josta tehdään kolme erillistä mittausta, joiden keskiarvo huomioidaan lopputuloksena. Näiden tulosten perusteella määritetään putkelle mahdollinen vauriokirjaus ja -luokitus pinnoitepaksuuksien osalta. Mittaustulokset syötetään Taitorakennerekisterin rakenneosan putken tarkastushavaintoihin minimi- ja maksimiarvoina. (Väyläviraston ohjeita 33/2020, Liite 4.)

3.4 Puurakenteiden tutkimukset ja havainnot

Tässä osiossa käsitellään puurakenteiden tarkastuksissa käytettäviä tutkimusmenetelmiä ja havaintoja. Samalla käydään läpi niiden soveltuvuutta eri tutkimuskohteisiin. Puurakenteiden erikoistarkastuksissa noudatetaan tällä hetkellä Liikenneviraston ohjeita 36/2017, Puusillan laajennetun yleistarkastuksen ohje. Tämä vastaa laajuudeltaan erikoistarkastusten luokkaa.

Visuaalinen tarkastus ja pintatestaus

Puurakenteiden taitorakenteiden tarkastaminen ja vaurioiden havainnointi tapahtuu pääasiassa silmämääräisin havainnoin. Tarkempiin tutkimusmenetelmiin turvaututaan, jos silmämääräinen tarkastus herättää epäilyksiä rakenteiden tilasta. Erityisesti lahopuuvauriot, jotka voivat olla näkymättömissä, vaativat tarkempia tutkimuksia, sillä ne voivat piileskellä rakenteen sisällä terveen puun alla. (Liikennevirasto 2018b, 19.)

Silmämääräinen tarkastelu kattaa koko rakenteen, yksittäisten rakenneosien ja mahdollisten vaurioiden tarkastelun. Koko rakenteen tarkastelu paljastaa poikkeamat normaaleista muodonmuutoksista ja siirtymistä. Rakenneosakohtainen tarkastelu puolestaan auttaa arvioimaan vaurioiden laajuutta ja niiden vaikutuksia. Yksittäisten vaurioiden tarkastelu antaa lisäinformaatiota niiden vakavuudesta ja syntytavasta. (Liikennevirasto 2018b, 19.)

Visuaalisen tarkastuksen lisäksi on hyödyllistä käyttää apuna puurakenteiden tutkimiseen soveltuvia työkaluja, kuten puukkoa, talttaa ja vasaraa. Pintaa voi testata niin sanotulla kopotestillä, jossa rakennetta koputellaan esimerkiksi vasaralla ja kuunnellaan, muuttuuko rakenneosan ääni eri kohdissa (kuva 4). Yleensä onton äänen esiintyessä, kyseessä on sisäisesti rappeutunut kohta. Tällaisiin kohtiin tehdään jatkotutkimuksia, esimerkiksi mikroporauksella. Kopotestillä syntyvät epäilyttävät kohdat tutkitaan useimmiten myös heti tarkemmin puukolla, piikillä tai esimerkiksi taltalla. Tällä tavoin saadaan saman tien arviota siitä, kuinka syvälle puu on vaurioitunut. Samalla tavalla voidaan tutkia silmämääräisesti nähtävät halkeamat ja urat. (White & Ross 2014, 5.)



KUVA 4. Silta rakenteiden koputtelua lahon paikantamiseksi (White & Ross 2014, 5).

Sillan ja rakenneosien mittojen tarkistaminen tapahtuu pistokokein varmistaen, että ne vastaavat suunnitelmia. Lisäksi on olennaista tarkastaa kiinnityspulttien ja esijännitystankojen kunto ja kireys, sillä niiden asianmukainen toiminta varmistaa rakenteen kestävyuden. (Liikennevirasto 2018b, 19.)

Lisäksi silmämääräisissä havainnoissa etsitään puurakenteista löytyviä lahottajasieniä, jotka usein ovat syy kannen nopealle lahoamiselle. Tutkimusten mukaan useat eri sienilajit ovat lahottaneet puukansia Suomessa. Vauriot ovat keskittyneet ensisijaisesti tiiviisiin puukansirakenteisiin, eivätkä ne vaikuta sillan kantaviin palkkeihin. Lahottajasienet ovat yleisiä koko maassa, ja niitä on havaittu vaurioittamassa siltoja eri alueilla. Erityisesti vuoden 2005 jälkeen rakennettujen tai peruskorjattujen siltojen tarkastuksiin on kiinnitetty huomiota, koska puunsuoja-ainesten koostumukset muuttuivat tuolloin. Suurin osa sienivaurioista on havaittu silloissa, jotka on rakennettu vuosien 2005 ja 2010 välillä. Uusin tutkituista silloista, jossa sienivaurioita löydettiin, oli vain neljän vuoden ikäinen. (Väylävirasto 2021a.)

Yleisimmin kansirakenteissa havaittu lahottajasienilaji on istukkakääpä. Tämän lisäksi muiden tutkittujen lahottajasienien joukosta on löytynyt katkokääpä, kantokääpä, kelokääpä, lautakesikkää, kalvasotaraspikkaa ja ratapölkkyä. On kuitenkin tärkeää huomioida, että sillantarkastajilla ei yleensä ole tarvittavia välineitä eikä asiantuntemusta erottaa eri lahottajasienilajeja toisistaan suoraan siltapaikalla, ja se on asiantuntijoillekin haastava tehtävä tutkimusvälineineen. Sienikasvustojen havaitseminen on erityisen vaikeaa, sillä näkyvä kasvusto ei välttämättä ole aina läsnä, vaikka sienien rihmasto olisikin jo levinnyt rakenteeseen. Tunnistaminen perustuu pääasiassa näkyvään kasvustoon, ei pelkästään puunäytteeseen, josta rihmasto voisi löytyä. (Peltomaa 2024.)

Mikroporatutkimus

Mikroporatutkimuksella voidaan tutkia puurakenteiden ominaisuuksia pintaa syvemmältä jo kohteessa. Porauksen aikana mitataan porausvastusta ja poran etenemisnopeutta, mikä antaa arvokasta tietoa puun tilasta ja ominaisuuksista. Erityisesti puun lahoamista voidaan arvioida poran antaman vastuksen perusteella,

ja tähän tarkoitukseen on saatavilla ohjelmistoja, jotka tuottavat graafisia tuloksia. (Liikennevirasto 2018b, 20.)

Kuvassa 5 on esitetty esimerkkinä mikroporaus analyysiohjelman tulos. Kyseistä taulukkoa luetaan vasemmalta oikealle. Vaakasuunta kertoo mikroporatun näytteen pituuden ja pystysuunta kertoo porausvastuksen prosentteina. Punaiset kohdat ilmoittavat puussa sijaitsevista onkaloista tai vaihtoehtoisesti pitkälle edenneestä lahosta ja keltaiset mahdollisesta alkavasta lahosta. (Liikenneviraston ohjeita 36/2017, liite 2.) On kuitenkin tärkeä muistaa, että analyysiohjelmat eivät täysin ole aina samanlaisia, sillä mikroporia on erilaisia ja eri puulajit antavat erilaisia tuloksia liittyen puuainesten ominaisuuksiin. (White & Ross 2014, 9).

Mikroporaa käytettäessä on tärkeää, että käyttäjä tuntee laitteen ominaisuudet ja osaa kalibroida sen eri puulajeille ja kosteusolosuhteille. Mikroporassa voidaan valita eri etenemisnopeuksia ja pyörimisnopeuksia, esimerkiksi 25, 50, 100, 150 ja 200 cm/min etenemisnopeuksilla ja 1500, 2000, 2500, 3500 ja 5000 kierr./min pyörimisnopeuksilla. Poran tavoitteena on pitää valitut nopeudet vakiona, ja se mittaa tarvittavia tehoja näiden säilyttämiseksi. Mittauskäyrät antavat tietoa poran suorituskyvystä ja käytetyistä voimista. Mikroporan etuna on myös sen kyky tuottaa nopeasti tutkimustuloksia, ja koska käytettävä poranterä on halkaisijaltaan pieni (3 mm), se aiheuttaa vain vähäisiä vaurioita puurakenteelle. (Liikenneviraston ohjeita 36/2017, liite 2.) Tämä tutkimustekniikka tarjoaa tehokkaan ja tarkemman tavan arvioida puurakenteiden kovuutta ja lahoastetta, mikä on tärkeää rakenteiden turvallisuuden ja kestävyuden kannalta. (Liikenneviraston ohjeita 36/2017, liite 2.)



KUVA 5. Mikroporaus analyysiohjelman tulos (Liikenneviraston ohjeita 36/2017, liite 2).

Kasvukairatutkimus ja kyllästysaineen tunkeutuminen

Kasvukairanäytteiden käyttö on tehokas menetelmä puun sisäisten lahovaurioiden ja kyllästysaineen tunkeutumisen selvittämisessä Laajennetussa yleistarkastuksessa puusilloista otetaan vähintään neljä kasvukairanäytettä (kuva 6): kaksi näytettä sillan kannesta ja kaksi paaluista. Näiden kairanäytteiden avulla saadaan varmistusta mikroporan antamien tietojen tueksi lahovaurioista. (Liikennevirasto 2018b, 20.) Kairanäytteen avulla voidaan myös määrittää puulaji, mikäli se ei ole muuten selvillä. Lisäksi kosteuden ja hyönteisten pääsyn estämiseksi, porattu reikä olisi suositeltavaa täyttää puutapilla tai liimalla. (White & Ross 2014, 7–8.)



KUVA 6. Kasvukaira ja puusta porautunut kasvukairanäyte (Rother 2018).

Monitorointi ja koekuormitus

Puurakenteisten taitorakenteiden monitorointi ja koekuormitukset toimivat pitkälti samalla tavalla kuin kohdassa 3.3.1 on kerrottu teräsrakenteiden osalta. Toimintaperiaatteet ja tarkoitus näissä on täysin sama. Puurakenteiden osalta päämääränä on kerätä tietoa erilaisista parametreista, jotka vaikuttavat rakenteen kuntoon. Näitä ovat muun muassa halkeilu, laho ja muodonmuutokset. Lisäksi monitoroinnilla voidaan seurata esimerkiksi taipumista, venymistä, jännityksiä, värähtelyjä, siirtymiä ja tukivoimia. (Liikennevirasto 2018b, 20.)

Monitorointia käytettäessä saadaan aikaiseksi järjestelmällinen seuranta, jonka avulla pystytään tarkastelemaan rakenteen turvallisuutta ja toimivuutta. Paras

hyöty saadaan silloin irti, kun toimintaan lisätään tueksi asianmukaiset koekuorimitukset. (Liikennevirasto 2018b, 20.)

3.5 Kivirakenteiden tutkimukset ja havainnot

Kivirakenteiden taitorakenteiden tarkastuksissa turvaudutaan pääsääntöisesti silmämääräisiin havaintoihin. Erikoistarkastuksissakaan ei ole tällä hetkellä Suomessa käytössä muita menetelmiä kuin aistinvaraisia havaintoja ja mittauksia. Tarkastukset tehdään kivirakenteiden kohdalla yleistarkastuskäytäntöjä noudattaen ja apuna käyttäen Taitorakenteiden tarkastus- ja Sillantarkastuskäsikirjan ohjeita. (Liikenneviraston ohjeita 28/2018, 11.)

Yleisimpiä vaurioita kivirakenteissa ovat saumojen vaurioituminen ja irtoaminen, kivien halkeilu, lohkeilu, siirtyminen ja irtoaminen sekä mahdolliset tyhjätilat kivirakenteiden sisällä. Vakavimpien vaurioiden syyt johtuvat perustusten painumisesta ja rakenteen ylikuormittumisesta, mikä näkyy muodonmuutoksina rakenteessa. (Liikenneviraston ohjeita 26/2016, 69.)

Tarkastuksissa arvioidaan näiden kyseisten vaurioiden aiheuttamia seikkoja pääasiassa silmämääräisesti ja muun muassa rakenteita koputellen. Tarkastellaan esimerkiksi kivirakenteiden saumojen kuntoa sekä kivien mahdollisia siirtymiä, halkeamia ja pudonneita osia. Liikkuneet kivet pyritään merkitsemään vedenkestävällä liidulla, auttaen tulevaisuudessa tehtäviä toimenpiteitä. Liikkumat myös mitataan manuaalisesti ja merkataan tarkastuslomakkeeseen. Lisäksi tarkastellaan kivien rapautumista, muurattujen rakenteiden kuntoa ja mahdollisia vesivuotoja. Lisäksi arvioidaan painumia holvisilloissa ja sivumuurien pullistumista. Kaiken kaikkiaan tarkastuksessa kiinnitetään huomiota rakenteiden näkyviin muutoksiin ja vaurioihin. (Liikenneviraston ohjeita 17/2013, 17.)

3.6 Varusteiden ja laitteiden tutkimukset ja havainnot

Taitorakenteiden pääasiassa tarkasteltaviin varusteisiin kuuluu laakerit, liikunta-saumamat, liikuntasauomalaitteet, kaiteet ja kuivatuslaitteet. Näille on olemassa omat päärakenneosat Taitorakennerekisterin rakennekuvauksissa ryhmän *varusteet ja*

laitteet alla. (Väyläviraston ohjeita 33/2020, 33.) Kaiteiden ja kaiteen johteiden kohdalla voidaan kuitenkin käyttää täysin samoja tarkastustoimenpiteitä, kuin esimerkiksi sillan palkistolle, riippuen vain siitä onko kyseessä teräs- vai puurakenne. Kivirakenteiset kaidepylväät tutkitaan silmämääräisesti. Kuivatuslaitteiden tarkastukset suoritetaan lähinnä silmämääräisesti ja ne pystytään havaitsemaan jo yleistarkastuksessa. Taulukossa 4 ja 5 on esitetty tarkasteltavat seikat kuivatuslaitteiden osalta.

TAULUKKO 4. Tippu- ja hulevesiputkien tarkasteltavia vaurioita ja niiden vaurioluokitus (Väyläviraston ohjeita 33/2020, 86).

Vaurio-luokka	RAKENNETYYPPI VAURIO	Tippu-putki	Hulevesiputki
1	<ul style="list-style-type: none"> Kuivatuslaite on liian lyhyt. 	A	A
2	<ul style="list-style-type: none"> Kuivatuslaite on tukossa tai ruosteessa. Hulevesiputken ritilä on liian ylhäällä tai vaurioitunut. Yksittäisessä kuivatuslaitteessa on ulkopuolinen vesivuoto. 	B – C	B B C
3	<ul style="list-style-type: none"> Useassa kuivatuslaitteessa on ulkopuolinen vesivuoto. Kuivatuslaitteesta valuu vettä alapuoliselle rakenteelle tai sillan alapuoliselle liikennöidylle väylälle. Hulevesiputki tai syöksytorvi on täysin tukkeutunut. 	C C –	C D B
4	<ul style="list-style-type: none"> Kuivatuslaite on irronnut tai ruostunut puhki. Kuivatuslaite on radan johtimen tai paluujohtimen päällä. 	D D	D D

TAULUKKO 5. Muiden kuivatuslaitteiden tarkasteltavia vaurioita ja niiden vaurioluokitus (Väyläviraston ohjeita 33/2020, 88).

Vaurio-luokka	RAKENNETYYPPI VAURIO	Kouru tai putki	Kaivo	Reunus
1	<ul style="list-style-type: none"> Kuivatuslaitteen yläpäässä on alkava eroosiovaurio. Kuivatuslaitteessa on paikallinen vaurio. 	A A	A –	A A
2	<ul style="list-style-type: none"> Kuivatuslaitteen vieressä on eroosiovaurio. Kuivatuslaitteessa on painumaa, löystymää, irtoamaa tai muodonmuutoksia. Hulevesikaivo on tukossa tai vesi ei ohjaudu siihen. 	B B –	B B B	B B –
3	<ul style="list-style-type: none"> Kuivatuslaitteen vieressä on vakava eroosiovaurio, tai kuivatuslaite on murtunut tai sortunut. Sillan alitse kulkeva väylä tulvii puutteellisen tai tukkeutuneen kuivatuksen vuoksi. 	C –	C D	– –

Laakerien tarkastustoimenpiteet

Laakerien tarkastusten yhteydessä on tärkeää seurata laakereiden toimintaa myös silloin, kun siltaa rasitetaan liikenteellä, koska kaikki mahdolliset vauriot eivät välttämättä tule ilmi laakereiden ollessa lepotilassa. Laakerin asentoa tulee verrata päällysrakenteen lämpötilan edellyttämään asentoon. Tarkastuksissa kiinnitetään huomiota laakeritasojen siisteyteen ja kuntoon, laakerikorokkeiden

kuntoon, laakereiden yleiskuntoon ja asentoon, näkyvissä olevien nivelten kuntoon sekä laakeritason kuivatuksen toimivuuteen. (Liikenneviraston ohjeita 31/2010, 17.)

Kreutz-rullalaakerit ja muut korkealujuusteräksestä valmistetut rullalaakerit, olisi suositeltavaa tarkastaa käyttämällä ultraääni- ja magneettijauhetarkastusmenetelmiä viiden vuoden välein. Kohdassa 3.3 on kerrottu näistä tutkimusmenetelmistä tarkemmin. Ultraäänitutkimus ei täydellä varmuudella pysty paljastamaan hiushalkeamia rullissa, joten laakerirasva tulee tarvittaessa poistaa tutkimuksen ajaksi. (Liikenneviraston ohjeita 31/2010, 17.)

Korjaustöiden suunnittelua varten on tärkeää mitata laakeritaso, päällysrakenteen alapinta sekä näiden välinen rako. Jos epäillään, että laakerivauriot johtuvat liikevarojen loppumisesta, tarkastuksen yhteydessä tulisi myös selvittää, mikä on aiheuttanut nämä ylisuuret liikkeet. (Väylävirasto 2021b, 16.) Kumilevylaakereissa on tärkeä tutkia laakerin asentoa suhteessa lämpötilaan, ylösnousemisia tai repeämiä (Liikenneviraston ohjeita 31/2010, 17).

Saumojen ja liikuntasaumalaitteiden tarkastustoimenpiteet

Liikuntasauvoja ja liikuntasaumalaitteita tarkastaessa noudatetaan Sillantarkastuskäsikirjan ohjeita. Myös erikoistarkastuksia tehdessä samaa ohjetta noudatetaan. Erikoistarkastuksissa liikuntasaumalaitteiden kumitiiveys tutkitaan tekemällä vesikoe. Vesikokeen avulla pystytään selvittämään vuotaako liikuntasaumalaite ja samalla selvittämään mistä mahdollinen vuoto johtuu. Jos kumi on erittäin likainen, vesikoe ei voida suorittaa, ja asiasta ilmoitetaan tilaajalle. Lisäksi tukikaistojen kulumat mitataan tarkasti ja tulokset dokumentoidaan erikoistarkastusraportissa. Elastisten saumojen osalta tutkitaan myös mahdolliset haitta-aineet. Saumaussmassoista otetaan näytepalat PCB-yhdisteitä ja lyijyä varten, mikäli rakenne on iältään riittävän vanha ja saumaukset ovat alkuperäiset. Laboratoriotutkimusten perusteella pystytään toteamaan ovatko haitta-ainepitoisuudet viitearvojen sisällä. (Liikenneviraston ohjeita 28/2018, 34.)

Saumojen ja liikuntasaumalaitteiden tarkastuksissa turvaudutaan paljon silmämääräisiin havaintoihin. Taulukossa 6 ja 7 on esitetty tarkasteltavia seikkoja saumusten ja liikuntasaumalaitteiden osalta.

TAULUKKO 6. Liikuntasaumojen tarkastettavia asioita vaurioluokkineen (Väyläviraston ohjeita 33/2020, 80).

Vaurio-luokka	VAURIO	Toimenpide
1	<ul style="list-style-type: none"> Reunapalkin liikuntasauma on halkeillut, mutta ei vuoda. Elementtisauma tai muu rakenteen sauma on halkeillut, mutta ei vuoda. 	A A
2	<ul style="list-style-type: none"> Alus- ja päällysrakenteen välinen vaaka- tai pystysauma vuotaa paikallisesti, kun silta ei ole jännitetty ja ylittävää tietä ei suolata. Reunapalkin liikuntasauma on irronnut, puuttuu tai vuotaa. Elementtisauma tai muu rakenteen liikuntasauma on irronnut tai vuotaa paikallisesti. Rautatiesillan sauman sepelisuojalevy on irronnut 	E B B C
3	<ul style="list-style-type: none"> Alus- ja päällysrakenteen välinen vaaka- tai pystysauma vuotaa lähes koko sauman matkalla. Alus- ja päällysrakenteen välinen vaaka- tai pystysauma vuotaa, kun silta on jännitetty tai ylittävää tietä suolataan. Elementtisauma tai muu rakenteen liikuntasauma vuotaa runsaasti tai lähes koko sauman matkalta. 	E E D
4	<ul style="list-style-type: none"> Alus- ja päällysrakenteen välinen vaaka- tai pystysauma vuotaa, silta on jännitetty ja ylittävää tietä suolataan. 	E

TAULUKKO 7. Liikuntasaumalaitteiden tarkastettavia vaurioita ja niiden vaurioluokitus (Väyläviraston ohjeita 33/2020, 82).

Vaurio-luokka	VAURIO	RAKENNETYYPPI	
		Liikunta-saumalaite	Massaliikuntasauma
		Toimenpide	Toimenpide
1	<ul style="list-style-type: none"> Massaliikuntasaumassa on yksittäisiä halkeamia. Sauman päätypelti on irti tai puuttuu. Tukikaistassa on yksittäisiä halkeamia. 	- A	A -
2	<ul style="list-style-type: none"> Saumalaite ei ole vesitiivis, kun silta ei ole jännitetty silta ja ylittävää tietä ei suolata. Useampikumisen liikuntasaumalaitteen saumarat ovat keskenään eri suuret, laite ei toimi suunnitellusti. Teräsosissa on paikallisia vaurioita. Massaliikuntasauma on halkeillut tai siinä on kulumisurat. Tukikaistan ja sillan kannen päällysteen välinen sauma puuttuu tai on vaurioitunut. 	B B B -	B - - C
3	<ul style="list-style-type: none"> Saumalaite ei ole vesitiivis, kun silta on jännitetty tai ylittävää tietä suolataan. Laite kolahtaa häiritsevästi liikenteen alla. Tukikaistat ovat kuluneet tai pahoin halkeilleet ja teräsprofiili on selvästi näkyvässä. Massaliikuntasaumassa on pahoja halkeamia tai deformaatiovaurioita tai syvät kulumisurat. Massaliikuntasauma on huomattavasti vaurioitunut auran törmäyksestä. 	C C C -	C - - C C
4	<ul style="list-style-type: none"> Saumalaite ei ole vesitiivis, kun silta on jännitetty ja ylittävää tietä suolataan. Saumalaite on irronnut tai pahoin vaurioitunut. 	D D	C C

4 TUTKIMUSTULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä luvussa käsitellään aikaisemmin mainittujen tutkimusten ja havaintojen tulokset. Eri tutkimustulokset listataan rakennemateriaalikohtaisesti ja eritellään tarvittavat parametrit.

Väyläviraston alkavaa kehityshanketta varten, on jo tehty samanlainen työ betonirakenteiden osalta. Tuloksissa pyritään ottamaan myös edellisen opinnäytetyön tuloksista hyvät ominaisuudet talteen, jotta Taitorakennerekisterin kehityshankkeen toteuttamisessa olisi yhtäläistä linjaa eri rakennusmateriaalien tuloksien välillä.

Tuloksia muodostaessa on tärkeä miettiä, millä tavoin mistäkin eri tutkimuksesta tai havainnosta saadaan mahdollisimman käytännöllinen kirjaustapa ja tulkinta. Tällöin myös tulosten virhemarginaali saataisiin mahdollisimman matalaksi. Apuna Taitorakennerekisterissä olisi valmiiksi määritellyt yksiköt eri tuloksien ja havaintojen kohdilla. Myös alavetovalikoiden käyttäminen sekä raja-arvojen määrittäminen valmiiksi järjestelmään tukisi oikein kirjattavuutta.

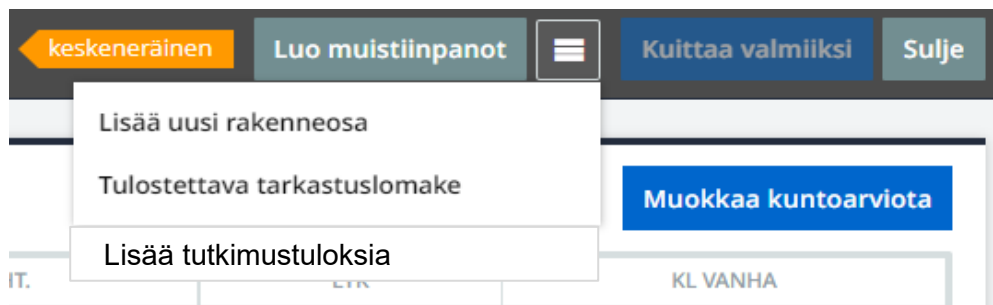
Tärkeimpänä on määritellä otettujen tutkimusten ja havaintojen oikeat sijaintitiedot. Tällöin esimerkiksi siltojen rakennekuvauksien oikeellisuus ja yhtäläinen kirjaustapa korostuu entisestään. Siltojen osalta sijainti pitää pystyä ilmoittamaan pituus- ja leveyssuunnassa. Lisäksi tutkimuksen tai havainnon tyyppi tulee ilmetä samassa yhteydessä sekä tässä luvussa käsiteltävät tutkimuksista ja havainnoista saatavat tulokset.

4.1 Tutkimustulosten ja havaintojen kirjaaminen

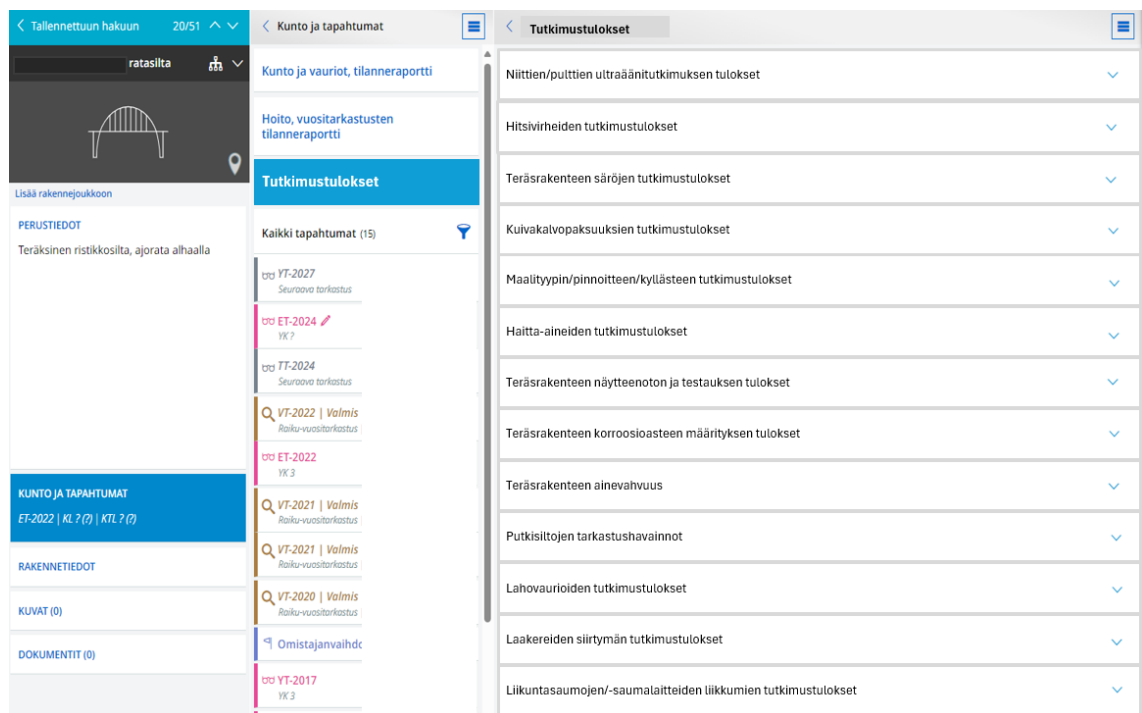
Selkein ja käyttäjähaastatteluidenkin perusteella suosituin paikka eri tutkimustuloksien syöttämiselle olisi erillinen käyttöliittymä Taitorakennerekisterin *kunto ja tapahtumat*-välilehdellä. Tutkimustulokset muodostaisivat oman välilehden, josta kaikkia kyseiselle taitorakenteelle tehtyjä tuloksia voisi tarkastella yhdestä paikasta ja siltä ajalta, kun tutkimuksia on rakenteelle tehty. Samalla tutkimustulokset linkittyisivät rakenneosalle rakennekuvaukseen ja tietyissä tapauksissa myös

vauriokirjauksen tueksi. Linkittyminen vauriohavaintoon riippuu tutkimustuloksesta ja ne määritellään erikseen tulevissa tulosten esittelyissä.

Tutkimustuloksia varten tulisi luoda uusi välilehti, joka sijoitetaan tarkastusvälilehden alavetovalikon taakse (kuva 7). Nimenä toimisi esimerkiksi ”lisää tutkimustuloksia” ja tämän takaa löytyisi kaikki mahdolliset tutkimustulokset, joita taitorakenteille voisi kirjata. Tutkimustuloksien tarkemmat kirjattavat lomakkeet aukeisivat klikkaamalla haluamaansa tutkimusta. Kuvassa 8 havainnollistetaan erillisen käyttöliittymän aloitusnäkömää tarkastusten yhteydessä. Tutkimustuloksia tarkastellessa normaalissa käyttötilassa tulokset näytetään rakenneosakohtaisesti järjestettyinä rakennekuvauksen mukaisesti.



KUVA 7. Esimerkki tutkimustuloksien lisäämisen sijainnista.



KUVA 8. Havainnollistava näkymä erillisen käyttöliittymän aloitusnäkömää tarkastuksen yhteydessä.

4.2 Teräsrakenteiden tutkimustulokset

Tähän osioon on kirjattu ne tutkimustulokset ja havainnot teräsrakenteista, jotka koettiin tätä tutkimusta tehtäessä hyödylliseksi viedä Taitorakennerekisteriin. Osa tutkimuksista ja niiden tuloksista on parempi edelleen sisällyttää vain omana dokumenttinaan, joko tarkastusraporteissa tai erillisenä PDF-dokumenttina. Tällaisia tutkimuksia ovat esimerkiksi monitorointi ja koekuormitukset. Näistä saatava data on niin laajaa ja rakennekohtaista, että Taitorakennerekisteriin näitä tuloksia ei ole järkevää syöttää. Kehitysehdotuksena kuitenkin monitoroinnin osalta olisi, syöttämisen mahdollisuus siihen milloin monitorointi on aloitettu ja milloin se lopetetaan tai on lopetettu. Lisäksi yksinkertaisen valintaruudun lisääminen koekuormituksille, mikäli niitä on tehty monitoroinnin yhteydessä. Samaan yhteyteen voisi lopuksi lisätä tarkemmat monitorointiraportit.

Lähes kaikille seuraavaksi käsitellyille tutkimustulokselle on laadittu liitteet havainnollistamaan mahdollista kirjaustapaa Taitorakennerekisteriin. Osioissa avataan myös johtopäätöksiä siitä, miksi eri tulokset kirjataan liitteiden osoittamalla tavalla.

4.2.1 Niittien ja pulttien ultraäänitestauksen tulokset

Ultraäänitutkimuksessa tutkituille niiteille on määritetty kuntoluokka kolmiportaisen asteikon mukaisesti:

- 0 = pohjakaiku, niitti on kunnossa: Niitistä saadaan selkeä takaseinäkaiku.
- 1 = muoto-/vikakaiku (niitissä on mahdollisesti vikoja): Niitistä saadaan vikanäyttämä tai muodon aiheuttama näyttämä, mutta myös pohjakaiku niitin oletuspituudesta. Niitissä on täten muodosta johtuva näyttämä tai materiaali ei ole täysin homogeeninen.
- 2 = ei pohjakaikua (niitti on poikki): Niitistä saadaan selkeä vikakaiku, eikä niitistä saada merkkiä pohjakaiusta. (Liikenneviraston ohjeita 28/2018, liite 1.)

Tätä samaa luokitusta tulisi käyttää myös Taitorakennerekisteriin vietävissä niittien ja myös pulttien ultraäänitutkimuksien tuloksissa. Suurimmaksi ongelmakohdaksi muodostuu tulosten laajuus. Varsinkin siltojen kohdalla niittejä tai pultteja

testataan usein monia satoja, jopa tuhansia ja yleensä vain pienessä osassa tehdään havaintoja vaurioituneista niiteistä ja pulteista.

Sijaintitietojen oikeellisuus jokaiselle eri testatulle niitille tai pultille liitos kohtaisesti muodostuu suureksi haasteeksi tulosten laajuuden ja tämän hetken rakennekuvausten takia. Tällä hetkellä rakennekuvauksissa ei ole määritelty esimerkiksi teräsrakenteisin ristikkosillan liitoskohtia vaan vain rakenneosat ja niihin liittyvät niitit/pultit kokonaisuutena (kuva 9). Tästä ei kuitenkaan voida määrittää niitien tai pulttien sijaintitietoja, jotka sijaitsevat esimerkiksi teräsristikossa yläpaarteen ja diagonaalin liitoksessa.

Päällysrakenne	↑
Palkisto 1-2 0.3-1 (C) Päällysrakenne Pääkannattaja	☰ ↓
Ristikko 2-3 0.3-1 (C) Päällysrakenne Teräs Pääkannattaja	☰ ↑
Yläpaarre 2-3 V (C) Päällysrakenne Teräs	↑
Niitti 2-3 V (C) Päällysrakenne Teräs	
Yläpaarre 2-3 O (C) Päällysrakenne Teräs	↑
Niitti 2-3 O (C) Päällysrakenne Teräs	
Alapaarre 2-3 V (C) Päällysrakenne Teräs	↑
Niitti 2-3 V (C) Päällysrakenne Teräs	
Alapaarre 2-3 O (C) Päällysrakenne Teräs	↑
Niitti 2-3 O (C) Päällysrakenne Teräs	
Diagonaali 2,3 V (C) Päällysrakenne Teräs	↑
Niitti 2,3 V (C) Päällysrakenne Teräs	
Diagonaali 2,3 O (C) Päällysrakenne Teräs	↓
Diagonaali 2-3 V (C) Päällysrakenne Teräs	↓
Diagonaali 2-3 O (C) Päällysrakenne Teräs	↓
Pystyside 2-3 V (C) Päällysrakenne Teräs	↓
Pystyside 2-3 O (C) Päällysrakenne Teräs	↓
Tuulside yläpuolinen 2-3 0.3-1 (C) Päällysrakenne Teräs	↓
Poikkikannattaja (yläpuolinen ristikko) 2-3 0.3-1 (C) Päällysrakenne Teräs	↓

KUVA 9. Esimerkki teräsrakenteisen ristikkosillan rakennekuvauksesta (Taitorakennekisteri 2024).

Lähtökohtaisesti Taitorakennerekisterin vauriokirjauksia käytetään visuaalisten havaintojen kirjaamiseen, kuten jos huomataan, että niitti on silminnähdyn poikki tai irronnut. Vaurioituneen niitin tai pultin löytyessä tutkimuksen yhteydessä tulee siitä luoda vauriokirjaus normaalisti Sillantarkastuskäsikirjan mukaisesti. Tämän lisäksi niitit sekä pultit, jotka sisältyvät kuntoluokkaan 1 tai 2, voidaan merkitä erikoistarkastuksen yhteydessä vauriokirjauksiin. Kuva 10 esittää nykyisen näkyvän Taitorakennerekisterissä, jossa näkyy erikoistarkastuksessa ultraäänitestauksella tutkitun niitin vauriokirjaus. Tämän lisäksi erikoistarkastusten tutkimustulokset niittien ja pulttien osalta tulisi tulevaisuudessa olla saatavilla Taitorakennerekisteristä ja linkitettyinä tukemaan tehtyjä vauriohavaintoja.

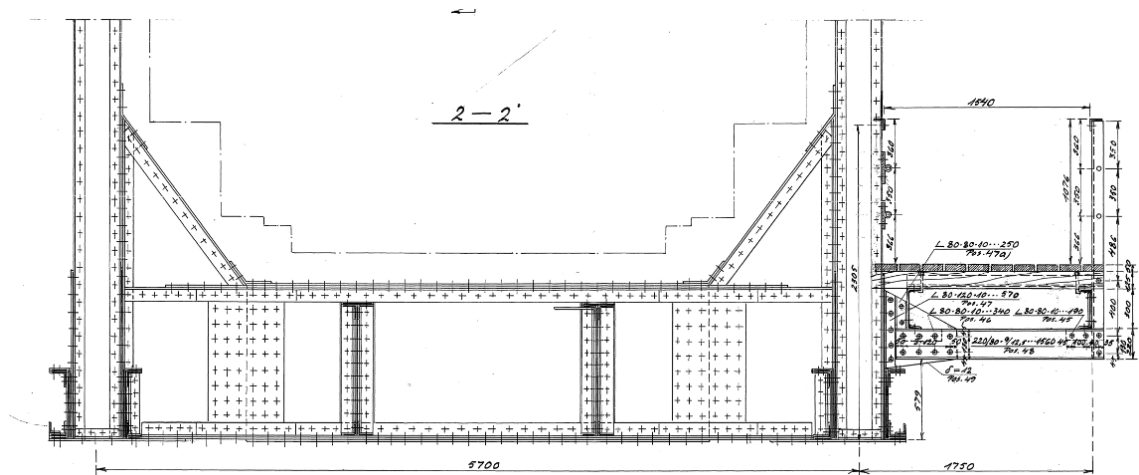
RAKENNEOSA (*)		ET-2022	ET-2024
NIITTI 1-2 0.3-1 (C)			
MATERIAALI	12: Teräs		- ei valintaa -
VAURIOITYYPPI (*)	30: Löystymä		Löystymä (kpl)
VAURIOSYY (*)	200: Kuormitus		Kuormitus
SIJAINTI PITUUSSUUNNASSA (*)	1.7		
SIJAINTI POIKITTAISSUUNNASSA (*)	0.5		
SIJAINTI KORKEUSSUUNNASSA	<i>tieto puuttuu</i>		
VAURIO RAKENTEEN SISÄLLÄ?	Ei		<input type="checkbox"/>
VAURIOLOUOKKA (*)	3: Vakava		1 2 3 4
KIIREELLISYYS (*)	Peruskorjaus		Peruskorjaus Ylläpitokorjaus Heti
LAAJUUS	1 kpl		<input type="text"/> kpl
VAIKUTUS KANTAVUUTEEN ARVIOITAVAA?	Ei		<input type="checkbox"/>
TOIMENPIDE-EHDOTUS	Seuranta		- ei valintaa -
KOMMENTTI	Poikkiristikon yläpäässä yksi niitti, josta saatiin vikakaiku, kuntoluokka 1. Ohjeellisesti ylläpitokorjaus, mutta sillan muiden vaurioiden seurauksena korjaaminen ei ole kannattavaa. Punaisella ympyröidyssä niitissä vika.		<input type="text"/>
TOIMENPITTEEN LAAJUUS	<i>tieto puuttuu</i>		<input type="text"/>

KUVA 10. Vaurioituneen niitin vauriohavainnon kirjaus Taitorakennerekisteriin tällä hetkellä (Taitorakennerekisteri 2024).

Taitorakennerekisteriin on työlästä luoda jokainen liitos erikseen, mille niittien ja pulttien vauriokirjaukset tulisi tehdä. Tästä syystä tuloksien kirjaaminen tulisi tapahtua erillisen käyttöliittymän kautta (kuva 8). Ultraäänitestauksen tuloksia syötettäessä Taitorakennerekisterissä valittaisiin ensin ne rakenneosat, jotka muodostavat tutkitavan liitoksen. Tätä menettelytapaa sovellettaisiin johdonmukaisesti myös muihin tutkimustulosten kirjauksiin, joissa tulokset kohdistuvat rakenneosien liitoksiin. Tarkemman sijainnin määrittämiseen käytettäisiin suhteellista sijaintia pituus-, poikittais- ja korkeussuunnassa. Koska suhteellinen sijainti on jo

käytössä Taitorakennerekisterissä, käyttäjille tämä tarkemman sijainnin määrittelyprosessi olisi tuttu.

Tiedot syötettäisiin tarkastusten yhteydessä suoraan älylaitteelta Taitorakennerekisteriin, mikä mahdollistaisi nopean ja selkeän kirjaamisen. Tällöin tarkastaja kirjaisi tarvittavat tiedot heti, samalla kun toinen henkilö tekee ultraäänitestauksia. Käyttjähaastatteluissa kirjaustyylin ongelmaksi muodostui lyhyt huoltokatko esimerkiksi ratasilloilla ja täten lyhyt tarkastusaika. Yhtenä ratkaisuna toimisi kuitenkin yhtenäinen tarkastusohje ja lomake ultraäänitutkijoille, mikä ohjaisi täyttämään ultraäänitarkastuksen pöytäkirjan Taitorakennerekisterin suosimalla tavalla. Tällöin tulosten syöttäminen jälkepäin olisi myös mahdollista.



Kuva 11. Esimerkkikirjauksessa käytetyn sillan poikkileikkaus

Kirjaaminen tapahtuisi niittien ja pulttien kohdalla Taitorakennerekisteriin seuraavasti:

1. **Tutkimustapahtuma** – Järjestelmä linkittää automaattisesti tapahtuman, jossa niittien/pulttien tutkimustulokset syötetään. Esimerkiksi "Erikoistarkastus 11.4.2024".
2. **Päivämäärän kirjaus** – Järjestelmä linkittää automaattisesti tutkimuksen päivämäärän, joka on oletusarvoisesti asetettu tarkastustapahtuman päivämääräksi, esimerkiksi "11.4.2024". Tämä päivämäärä on muutettavissa tarpeen mukaan.
3. **Päärakenneosan valinta** – Valitaan ensin tutkittava päärakenneosa, esimerkiksi "Päällysrakenne".

4. **Rakenneosatyyppin ja sijainnin määrittely** – Valitaan rakenneosatyyppi ja sen sijainti sekä poikittais- että pituussuuntaisesti, esimerkiksi "Ristikko 2–3, 0.3–1" (niitit sijaitsevat ristikossa tukien 2 ja 3 välillä, 0.3–1 välillä sillan poikittaissuunnassa inventointisuuntaan katsottuna). Kuvassa 11 näkyvässä poikkileikkauskuvassa huomataan, että sillassa on erillinen kevyenliikenteen uloke. Tästä syystä ristikon "Ristikko 2–3, 0.3–1" alkaa poikittaissuunnassa vasta kohdasta 0.3. Useimmissa tapauksissa ristikon sijainti määräytyy välille 0–1, mutta tässä tapauksessa kevyenliikenteen uloke sijaitsee välillä 0–0.3.
5. **Liitostyyppin määrittäminen** – Avataan sillan rakennekuvaus, josta valitaan liitokseen liittyvät rakenneosat, kuten "Ristikon (2–3, 0.3–1) yläpaarre 2–3 V ja diagonaali 2–3 V" (niitit sijaitsevat vasemman puolen yläpaarten ja diagonaalin liitoskohdassa).
6. **Suhteellisten sijaintitietojen merkintä** – Kirjataan liitoksen tarkemmat sijainnit suhteellisesti, esimerkiksi pituussuuntainen sijainti "2.5" (liitoskohta sijaitsee noin puolessa välissä tukiväliä 2–3). Suhteellinen sijainti poikittaissuunnassa "V" (liitoskohta sijaitsee sillan vasemmassa reunassa inventointi suuntaan katsottuna). Lisäksi mahdollista tarkentaa sijaintia vielä korkeussuunnassa, mutta tässä tapauksessa se ei ole tarpeellista.
7. **Näytteen/tutkimuksen tunnus** – Tutkitulle liitokselle määritetään tunnus. Tunnus voisi määrittäytyä automaattisesti valittujen rakenneosien perusteella, esimerkiksi "YP-DG-2-3-V". Mikäli liitoksia tutkitaan samojen rakenneosien väliltä, mutta diagonaali on eri, tällöin tunnus päivittyy automaattisesti esimerkiksi muotoon "YP-DG-2-3-V (2)".
8. **Niittien kokonaismäärän ja tutkittujen niittien kirjaus** – Kirjataan liitoksessa olevien niittien kokonaismäärä ja tutkittujen niittien määrä syöttölaatikoihin, esimerkiksi "Niittien kokonaismäärä: 30, tutkittujen niittien määrä: 10".
9. **Tutkittujen niittien kuntoluokat** – Määritellään tutkittujen niittien kuntoluokat ja kirjataan niiden määrät kuhunkin kuntoluokkaan omiin syöttöruutuihin, esimerkiksi "kuntoluokan 0 niittejä: 9 kpl, kuntoluokan 1 niittejä: 0 kpl, kuntoluokan 3 niittejä: 1 kpl".

- 10. Kommenttien ja dokumenttien lisäys** – Mahdollisuus lisätä kommentteja tekstimuodossa ja ladata dokumentteja. Ehdottoman tärkeää on lisätä kuva liitoskohdasta, josta niitit on tutkittu. Kuvan ja edellä lueteltujen kirjausten perusteella esimerkiksi luokan 2 niitti tulisi pystyä paikantamaan vaivattomasti tutkimustulosten perusteella. Tutkitut niitit tulisi ympyröidä erivärisillä liiduilla riippuen niitin kuntoluokasta. Yhtenäinen linjaus liitujen värikoodaukselle tulisi määrittää erikseen. Lisäksi luokan 1 ja 2 niitit voitaisiin numeroida juoksevalla numeroinnilla näytetunnuksen avulla.
- 11. Tulosten linkittäminen** – Lopuksi, tulokset linkitetään kyseiselle vauriohavainnolle valintapainikkeen kautta, mikä helpottaa myöhempiä tarkastuksia ja korjaussuunnittelua.
- 12. Yhteenvedon luominen** – Kun kaikki tutkitut niitit on kirjattu, Taitorakennekisteri luo automaattisesti yhteenvedon, joka sisältää tiedot tutkittujen niittien määrästä ja niiden jakautumisesta eri kuntoluokkiin. Yhteenvedossa on myös mahdollisuus lisätä dokumentteja, kuten ultraäänitutkimussuunnitelma ja ultraäänitarkastuspöytäkirja.

Liitteessä 3 on esitetty esimerkkitapaus teräsillan niittien ultraäänitutkimuksen tulosten syöttämisestä Taitorakennekisteriin. Pulttien kirjaaminen tapahtuu täysin samalla periaatteella.

4.2.2 Hitsivirheiden tulokset

Hitsivirheiden osalta on olemassa laajat standardit eri materiaalien ja liitosten virheiden määrittämiseen. Mikäli silmämääräisesti ei pystytä havaitsemaan hitsissä esimerkiksi selvää säröä, turvaudutaan tällöin aina ainetta rikkomattomiin NDT-menetelmiin. Tällöin hitsivirheisiin perehtynyt ammattilainen tutkii ja raportoi löydetyt virheet standardien mukaisella tavalla. Standardit ovat laajoja ja monitulkintaisia hyväksymisrajoineen. Tästä syystä Taitorakennekisteriin tuleva tieto hitsivirheistä saatavista tuloksista tulisi yksinkertaistaa.

Tämän hetken vauriokirjauksia parantaisi hitsiliitostenkin osalta vauriotyyppin ”sä-röily” lisääminen. Tällöin esimerkiksi silmämääräisesti havaitut säröt hitseissä voitaisiin jo kirjata muun muassa yleistarkastuksia tehdessä. Lisäksi erilliseen

käyttöliittymään, jossa muutkin tutkimustulokset sijaitsevat, kirjattaisiin erikoistarkastuksissa tehdyt tutkimustulokset hitsivirheiden osalta.

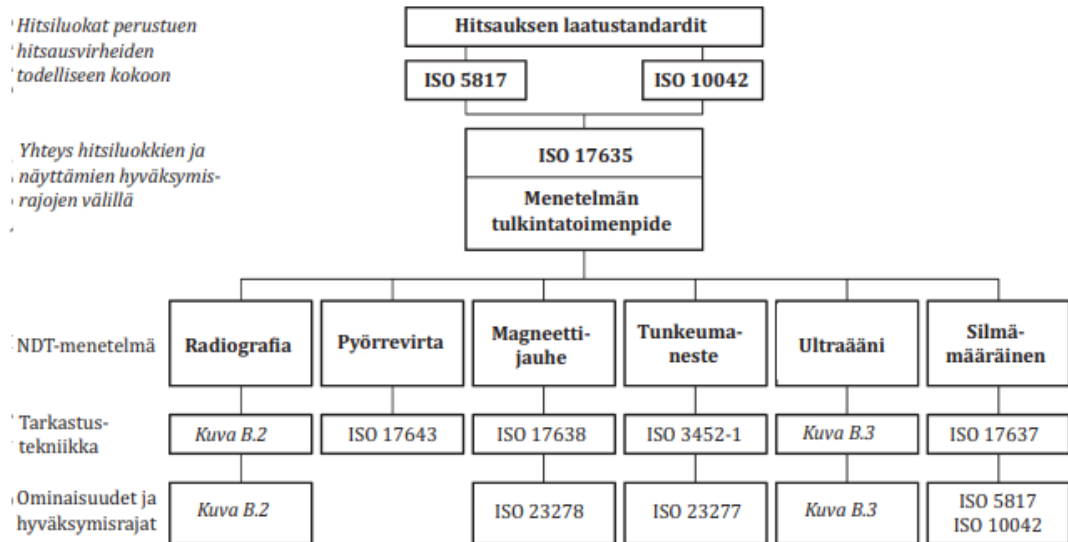
Hitsivirheiden kirjaaminen Taitorakennerekisteriin tapahtuisi seuraavalla tavalla:

1. **Tutkimustapahtuma** – Järjestelmä linkittää automaattisesti tapahtuman, jossa hitsien tutkimustulokset syötetään, esimerkiksi "Erikoistarkastus 11.4.2024".
2. **Päivämäärän kirjaus** – Järjestelmä linkittää automaattisesti tutkimuksen päivämäärän, joka on oletusarvoisesti asetettu tarkastustapahtuman päivämääräksi, kuten "11.4.2024". Päivämäärää voi tarvittaessa muuttaa.
3. **Päärakenneosan valinta** – Valitaan ensin tutkittava päärakenneosa, esimerkiksi "päällysrakenne".
4. **Rakenneosatyyppi ja sijainti** – Valitaan rakenneosatyyppi ja sijainti sekä poikittais- että pituussuuntaisesti, esimerkiksi "ristikko 1–2 V/O" ja sen liitoksiin liittyvät rakenneosat "pystyside 1–2 V" ja "alapaarre 1–2 V".
5. **Suhteellisten sijaintitietojen merkintä** – Syötetään suhteelliset sijaintitiedot omiin kohtiinsa pituus- ja poikittaissuunnassa. Esimerkiksi pituussuuntaisesti "1.2" ja poikittaissuunnassa "V". Lisäksi mahdollista tarkentaa sijaintia vielä korkeussuunnassa, mutta tässä tapauksessa se ei ole tarpeellista.
6. **Näytteen/tutkimuksen tunnus** – Tutkitulle hitsiliitokselle määritetään tunnus. Tunnus voisi määriytyä automaattisesti valittujen rakenneosien perusteella, esimerkiksi "PS-AP-1-2-V". Mikäli liitoksia tutkitaan samojen rakenneosien väliltä, mutta diagonaali on eri, tällöin tunnus päivittyy automaattisesti esimerkiksi muotoon "PS-AP-1-2-V (2)".
7. **Tutkimusmenetelmän valinta** – Valitaan tutkimusmenetelmä alavetovalikosta, josta löytyvät kaikki käytettävissä olevat menetelmät. Esimerkiksi valitaan "ultraäänitutkimus". Taulukossa 8 esitetään kaikki mahdolliset tutkimusmenetelmät hitsivirheiden tutkimiseen.
8. **Hitsivirheen määrittely** – Määritellään, onko tutkitussa kohdassa hitsivirhettä. Jos virhe havaitaan, valitaan hitsivirheen tyyppi alavetovalikosta, kuten "pintavirhe" ja tarkemmin "valuma".

9. **Kommenttien ja dokumenttien lisäys** – Kirjataan tarvittavat lisätiedot kommenttikenttään ja liitetään dokumentteina esimerkiksi tarkemmat ultraääniraportit hitsivirheestä sekä kuva vauriokohdasta.
10. **Tulosten linkittäminen** – Lopuksi, tulokset linkitetään kyseiselle vauriohavainnolle valintapainikkeen kautta, mikäli sellainen on aiemmin kirjattu.

Liitteessä 4 käsitellään hitsivirheiden kirjaamista Taitorakennerekisteriin. Hitsivirheistä saadaan tällä tavoin olennaisin tieto siitä, onko liitoksessa hitsivirheitä vai ei. Samalla saadaan tietoa yleisimmistä hitsivirhetyypeistä. Näiden tietojen avulla voidaan helpottaa tulevia korjaustoimenpiteitä ja analysoida toistuvia hitsivirhetyppejä eri rakenteissa, jolloin voidaan parantaa rakenteiden suunnittelua ja kunnossapitoa. Tämä lähestymistapa mahdollistaa tulevaisuudessa syvemmän analyysin hitsivirheiden syntyolosuhteista ja niiden vaikutuksesta rakenteiden kestävyys.

TAULUKKO 8. Hitsivirheiden tutkimusmenetelmät ja niihin liittyvät standardit (SFS-EN ISO 17635 2016, liite B).



4.2.3 Teräsrakenteen säröjen tulokset

Säröjen tutkimiseen voidaan käyttää montaa eri NDT-menetelmää, riippuen kohteesta ja olosuhteista. Tällä hetkellä säröt merkitään rakenneosakohtaisesti vauriokirjauksiin Taitorakennerekisterissä, mutta vaurion nimityksenä käytetään halkeilua (kuva 12). Kuten jo kohdassa 4.2.2 mainittiin, vauriotyyppin "säröily" lisääminen vauriohavaintoihin olisi hyödyllistä, jotta saavutettaisiin yhtenäisyys vauriokirjauksen ja tutkimustulosten välillä.

	ET-2024
VAURIOTYYPPI	Halkeilu
VAURIOSYY	Materiaalivirhe
VAURIOLUOKKA	4: Erittäin vakava
KIIREELLISYYS	Ylläpitokorjaus
VAIKUTUS KANTAVUUTEEN ARVIOITAVA?	Kyllä
LAAJUUS	0,01 m
TOIMENPIDE-EHDOTUS	Laakerin uusiminen
TOIMENPITEEN LAAJUUS	4 kpl
KOMMENTTI	Rullalaakerissa havaittiin magneettijauhokokeiden avulla 1 tai 2 hiusmurtumaa. Ultraäänitutkimuksessa hiushalkeamasta saatiin heikko indikaatio, joten vaurion syvyydestä ei ole varmuutta

KUVA 12. Esimerkki tämänhetkisestä särön kirjaamisesta vauriohavaintoihin (Taitorakennerekisteri 2024).

Särön laajuustietoja ei ole mahdollista syöttää, muuta kuin metri määräisesti ja säröistä puhuessa tämä on liian suuri määritelmä niille. Riippuen menetelmästä aina ei saada kuitenkaan tarkkaa tietoa muutenkaan säröjen kokoluokasta. Särön

arvioidun pituuden ja syvyyden ilmoittamiseen olisi kuitenkin hyvä olla mahdollisuus. Säröjenkin osalta tutkimustulokset tulisi syöttää kohdan 4.1 esitetyn erillisen käyttöliittymän kautta.

Kaikista tutkituista rakenteista säröjen osalta merkattaisiin samaan tapaan sillan rakennekuvauksen avulla mistä rakenneosasta ja kohtaa säröt on tutkittu. Kirjataan tulokset, oliko säröjä vai ei ja mikäli mahdollista merkattaisiin myös säröjen laajuustieto.

Tulevaisuuden seuranta ja seuraavia tarkastuksia ajatellen olisi hyödyllistä, mikäli tutkimustuloksen voisi linkittää suoraan kirjatulle vauriohavainnolle. Tällöin myös vauriokirjaukseen jäisi laajempitieto vauriosta ja vähentäisi erikseen kommenttikenttään lisätietojen kirjoittamista.

Säröjen kirjaaminen Taitorakennerekisteriin tapahtuisi seuraavalla tavalla:

1. **Tutkimustapahtuma** – Järjestelmä linkittää automaattisesti tapahtuman, jossa säröjen tutkimustulokset syötetään, esimerkiksi "Erikoistarkastus 10.4.2024".
2. **Päivämäärän kirjaus** – Tarkastuksen päivämäärä linkitetään automaattisesti. Päivämäärä, kuten "10.4.2024", voidaan muuttaa tarpeen mukaan.
3. **Päärakenneosan valinta** – Valitaan ensin tutkittava päärakenneosa, esimerkiksi "päällysrakenne".
4. **Rakenneosatyyppi ja sijainti** – Valitaan sijaintitiedot Taitorakennerekisterin rakennekuvauksen avulla. Esimerkkinä voidaan käyttää teräksistä levyvalkkoisiltaa, valiten päärakenneosaksi "päällysrakenne" ja siitä tarkemmin "palkisto 1–2 V/O" ja "palkki 1–2 1", josta säröä on tutkittu "alalaipasta 1–2 1".
5. **Suhteellisten sijaintitietojen merkintä** – Kirjataan suhteelliset sijainnit suhteellisesti, esimerkiksi pituussuuntainen sijainti "1.8" ja poikittaissuuntainen sijainti "1", mikä osoittaa särön tutkimuspaikan sijaitsevan alalaipan loppupäässä inventointisuuntaan katsottuna vasemmanpuoleisessa palkissa. Lisäksi mahdollista tarkentaa sijaintia vielä korkeussuunnassa, mutta tässä tapauksessa se ei ole tarpeellista.

6. **Näytteen/tutkimuksen tunnus** – Tutkitulle särölle määritetään tunnus. Tunnus voisi määrittyä automaattisesti valitun rakenneosan perusteella, esimerkiksi "AL-1-2-1". Mikäli säröjä tutkitaan saman alalaipan eri kohdasta, tällöin tunnus päivittyy automaattisesti esimerkiksi muotoon "AL-1-2-1 (2)".
7. **Tutkimusmenetelmän valinta** – Valitaan tutkimusmenetelmä alaspäinvalikosta, mikä sisältää kaikki käytettävissä olevat NDT-tutkimusmenetelmät. Esimerkiksi alalaippaa on tutkittu ensin "magneettijauhemenetelmällä" ja lisäksi "ultraäänimenetelmällä".
8. **Havaittujen säröjen määrän kirjaus** – Merkitään havaittujen säröjen määrä, esimerkiksi "2 kpl".
9. **Säröjen mittatietojen syöttö** – Syötetään säröjen pituudet ja mahdolliset syvyydet, esimerkiksi "10 mm pituus ja 2 mm syvyys" toiselle särölle ja "5 mm pituus ja 2 mm syvyys" toiselle.
10. **Kommenttien ja dokumenttien lisäys** – Lisätään kommenttikenttään mahdollisia lisätietoja ja ladataan dokumentteja, kuten kuva särökohdasta ja ultraäänilaitteen mittausraportti.
11. **Tulosten linkittäminen** – Lopuksi, tulokset linkitetään kyseiselle vauriohavainnolle valintapainikkeen kautta, mikä helpottaa myöhempiä tarkastuksia ja korjaussuunnittelua.

Tämä prosessi varmistaa, että Taitorakennerekisteriin kirjataan yksityiskohtaiset ja tarkat tiedot säröistä, mikä edistää rakenteiden kunnossapitoa ja mahdollistaa vaurioiden seurannan pitkällä aikavälillä. Liite 5 esittelee käytännön esimerkin säröjen tutkimustulosten kirjaamisesta rekisteriin.

4.2.4 Kuivakalvopaksuusmittauksien tulokset

Kalvopaksuuksien tulokset tulisi kirjata Taitorakennerekisteriin myös erillisen käyttöliittymän avulla. Kalvopaksuudet syötettäisiin rakenneosakohtaisesti, sillä silloin saadaan tärkeää tietoa eri rakenneosien pinnoitteiden kunnosta. Mikäli tiedot syötetään vain suppeammin tukivälikohtaisesti, eroavaisuudet ja ongelmat kohdat jäisivät helpommin muiden tulosten varjoon.

Mittauksista tulee ilmi, mistä rakenneosasta paksuudet on mitattu ja millä laitteella. Kalvopaksuustulosten yksikkönä toimii μm . Yleisimmin käytettyjen nykyaikaisten mittarien omasta sovelluksesta saa suoraan selvitettyä eri tutkimusalueiden tilastot, joita voidaan tuoda Taitorakennerekisteriin. Kaikkia tietoja ei kuitenkaan ole tarpeen kirjata. Alla olevassa kirjaus esimerkissä on lueteltu tarvittavat parametrit.

Kuivakalvopaksuuksien kirjaus tapahtuisi seuraavalla tavalla:

1. **Tutkimustapahtuma** – Järjestelmä linkittää automaattisesti tapahtuman, jossa kuivakalvopaksuuksien tutkimustulokset syötetään, esimerkiksi "Erikoistarkastus 9.4.2024".
2. **Päivämäärän kirjaus** – Mittauksen päivämäärä linkitetään automaattisesti tarkastuspäivämäärään, mutta sitä voidaan tarvittaessa muuttaa, esimerkiksi "9.4.2024".
3. **Päärakenneosan valinta** – Valitaan pää rakenneosa, josta kalvopaksuudet on mitattu, esimerkiksi "päällysrakenne".
4. **Rakenneosatyyppi ja sijainti** – Valitaan tarkempi rakenneosa, esimerkiksi "Ristikon 1–2 V/O alapaarre 1–2 V".
5. **Suhteellisten sijaintitietojen merkintä** – Mahdollisuus syöttää tarkentavia sijaintitietoja omiin kohtiinsa suhteellisesti pituus-, poikittais- ja korkeussuunnassa. Esimerkiksi pituussuuntaisesti "1,2", tällöin olisi mahdollista erotella yksittäisiä mittauksia, mikäli esimerkiksi suuria heittoja ilmenee tutkittujen alueiden välillä.
6. **Näytteen/tutkimuksen tunnus** – Tutkitulle kuivakalvopaksuusmittaukselle määritetään tunnus. Tunnus voisi määrittyä automaattisesti valitun rakenneosan perusteella, esimerkiksi "AP-1-2-V". Mikäli kuivakalvopaksuuksia mitataan alapaarten eri kohdista, tällöin tunnus päivittyy automaattisesti esimerkiksi muotoon " AP-1-2-V (2)".
7. **Mittalaitteen kirjaaminen**– Syötetään käytetty mittalaite, esimerkiksi "Elcometer 456/4".
8. **Mittaustulosten syöttö** – Kirjataan mittauksien lukumäärä, kuivakalvopaksuuksien keskiarvo ja keskihajonta sekä nimelliskuivakalvopakkuus, jos tiedossa, esimerkiksi "10 mittauksen keskiarvo 84,20 μm , keskihajonta 19,40 μm , nimelliskuivakalvopakkuus 160 μm ".

9. **Värikoodaus tuloksille** – Keskiarvo muuttuu värikoodatuksi tulosten perusteella. Esimerkiksi, jos keskiarvo on merkittävästi nimelliskuivakalvonpaksuuden alapuolella, väri muuttuu ”punaiseksi”, sillä keskiarvo on lähes yli puolet nimelliskuivakalvonpaksuuden alapuolella. Oranssi väri korvautuisi punaisella, mikäli kuivakalvonpaksuuden keskiarvo olisi 20 % alle tai 120 % yli nimelliskuivakalvonpaksuudesta. Värikoodien merkitykset ovat selitettävissä kysymysmerkkipainikkeella. Esitetulle asteikolle ei ole tiedollista lähdettä, joten tarkemmat raja-arvot värikoodauksella tulisi Väyläviraston määritettäväksi kehityshankkeen yhteydessä.
10. **Uusien kalvopaksuustietojen lisääminen** – Lisää uusi rakenneosan kalvopaksuus painikkeesta ”lisää uusi”, jolloin avautuu uusi lomake samantyyppisillä täyttökentillä.
11. **Yhteenvedon määrittely** – Taitorakennerekisteri määrittelee yhteenvedon rakenneosittain automaattisesti, mistä selviää kaikkien kirjattujen tulosten yhteenvedo, kuten kaikkien tutkittujen diagonaalien yhteenlasketut kalvopaksuusmittausten keskiarvot ja keskihajonnat.
12. **Kommenttien ja dokumenttien lisäys** – Loppuyhteenvedon ja yksittäisten rakenneosien kuivakalvopaksuustuloksien syöttämisen jälkeen on mahdollisuus lisätä avoimia kommentteja ja ladata dokumentteja, kuten laajempia raportteja mittalaitteiden sovelluksista.

Tämä kirjaustapa mahdollistaa kalvopaksuuksien seurannan pitkällä aikavälillä ja auttaa muodostamaan kattavan kuvan eri rakenneosien kalvopaksuuksien tilasta Taitorakennerekisterissä, mikä edistää tehokasta kunnossapitoa, mahdollisia korjaustarpeiden arviointia ja ajoittamista. Liite 6 esittelee käytännön esimerkin kuivakalvopaksuuksien kirjaamisesta Taitorakennerekisteriin.

4.2.5 Maalityypin, pinnoitteen ja haitta-aineiden tulokset

Maalityypin ja pinnoitteen määrittäminen teräsrakenteille on tärkeässä osassa varsinkin korjaustoimenpiteitä ajatellen. Päällemaalattaessa tulee ottaa huomioon aikaisemmat maalityypit/pinnoitteet, jotta lopputulos tulisi kerralla käyttökohdalle sopivaksi. Samoin maalien ja pinnoitteiden haitta-ainepitoisuudet on syytä

selvittää, jotta teräksen pintoja korjatessa tai purkaessa osataan käsitellä rakenneosia tarvittavalla turvallisuudella.

Maalityypeistä ja pinnoitteista tulisi merkitä Taitorakennerekisteriin käytetty tutkimusmenetelmä, kaikkien varmaksi tiedettävien maalipintojen tai pinnoitteiden tyyppi sekä tutkitut haitta-ainepitoisuudet. Haitta-ainepitoisuuksista syötettäessä järjestelmä muuttaisi tuloksen punaiseksi, mikäli tulos ylittää raja-arvon. Tällä tyyllillä ongelmaksi muodostuisi, että vuosittain Taitorakennerekisteriin tarvitsee päivittää mahdolliset muuttuneet raja-arvot.

Toisena vaihtoehtona raja-arvojen määrittämisen voisi jättää tietojen syöttäjän vastuulle. Kuvassa 13 on esimerkki laboratoriosta saatavista haitta-aine tuloksista. Kaikki raja-arvot ylittävät tulokset lihavoidaan, joten tuloksia kirjatessa kaikki raportin lihavoidut tulokset merkattaisiin valintaruudun ”ylittää raja-arvon” avulla. Molemmilla vaihtoehdoilla tarvittava tieto haitta-aineista saadaan Taitorakennerekisteriin. Kuitenkin ensimmäisen vaihtoehdon kohdalla Väylävirasto voisi määrittää raja-arvot ottamalla huomioon myös mittausepävarmuuden haitta-aineiden kohdalla. Tällöin tuloksen ollessa lähellä raja-arvoa, voitaisiin se määrittää niin sanotusti turvalliselle puolelle.

Menetelmät:											
Tilaajan toimittaman näytteen raskasmetallianalyysi tehtiin XRF-analyysaattorilla, Bruker S1 TITAN. Laite on kalibroitu 2014 (Geochem General -kalibrointi). Tulokset on ilmoitettu kolmen mittauspisteen keskiarvona. Tulokset koskevat vain tutkittua näytettä. Labroc Oy vastaa toimeksiannoista KSE 2013 mukaisesti. Laboratorio ei vastaa näytteenotosta. Tulokset toimitetaan sähköpostilla PDF-muodossa ilman suojausta.											
Näytteenottaja:											
Näyte	Materiaali / tila tai rakennusosa	Antimoni (50)	Arseeni (100)	Kadmium (20)	Koboltti (250)	Kromi (300)	Kupari (200)	Niikki (150)	Lyijy (750/1500**)	Sinkki (400)	Vanadiini (250)
PKN5	Kaidemaali	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	28 ± 14	200 ± 29	< 20	2600 ± 180	< 20

* Haitallisen jätteen ylempät ohjearvot ylittävät tulokset on lihavoitu (VNA 214/2007).

** Yli 1500 mg/kg lyijyä sisältävä materiaali on suositeltavaa käsitellä vaarallisena jätteenä (Ratu 82-0382).

Näytteen PKN5 raskasmetallipitoisuuksissa havaittiin ylempiä ohjearvoja ylittäviä pitoisuuksia. Suositellaan ottamaan yhteyttä paikalliseen jäteviranomaiseen ennen jätteen loppusijoitusta.

KUVA 13. Esimerkki laboratoriosta saatavasta raskasmetallianalyysistä (Labroc 2020).

Mikäli rakenneosan maalausjärjestelmä on tiedossa, olisi se myös mahdollista kirjata muita tuloksia syöttäessä. Sijaintitiedot tulisivat rakenneosaa tarkkuudella samaan tyyliin kuin kuivakalvopakauksien osalta kohdassa 4.2.4. Kirjauspaikkana toimisi erillinen käyttöliittymä Taitorakennerekisterin sisällä (kohta 4.1).

Tulevaisuuden korjaustoimenpiteitä ja -suunnittelua varten maalityyppien, pinnoitteiden ja haitta-ainepitoisuuksien tulisi linkittyä rakennekuvaukseen kyseiselle rakenneosalle tutkimuspäivämäärineen. Mikäli esimerkiksi rakenteelta on tutkittu vain haitta-ainepitoisuuksia ja pintakäsittelyn maalausjärjestelmä on jo saatu selville vanhoista dokumenteista, olisi sen kirjaaminen mahdollista myös kyseisten tutkimustuloksien syöttämisen aikana. Materiaali- ja lisätietojen syöttäminen rakenneosalle on mahdollista tällä hetkellä ainoastaan rakennekuvauksen kautta (kuva 14). Tietojen linkittyessä Taitorakennerekisteriin tutkimustuloksia syötettäessä, varmistuttaisiin siltä, että pintakäsittelyn tiedot ja haitta-ainepitoisuudet päätyisivät myös Taitorakennerekisteriin, eivätkä vain tarkastusraportteihin. Tällöin materiaalitiedot päivittyisivät samalla monipuolisemmiksi ja nopeutaisivat tiedon etsimistä Taitorakennerekisteristä.

Materiaalitiedot		Lisätiedot	
MATERIAALI	Teräs x ▼	TARKENNE	<input type="text"/>
MATERIAALITARKENNE	- ei valintaa - x ▼	PINTAKÄSITTELY	x Maalaus x
MASSA	<input type="text"/> kg	VÄRISÄVY	<input type="text"/>
TERÄKSEN TYYPPI	- ei valintaa - x ▼	SUOJAUSMENETELMÄ	- ei valintaa -

KUVA 14. Tämänhetkinen materiaali- ja lisätietojen kirjaaminen rakennekuvauksen yhteydessä (Taitorakennerekisteri 2024).

Liitteessä 7 havainnollistetaan maalityypin/pinnoitteen määrittäminen. Tuloksien kirjaaminen tapahtuisi seuraavasti:

- Tutkimustapahtuma** – Järjestelmä linkittää automaattisesti tapahtuman, jossa maalityypin/pinnoitteen määrittämisen tutkimustulokset syötetään, esimerkiksi "Erikoistarkastus 10.4.2024".
- Päivämäärän kirjaus** – Tutkimuksen päivämäärä linkitetään automaattisesti tarkastuspäivämäärään, mutta sitä voidaan tarvittaessa muuttaa.

Tässä tapauksessa tutkimuksen päivämäärä ei ole sama kuin päivämäärä, jolloin tarkastus on tehty. Maalinäytteet on lähtenyt laboratorioon tarkastettavaksi, jossa ne tutkitaan esimerkiksi "20.4.2024".

3. **Päärakenneosan valinta** – Valitaan ensin tutkittava päärakenneosa, esimerkiksi "päällysrakenne".
4. **Rakeneosatyyppi ja sijainti** – Määritetään sijainti Taitorakennerekisterin rakennekuvauksen avulla. Esimerkiksi teräksisestä ristikkosillasta valitaan "ristikko 1–2 V/O" ja tarkemmin ristikon "yläpaarre 1–2 O".
5. **Suhteellisten sijaintitietojen merkintä** – Tarkemmat suhteelliset sijainnit voidaan tarvittaessa merkitä pituus-, poikittais- ja korkeussuunnassa. Tässä tapauksessa se ei ole tarpeen.
6. **Näytteen/tutkimuksen tunnus** – Tutkitulle maalityypille määritetään tunnus. Tunnus voisi määrittyä automaattisesti valitun rakenneosan perusteella, esimerkiksi "YP-1-2-O".
7. **Tutkimusmenetelmän valinta** – Kirjataan käytetyt tutkimusmenetelmät alasvetovalikon avulla, esimerkiksi "mikroskopia ja FTIR-spektroskopia" tai vaihtoehtoisesti "kenttätutkimus epoksimaalin ohenteella".
8. **Maalauskerrosten syöttö** – Lisätään kaikki varmaksi tiedetyt maalauskerrokset. Valitaan esimerkiksi "5 kerrosta", pintamaaliksi "alkydimaali ja kopioidaan sama maalityyppi neljälle seuraavalle kerrokselle. Maalausjärjestelmän kohta jätetään tyhjäksi, ellei siitä ole tietoa.
9. **Kommenttien ja dokumenttien lisäys** – Kirjoitetaan tarvittaessa lisätietoja kommenttikenttään ja lisätään liitteenä esimerkiksi kuvia ja raportteja laboratorioanalyseistä.
10. **Tulosten linkittäminen ja kopiointi** – Syötetyt tulokset linkitetään automaattisesti rakennekuvaukseen sille rakenneosalle, jolle tulokset on syötetty. Lisäksi tulokset voidaan kopioida muille rakenneosille, jos tiedetään maalien tai pinnoitteiden olevan samoja.

Liitteessä 8 on puolestaan määritelty haitta-aineiden kirjaaminen. Prosessi etenee seuraavasti:

1. **Tutkimustapahtuma** – Järjestelmä linkittää automaattisesti tapahtuman, jossa haitta-aineiden tutkimustulokset syötetään, esimerkiksi "Erikoistarkastus 10.4.2024".
2. **Päivämäärän kirjaus** – Tutkimuksen päivämäärä linkitetään automaattisesti tarkastuspäivämäärään, mutta sitä voidaan tarvittaessa muuttaa. Tässäkään tapauksessa tutkimuksen päivämäärä ei ole sama kuin päivämäärä, jolloin tarkastus on tehty. Näytteet on lähtenyt laboratorioon tarkastettavaksi haitta-aineita varten, jossa ne tutkitaan esimerkiksi "20.4.2024".
3. **Päärakenneosan valinta** – Valitaan ensin tutkittava päärakenneosa, esimerkiksi "Varusteet ja laitteet".
4. **Rakenneosatyyppi ja sijainti** – Valitaan sijainti Taitorakennerekisterin rakennekuvauksen avulla, esimerkiksi "Kaiteet". Valitaan sillan oikean puolen kaide "Siltakaide 1–2 V".
5. **Suhteellisten sijaintitietojen merkintä** – Tarkemmat suhteelliset sijainnit voidaan tarvittaessa merkitä pituus-, poikittais- ja korkeussuunnassa. Tässä tapauksessa se ei ole tarpeen.
6. **Näytteen/tutkimuksen tunnus** – Tutkitulle haitta-aineelle määritetään tunnus. Tunnus voisi määrittyä automaattisesti valitun rakenneosan perusteella, esimerkiksi "SK-1-2-V".
7. **Haitta-aineiden kirjaus** – Kirjataan tutkitut haitta-aineet omiin kohtiinsa. Lisäksi syötetään raskasmetallien osalta mittausepävarmuudet. PAH- ja PCB-pitoisuuksien osalta järjestelmään määritetään Väyläviraston puolesta tarvittava mittausepävarmuus. Ehdotuksena mittausepävarmuus voisi olla 5 % niin sanotulla "varmalla puolella", sillä usein mittauslaitosten mittauksien luottamusväli on 95 prosenttia. Tällöin mikäli haitta-aine jäisi 5 prosenttia alle raja-arvon, luokiteltaisiin se silti vaaralliseksi jätteeksi. Taitorakennerekisteri määrittelee myös värikoodauksen avulla, ylittyykö haitta-aineiden raja-arvot. Lisätään tarvittaessa tieto asbestin esiintymisestä valintaruudun avulla.

8. **Kommenttien ja dokumenttien lisäys** – Kirjoitetaan tarvittaessa lisätietoja kommenttikenttään ja lisätään liitteenä esimerkiksi haitta-aineanalyysien raportteja.
9. **Tulosten linkittäminen ja kopiointi** – Syötetyt tulokset linkitetään automaattisesti rakennekuvaukseen sille rakenneosalle, jolle tulokset on syötetty. Lisäksi tulokset voidaan kopioida muille rakenneosille, jos tiedetään, haitta-aineiden olevan samoja.

4.2.6 Näytteenoton ja testauksen tulokset

Teräksisiä taitorakenteita on tähän mennessä testattua laboratorioissa hyvin pienissä määrin. Vain muutamista erikoistarkastuskohteista oli otettu näytepala ja tutkittu teräksen ominaisuuksia muun muassa vetokokeen avulla. (Taitorakennerekisteri 2024.) Taitorakennerekisterin tulisi tarjota mahdollisuus kirjata erillisen käyttöliittymän kautta teräsrakenteiden näytteenottoon ja testaukseen liittyvien laboratoriokokeiden tulokset sekä näistä tehtävät johtopäätökset. Tällöin rekisteriin voitaisiin dokumentoida esimerkiksi vetolujuuskokeiden perusteella määritetty teräksen laatu, iskutkeysluokka sekä materiaalin hitsattavuus.

Alkuaineanalyysin perusteella teräksestä voidaan määrittää hitsattavuus ja mahdollinen kuumasinkitys. Hiiliekvivalentti on keskeinen tekijä, kun arvioidaan teräksen soveltuvuutta hitsaukseen. Hiiliekvivalentin määrittämiseen suosituin menetelmä on CEV-kaavan käyttö, joka on määritelty SFS-EN 10025-1:2004 kuuma- valssatut rakenneteräokset standardissa. (Liikennevirasto 2018a, 40.) Laboratorion alkuaineanalyysissa on lähtökohtaisesti ilmoitettu kaavan mukaisesti laskettu hiiliekvivalentin arvo. Tulos kirjattaisiin omaan kohtaansa ja tämän tuloksen perusteella Taitorakennerekisteri ilmoittaisi automaattisesti onko tutkittu teräsrakenne hitsattavaa vai ei. Tämän mahdollistamiseksi Väyläviraston täytyisi määrittää Taitorakennerekisteriin eri teräslajien standardien mukaiset raja-arvot hiiliekvivalentin osalta.

Teräksen sisältämät alkuaineet, kuten pii ja fosfori, voivat vaikuttaa sen reagoimiseen kuumasinkitysprosessissa ja näin ollen vaikuttaa pinnoitteen laatuun. Oikeanlaisilla teräsokeuksilla on mahdollista saavuttaa ulkonäöltään tasaisempia ja

kooltaan yhtenäisempiä pinnoitteita. Teräksen aiemmat käsittelyt, kuten valssaus, vaikuttavat myös sen käyttäytymiseen kuumasinkityksessä. (SFS-EN ISO 14713-2:2020, 9.)

Alkuaineanalyysin perusteella voisi kuitenkin määritellä standardin SFS-EN ISO 14713-2:2020 taulukon 1 mukaiset raja-arvot reagoivien alkuaineiden osalta. Tällä tavoin saataisiin määriteltyä mihin kuumasinkittävyys luokkaan teräs kuuluu. Taitorakennerekisteri määrittäisi syötettyjen alkuainepitoisuuksien mukaan automaattisesti kuumasinkitysluokan järjestelmässä olevien raja-arvojen perusteella. Taitorakennerekisteriin syötettävät raja-arvot on Väyläviraston määriteltävä erikseen voimassa olevien standardien mukaisesti.

Tulosten syöttäminen tapahtuisi kohdan 4.1 erillisen käyttöliittymän kautta ja tulosten tiedot linkittyisivät rakenneosan materiaalitietoihin automaattisesti. Kirjaaminen Taitorakennerekisteriin etenisi seuraavasti:

1. **Tutkimustapahtuma** – Järjestelmä linkittää automaattisesti tapahtuman, jossa näytteenoton ja testauksen tutkimustulokset syötetään, esimerkiksi "Erikoistarkastus 11.4.2024".
2. **Päivämäärän kirjaus** – Tutkimuksen päivämäärä linkitetään automaattisesti tarkastuspäivämäärään, mutta sitä voidaan tarvittaessa muuttaa. Tässäkään tapauksessa tutkimuksen päivämäärä ei ole sama kuin päivämäärä, jolloin tarkastus on tehty. Näyte/näytteet on lähtenyt laboratorioon tarkastettavaksi, jossa ne tutkitaan esimerkiksi "20.4.2024".
3. **Päärakenneosan valinta** – Valitaan ensin tutkittava päärakenneosa, esimerkiksi "päällysrakenne".
4. **Rakenneosatyyppi ja sijainti** – Määritetään sijainti Taitorakennerekisterin rakennekuvauksen avulla. Esimerkiksi teräksisestä ristikkosillasta valitaan "Ristikko 1–2 V/O". Valitaan tarkemmin, että näytepala on otettu ristikon 1–2 V/O "pystysiteestä 1–2 O".

5. **Suhteellisten sijaintitietojen merkintä** – Kirjataan tarvittaessa tarkemmat sijainnit suhteellisesti, esimerkiksi pituussuuntainen sijainti "1.5", poikittaissuuntainen sijainti "O" ja korkeussuuntainen sijainti "0.9". Tämä osoittaa otetun näytepalan sijaitsevan inventointisuuntaan katsottuna sillan oikeassa reunassa tukien 1 ja 2 noin puolessa välissä, pystysiteen yläosassa.
6. **Näytetunnus ja ainevahvuus** – Merkitään otetun näytteen tunnus omaan kohtaansa, esimerkiksi "PS-1-2-O". Lisäksi kirjataan teräksen ainevahvuus, oikean teräslaadun valitsemista varten, esimerkiksi "20 mm".
7. **Vetolujuuskokeen tulokset** – Syötetään vetolujuuskokeesta myötö- ja murtolujuus sekä murtovenymä. Näiden lisäksi valitaan alasetoalikoista koetuloksia vastaava teräslaatu lujuusominaisuuksiltaan voimassa olevien standardien mukaisesti. Esimerkiksi myötölujuus " $300 \text{ N} / \text{mm}^2$ ", murtolujuus " $416 \text{ N} / \text{mm}^2$ " ja murtovenymä "30,0 %". Valitaan alasetoalikoista, että saatujen koetulosten perusteella teräsojan myötölujuus vastaa vähintään "S235". Mikäli näytepalasta ei tutkittu vetolujuutta, valitaan valintaruudun avulla "ei tutkittu".
8. **Iskusitkeys-kokeen tulokset** – Syötetään iskusitkeys-kokeesta iskutyön keskiarvo sekä koelämpötila. Näiden lisäksi valitaan alasetoalikoista koetuloksia vastaava iskusitkeysluokka voimassa olevien standardien avulla. Esimerkiksi iskutyön keskiarvo "30 J" ja koelämpötila "-20 °C". Valitaan alasetoalikon avulla saatujen koetulosten perusteella teräsojan iskusitkeyden tunnus "J2". Tällöin tutkitun koepalan teräslaji vastaa vähintään S 235J2 ominaisuuksia.
9. **Alkuaineanalyysin tulokset** – Syötetään ensin alkuaineanalyysin tutkimusmenetelmä ja tämän jälkeen tulokset omiin kohtiinsa. Taitorakennerekisteri määrittelee automaattisesti, onko tehdyn alkuaineanalyysin perusteella teräs hitsattavaa ja lisäksi teräksen kuumasinkitysluokan. Lisäksi alkuainepitoisuuden tuloksien ylittyessä, tulos muuttuu värikoodauksen avulla punaiseksi.
10. **Kommenttien ja dokumenttien lisäys** – Kirjoitetaan tarvittaessa lisätietoja kommenttikenttään ja lisätään liitteenä esimerkiksi näytteenoton ja testauksen tutkimuspöytäkirjat.

Liitteessä 9 havainnollistetaan näytteenoton ja testauksen tuloksien kirjaaminen Taitorakennerekisteriin erillisen käyttöliittymän kautta. Tulosten avulla voidaan tulevaisuudessa määrittellä Taitorakennerekisterin avulla, voidaanko esimerkiksi peruskorjausten yhteydessä tutkittuun teräkseen hitsata tai teräsrakennetta käsitellä kuumasinkityksellä. Lisäksi mikäli sillasta ei löydy aikaisemmista suunnitelmista tietoa teräksen laadusta, voidaan tuloksien perusteella määrittää teräslaatu, jota käyttää esimerkiksi laskelmissa. Teräslaatuja valitessa Taitorakennerekisteristä olisi hyvä löytyä (kysymysmerkki) -painikkeen takaa voimassa olevien standardien mukaiset ohjeet, mikä helpottaisi teräslajin valintaa ja oikeellisuutta.

Jos huomataan, että teräksen lujuudet tai iskutikeus ei vastaa alkuperäistä teräslaatua, tulisi tästä tulla ilmoitus tuloksia syötettäessä. Tällöin teräksen laatu täytyy olla kirjattuna aikaisemmin materiaalitietoihin, jotta Taitorakennerekisteri voi verrata mitattuja lujuuksia alkuperäisiin vaatimuksiin. Ilmoitus alkuperäisen teräksen vaatimusten alittumisesta voisi esimerkiksi havainnoida punaisella värikoodauksella tuloksia syötettäessä.

4.2.7 Korroosioasteen ja ainevahvuuden tulokset

Yleisimpiä vauriokirjauksia Taitorakennerekisterissä on korroosio eli ruostuminen. Vauriot nähdään silmämääräisesti ja tällöin ne tulee kirjattua tarkastusten yhteydessä vauriohavaintoihin. Kuvassa 15 on tiedot tämänhetkisestä tilanteesta korroosion määrittämisen osalta Taitorakennerekisterissä.

	ET-2022	YT-2021
VAURIOTYYPPI	Ruostuminen	Ruostuminen
VAURIOSYY	Ympäristö tai ikääntyminen	Ympäristö tai ikääntyminen
VAURIOLUOKKA	4: Erittäin vakava	4: Erittäin vakava
KIIREELLISYYS	Ylläpitokorjaus	Peruskorjaus
VAIKUTUS KANTAVUUTEEN ARVIOITAVA?	Kyllä	Kyllä
LAAJUUS	0,5 m ²	0,3 m ²
TOIMENPIDE-EHDOTUS	Paikkausmaalauk	<i>tieto puuttuu</i>
TOIMENPITEEN LAAJUUS	5 m ²	<i>tieto puuttuu</i>
KOMMENTTI	Alapaarteen ruostumista poikkikannattajien kohdalla. Levyjen päälle kertynyt ainesta joka päässyt ruostuttamaan. Nyt oli pääosin puhdasta. Vakavin ruostuminen noin kohdassa 1.4	Kohdassa 1.4 ja 2 alapaarteen liitoksessa ainevahvuus heikentynyt

KUVA 15. Korroosion kirjaaminen vauriohavaintoihin Taitorakennerekisterissä (Taitorakennerekisteri 2024).

Korroosion määritelmää vauriohavaintoihin voisi kehittää tarkentamalla ohjeistusta oikean vaurioluokan valintaan ruostumisen osalta. Nykyisin vaurioluokan määrittely vaihtelee ja on altis tulkinnalle. Korroosion tulkitsemisen yhtenäisyyttä voitaisiin parantaa lisäämällä vauriotyyppin ”ruostuminen” valinnan yhteyteen selkeitä ohjeistuskuvia, jotka näyttäisivät, miltä esimerkiksi luokan 3 korroosioaurio näyttää. (Rauhanen 2024.) Tässä työssä kuitenkin pääpainona keskitytään tutkimustuloksiin, joita saadaan erilaisten mittausten tai kokeiden avulla. Väyläviraston on kuitenkin hyvä miettiä pitäisikö tulevaisuudessa vauriokirjauksia päivittää ohjeistavammiksi.

Tulevaisuudessa korroosion tarkastusprosessia ja kirjausta voisi harkita kehittää erikoistarkastuksissa siten, että ruostumisasteita arvioitaisiin rakenneosakohtaisesti. Tällöin saataisiin tarkempaa kuvaa eri rakenneosien ruostumisasteesta, mikä taas helpottaisi rakenneosien korjaustarpeiden seuranta ja analysointia.

Ruostumisasteet on dokumentoitu liitteessä 10, jossa esitetään myös ruostumisasteen kirjausprosessi erillisessä käyttöliittymässä. Asteikko perustuu Sillantar-kastuskäsikirjan määritelmiin.

Ruostumisen ollessa erittäin vakava tai kriittisessä paikassa, voidaan teräsrakenteen jäljellä olevaa ainevahvuutta mitata ultraäänitutkimuksella. Tutkimuksesta saadaan jäljellä oleva ainevahvuus korroosion kohdalta. Tämä tieto olisi tärkeää saada linkitettyä kyseisessä erikoistarkastuksessa kirjattuihin vauriohavaintoihin niiltä osin mistä teräksen ainevahvuutta on testattu. Tällöin mikäli saman kohdan vauriohavainnoissa vaurioluokka on laitettu esimerkiksi luokkaan 3, muuttuisi se automaattisesti luokkaan 4 ainevahvuus tietojen linkittyessä vauriokirjaukseen, jos aine vahvuus on pienentynyt.

Lisäksi tarkemman sijainnin tärkeys rakenneosassa korostuu, jotta siltaa tarkastettaessa, korjattaessa tai korjaussuunnittelussa tieto ruostuneesta kohdasta olisi helposti löydettävissä. Samalla pystytään seuraamaan vaurion kehittymistä, mikäli ainevahvuus koetaan riittäväksi sellaisenaan ilman korjaustoimenpiteitä.

Ainevahvuus mittauksien kirjaaminen tapahtuisi erillisen käyttöliittymän kautta. Liitteessä 11 havainnollistetaan ainevahvuuksien kirjaamista. Prosessi etenee seuraavasti:

1. **Tutkimustapahtuma** – Järjestelmä linkittää automaattisesti tapahtuman, jossa ainevahvuuksien tutkimustulokset syötetään, esimerkiksi "Erikoistarkastus 11.4.2024".
2. **Päivämäärän kirjaus** – Mittauksen päivämäärä linkitetään automaattisesti tarkastuspäivämäärään, mutta sitä voidaan tarvittaessa muuttaa, esimerkiksi "11.4.2024".
3. **Päärakenneosan valinta** – Valitaan ensin tutkittava päärakenneosa, esimerkiksi "päällysrakenne".
4. **Rakenneosatyyppi ja sijainti** – Valitaan sijaintitiedot Taitorakennerekisterin rakennekuvauksen avulla. Esimerkiksi, teräksiseltä ristikkosillalta valitaan "ristikko 2–3 V/O" ja edelleen "alapaarre 2–3 V". Mikäli kyseessä on esimerkiksi kahden rakenneosan liitoslevy, voidaan valita rakennekuvauksesta ne rakenneosat, jonka välillä liitos sijaitsee.

5. **Suhteellisten sijaintitietojen merkintä** – Syötetään tarkentavat sijaintitiedot pituus-, poikittais- ja vaihtoehtoisesti korkeussuunnassa. Lisäksi valitaan valintaruuduista mittauskohta, esimerkiksi ”alapinnasta”.
6. **Näytteen/tutkimuksen tunnus** – Tutkitulle ainevahvuudelle määritetään tunnus. Tunnus voisi määrittäytyä automaattisesti valitun rakenneosan perusteella, esimerkiksi ”AP-2-3-V”.
7. **Ainevahvuuden kirjaus** – Merkitään rakenneosan alkuperäinen ja mitattu ainevahvuus omiin ruutuihinsa millimetrin tarkkuudella, esimerkiksi alkuperäinen ainevahvuus ”20 mm” ja mitattu ainevahvuus ”15 mm”.
8. **Kommenttien ja dokumenttien lisäys** – Kirjoitetaan tarvittaessa tarkentavia tietoja kommenttikenttään ja lisätään liitteenä esimerkiksi kuvia mittauspaikasta.
9. **Tulosten linkittäminen** – Syötettyjen tulosten ollessa valmiita, on mahdollista linkittää ainevahvuudet ja tarkemmat sijaintitiedot kyseisen rakenneosan korroosiovauriokirjaukselle.

4.2.8 Putkisiltojen tarkastushavaintojen tulokset

Putkisiltojen tarkastushavaintoja pitäisi tällä hetkellä syöttää Taitorakennerekisteriin kuvan 3 mukaisesti. Vaikka mahdollisuus esimerkiksi veden pH-arvojen ja virtausnopeuksien kirjaamiselle on ollut, on tämä kuitenkin jäänyt melko vähälle Taitorakennerekisterissä. Yhtenä syynä tähän on käyttäjähaastatteluissakin esiin noussut ongelma. Paikka tarkastushavaintojen syöttämiselle on väärä. Putkisiltojen tarkastushavainnot pitäisi saada syötettyä samalla, kun kirjataan muitakin tarkastustietoja ja vauriohavaintoja. Ratkaisuna tähän olisi, että myös putkisiltojen tarkastushavainnot löytyisivät samalta välilehdeltä erillisestä käyttöliittymästä (kuva 8).

Toisena hyvänä vaihtoehtona olisi kuvan 16 sijainti, jolloin tarkastushavainnot olisivat heti esillä ja helppo täyttää tarkastuksen aikana. Tällöin Taitorakennerekisteri täytyisi koodata niin, että vain putkisiltojen tarkastuksia tehdessä kyseinen kirjaamismahdollisuus aukeaisi uuden tarkastuksen etusivulle. Lisäksi huonona puolena tässä voidaan pitää, että kaikki tutkimustulokset eivät löytyisi samasta paikasta ja tämä rikkoisi tutkimustuloksien syöttämisen selkeyttä.

tilta 20.4.2024
Petteri Santti | A-Insinöörit Suunnittelu Oy

keskeneräinen Luo muistilmanpöytä Kuittaa valmiiksi Sulje

KUNTOARVIO keskeneräinen [Muokkaa kuntoarviota](#)

	KL	KTL	KL SUHT.	KTL SUHT.	LYK	KL VANHA
LYT-2024	-	-	-	-	-	-
YT-2022	-	-	-	-	1,87	3

PT	VT	RP	PÄÄR	PÄÄLL	PINR	RPÄÄR	KAIT	LIKS	LAAK	KUIV	MVAR	SIPA	YK
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2

KUNNON ARVIOINNIN AJATUSMALLIT ?

SEURAAVAN 10 VUODEN AIKANA TARVITTAVAT TOIMENPITEET
tieto puuttuu

SEURAAVAT TARKASTUKSET [Lisää seuraava tarkastus](#)

YT-2027

Tarkastushavainnot **Putki 1-2 V/O (C)** Päälysrakenne | 19 * 2,5 * 2,5 m | Teräs | Kuumasinkitys | Pääkarnattaja

PINNOITEPAIKSUUS - µm

VEDEN PH ph

VIHTAUSNOPEUS m/s

PISTEPUIKKO LÄPÄISEE TERÄSLEVYN Lyöntien määrä SIJAINTI PITUUSSUUNNASSA (*) [Lisää dokumentti](#)

SIJAINTI POIKITTAISSUUNNASSA (*)

SIJAINTI KORKEUSSUUNNASSA (*)

[Tallenna tiedot](#) [Peruuta](#) [+ Lisää läpäisykohtia](#)

KUVA 16. Putken tarkastushavaintojen kirjaaminen tarkastusvälilehden etusivulla.

Tämänhetkiset tarkastushavainnot ovat pääosin hyviä. Kuitenkin näistä piikkites-
tin tulokset jäävät liian yksinkertaistetuksi. Tällä hetkellä on vain mahdollisuus
kirjata, läpäiseekö piikki putken vai ei. Tärkeää tietoa olisi myös, kuinka monella
iskulla piikki läpäisee putken ja mistä kohtaa putkea. Määritellään tarkempi sijainti
käyttäen suhteellisia sijaintitietoja. Esimerkiksi poikittaissuunnassa "0.25" tarkoit-
taa, että piikki läpäisi pinnan putken noin ensimmäisen neljäsosan kohdalla sen
kokonaispituudesta. Lisäksi on määriteltävä suhteellinen sijainti pituus- ja kor-
keussuunnassa. Esimerkiksi arvot "2" pituussuunnassa ja "0.5" korkeussuun-
nassa tarkoittavat, että piikki läpäisi putken tuen 2 kohdalla, noin putken korkeu-
den puolivälissä. Lopuksi syötetään vielä lyötyjen lyöntien määrä.

Tarkastushavainnoista ei jää nykytilassa minkäänlaista historia tietoa siitä, että
miten esimerkiksi veden pH-arvo on muuttunut tarkastusten välissä. Tästäkin
syystä tarkastushavaintojen paikka tulisi muuttaa pois putken rakennekuvauk-
sesta ja lisätä tarkastuksen yhteyteen. Tarkastusten yhteydessä saadaan sa-
malla tieto, milloin tarkastushavainnot on tehty ja osataan verrata tuloksia eri tar-
kastusolosuhteet huomioon ottaen. Liitteessä 12 havainnollistetaan putkisiltojen
paranneltuja tarkastushavaintoja erilliseen käyttöliittymään syötettynä.

4.3 Puurakenteiden tutkimustulokset

Puurakenteiden tutkimustulokset keskittyvät lahovaurioiden tunnistamiseen ja niiden vaikutukseen rakenteiden kestävyteen. Säännölliset visuaaliset tarkastukset ja lahovaurioiden laajuuden mittaus tuottavat arvokasta tietoa puurakenteiden kunnossapidon suunnitteluun. Käytössä olevat mikroporauslaitteet ja kasvukairatutkimukset, parantavat vaurioiden analysointia, dokumentointia ja seuranta.

Puurakenteiden kyllästeaineiden ja pinnoitteiden analysointi tapahtuu laboratorioissa, jossa tunnistetaan käytetyt aineet ja arvioidaan samalla niiden haitallisuutta. Tämä tieto on olennainen, kun määritetään oikeita toimintatapoja rakenteiden käsittelyyn purkamisen tai työstämisen yhteydessä, varmistaen turvalliset ja asianmukaiset menettelyt.

4.3.1 Lahovaurioiden tulokset

Puurakenteiden osalta lahovaurioiden tutkiminen on isoimmassa osassa varsinkin erikoistarkastuksia tai laajennettuja yleistarkastuksia tehdessä. Tarkastusten vauriohavainnossa vauriot kirjataan ja laajuudet joudutaan antamaan neliömetrien tarkkuudella. Lahovaurion havaitsemisen tutkimusmenetelmä ei tule kuitenkaan vauriohavainnoista esille. Myöskään lahon syvyystietoja tai sitä onko kyseessä pintalaho vai rakenteen sisäistä lahoa, ei pystytä tällä hetkellä kirjaamaan. Ainoaksi vaihtoehdoksi jää kommenttikenttä, johon voi luetella tarkempia tietoja vauriosta.

Kuten teräsrakenteissa, myös puurakenteiden tutkimustulosten osalta olisi selkeää, jos tulokset syötettäisiin samasta paikasta eli kohdan 4.1 mukaisen erillisen käyttöliittymän kautta. Kirjaamisessa toistuisi hyvin paljon samoja asioita, kuin aikaisemmissa tuloksissa on esitelty.

Lahovaurioiden tutkimustuloksien kirjaaminen etenee seuraavasti:

1. **Tutkimustapahtuma** – Järjestelmä linkittää automaattisesti tapahtuman, jossa lahojen tutkimustulokset syötetään, esimerkiksi "Laajennettu yleis-tarkastus 13.4.2024".
2. **Päivämäärän kirjaus** – Tutkimuksen päivämäärä linkitetään automaattisesti tarkastuspäivämäärään, mutta sitä voidaan tarvittaessa muuttaa, esimerkiksi "13.4.2024".
3. **Päärakenneosan valinta** – Valitaan päärakenneosa, josta lahoa on tutkittu, esimerkiksi "Alusrakenne".
4. **Rakenneosatyyppi ja sijainti** – Valitaan rakenneosa, esimerkiksi "Välituki 2 V/O", ja avautuvasta alavetovalikosta tarkennetaan valinta "pyloni 2 V/O" ja vielä "pilari 2.1 V".
5. **Suhteellisten sijaintitietojen merkintä** – Syötetään tarkentavat sijaintitiedot pituus-, poikittais- ja korkeussuunnassa.
6. **Näytteen/tutkimuksen tunnus** – Tutkitulle laholle määritetään tunnus. Tunnus voisi määrittyä automaattisesti valitun rakenneosan perusteella, esimerkiksi "PI-2.1-V".
7. **Tutkimusmenetelmän valinta** – Valitaan tutkimusmenetelmä, kuten "kasvukairatutkimus" alavetovalikosta.
8. **Laho veden vaihteluvälillä** – Valitaan valintaruudun avulla, sijaitseeko tutkittu laho veden vaihteluvälillä vai ei.
9. **Lahovaurion tulosten kirjaus** – Merkitään rakenneosan muoto, mittatiedot, mittaussuunta, lahonsyvyys ja mahdollinen sisäisen tai pintalahon esiintyminen. Esimerkiksi rakenneosan muoto on "pyöreä" ja halkaisija "400 mm". Lahonsyvyys ilmoitetaan vaihteluvälinä, jotta tiedetään missä kohtaa rakennetta lahovaurio sijaitsee ja kuinka suuri osuus poikkileikkauksesta on lahoa. Kirjataan esimerkiksi "0–150 mm". Näiden lisäksi on mahdollista syöttää kyllästeaineen tunkeutumissyvyys, mikäli se ilmenee tehdyistä tutkimuksista.
10. **Lahottajasienen tunnistaminen** – Valitaan valintaruudusta lahottajasieni, mikäli rakenteesta sellainen on tunnistettu. Lisäksi alavetovalikon avulla syötetään lahottajasienen tyyppi.

11. **Kommenttien ja dokumenttien lisäys** – Kirjoitetaan tarvittaessa tarkentavia tietoja kommenttikenttään ja lisätään liitteenä esimerkiksi analyysit mikroporatutkimuksesta tai lahottajasienestä.
12. **Tulosten linkittäminen** – Lahovaurion tiedot linkitetään rakenneosalle tehdyille vauriohavainnoille.

Lahoaminen on niin yleistä puurakenteita tarkastaessa, että tällä tavoin saadaan tarkempaa dataa digitalisoitua suoraan Taitorakennerekisteriin. Lisäksi rakenteen kunnon seuranta on helpompaa ja vähentää samojen tietojen kirjoittamista erikseen vauriohavaintojen kommenttikenttään. Myös mikäli lahottajasienilaji pystytään tunnistamaan, auttaa se analysoimaan pitkällä aikavälillä muun muassa sen aiheuttajia ja tiettyjen lahottajasienien tuhoisuutta. Liitteessä 13 on havainnollistettu lahon tutkimustulosten kirjaaminen Taitorakennerekisterissä.

4.3.2 Kyllästeaineen ja maalityypin/pinnoitteiden tulokset

Puurakenteiden osalta kyllästeaineiden ja pinnoitteiden syöttäminen tapahtuisi samalla tavalla kuin teräsrakenteiden osalta kohdassa 4.2.5. Samoin kuin teräsrakenteiden osalta, on myös puurakenteille mahdollista jo nykyhetkellä kirjata rakennekuvauksen kautta rakenneosalle *lisätiedot*-kohdasta pintakäsittely ja suojausmenetelmä (kuva 14). Tällä hetkellä lisätietoja Taitorakennerekisteriin on päivitetty melko vähän.

Laajempien rakenneosatietojen kannalta olisi hyvä, mikäli samat lisätiedot voisi päivittää erillisen käyttöliittymän kautta, johon syötetään muutkin tutkimustulokset. Tietojen syötettyä, ne linkittyisivät suoraan kyseisen taitorakenteen rakennekuvaukseen. Esimerkiksi tieto siitä, että rakenteen kaikki vinotuet ovat kreosoottikyllästetty. Kyllästeaineiden ja pinnoitteiden syöttämisen yhteydessä voisi valita, mille kaikille rakenneosille samat tiedot kopioidaan.

Tiedot linkittyisivät tämän lisäksi automaattisesti rakenteen rakennekuvaukseen. Tällöin tietojen lisääminen olisi tehokasta ja samalla rakenteen jatkotoimenpiteiden kannalta syntyisi hyödyllistä tietoa Taitorakennerekisteriin. Lisäksi, mikäli

otetuista näytteistä määritetään haitta-aineet, tapahtuisi niidenkin kirjaaminen samalla tavalla kuin kohdassa 4.2.5. Liitteessä 14 on esitetty kyllästeaineiden ja pinnoitteiden syöttäminen erillisen käyttöliittymän kautta.

4.4 Kivirakenteiden tutkimustulokset

Kivirakenteiden tutkimustulokset koostuvat lähinnä silmämääräisten havaintojen ja manuaalisten mittausten tuloksista. Varsinaisia testauksia tai tutkimuksia ei tarkastusten yhteydessä siis tehdä. Näitä silmämääräisiä havaintoja ja mittauksia tulee jo havaittua yleistarkastuksessa ja mahdolliset vauriot kirjataan vauriohavaintoihin. Suoritetuissa käyttäjähaastatteluissakin enemmistön mielestä kivirakenteiden osalta ei kaivata merkittäviä muutoksia tämänhetkisiin kirjauksiin. Tästäkin syystä ei ole järkevää, että kivirakenteiden tarkastushavaintoja ja mittauksia siirrettäisiin suunniteltuun erilliseen käyttöliittymään.

Yleisimmin kirjatut vauriohavainnot Taitorakennerekisterissä ovat muun muassa siirtymä, halkeilu, vesivuoto, rapautuminen tai lohkeama. Näistä kivirakenteiden vauriohavainnoista siirtymän kirjaamista voisi kehittää tarkemmaksi. Siirtymän osalta olisi hyvä määrittää siirtymien suunta. Tällä hetkellä Taitorakennerekisterissä vauriokirjauksiin kirjataan vain siirtymän laajuus, mutta ei tietoa siitä mihin suuntaan liike on tapahtunut. Kuva vauriokohdasta auttaa havainnollistamaan liikettä, mutta aina kuvastakaan ei voida varmaksi sanoa mihin suuntaan kivirakenne on siirtynyt. (Rauhanen 2024.) Vauriokirjausten päivittäminen informatiivisemmiksi jää kuitenkin Väyläviraston mietittäväksi, sillä tässä opinnäytetyössä keskitytään pääsääntöisesti erikoistarkastuksista saataviin tuloksiin eikä niinkään yleisiin vauriohavaintoihin. Lopputuloksena on, että kivirakenteiden osalta ei ole tarvetta erillisten tulosten syöttämiselle käyttöliittymän kautta tällä hetkellä, koska nykyiset vauriokirjaukset jo tarjoavat riittävästi tietoa kivirakenteiden ongelmista.

4.5 Varusteiden ja laitteiden tutkimustulokset

Varusteiden ja laitteiden osalta useimmat tutkimustulokset voidaan syöttää samalla kaavalla kuin teräsrakenteiden osalta. Teräslaakerit ja kaiteet muun muassa voidaan tutkia samalla tavalla säröjen, hitsivirheiden, ainevahvuuksien, korroosion, kuivakalvopaksuuksien sekä maalityypin, pinnoitteiden ja haitta-aineiden osalta. Lisäksi esimerkiksi liikuntasaumojen haitta-aineet voidaan kirjata samalla tavalla kuin kohdassa 4.2.5 on kerrottu ja liitteessä 8 on esitetty.

Suoritetuissa käyttäjähaastatteluissakin ilmennyt puute kohdistuu laakereihin ja niiden asentovirheisiin. Tämän hetken laakereiden vauriohavainnoissa asentovirheiden osalta voidaan määrittää laajuus millimetreinä (kuva 17), mutta tästä ei voida päätellä mihin suuntaan liike on tapahtunut. Vaikka siirtyneestä laakerista lisätään yleensä myös kuva vauriohavainnon tueksi, ei tästäkään voida kaikissa tapauksissa varmaksi tulkita siirtymän suuntaa. Lisäksi tällä hetkellä vauriokirjauksissa käytettävä termi ”siirtymä” on harhaanjohtattava, sillä useimmiten laakerin siirtymillä tarkoitetaan laakerin virheasentoa. Tästä syystä olisi hyvä määrittää esimerkiksi ”asentovirhe” termi vauriokirjauksiin, minkä avulla laakerien siirtymien ja asentovirheiden ero saataisiin eriteltyä.

ET-2022	
MATERIAALI	12: Teräs
VAURIOTYYPPI (*)	28: Siirtymä
VAURIOSYYS (*)	205: Tukien liikkeet
SIJAINTI PITUUSSUUNNASSA	2
SIJAINTI POIKITTAISSUUNNASSA	2
SIJAINTI KORKEUSSUUNNASSA	<i>tieto puuttuu</i>
VAURIO RAKENTEEEN SISÄLLÄ?	Ei
VAURIOLUOKKA (*)	3: Vakava
KIIREELLISYYS (*)	Ylläpitokorjaus
LAAJUUS	50 mm
VAIKUTUS KANTAVUUTEEN ARVIOITAVA?	Kyllä
TOIMENPIDE-EHDOTUS	Laakerin asennon korjaaminen
KOMMENTTI	Siirtymä noin 50 mm. Pieni kiertymä.
TOIMENPITEEN LAAJUUS	1 kpl

KUVA 17. Laakerien asentovirheen kirjaaminen tarkastuksen vauriohavaintoihin (Taitorakennerekisteri 2024).

Tarkempien asentovirheiden kirjaaminen laakereiden osalta tapahtuisi kohdan 4.1 erillisen käyttöliittymän kautta. Asentovirhe määritettäisiin millimetreinä suhteessa nolla-asentoon, esimerkiksi syöttämällä omaan ruutuunsa ”+10 mm”. Tällä tavoin pystytään yksinkertaisesti ilmaisemaan, että laakeri on 10 millimetriä virheasennossa pääytukea kohden. Mikäli etumerkiksi syötetään miinus, tällöin asentovirhe on päätytuesta poispäin. Lisäksi olisi tulosten tarkentamiseksi mahdollisuus syöttää laakerin suuntakulma, esimerkiksi ”+10 astetta”. Etumerkki määrittelee suunnan tässäkin tapauksessa samalla periaatteella.

Laakerin liikevarat linkittyisivät automaattisesti materiaalitiedoista. Mikäli asentovirhe ylittäisi sallitut rajat, tulisi tulos näkyviin värikoodauksella: punainen indikoisi liian suurta virhettä. Keltainen väri merkitsisi tilannetta, jossa asentovirhe on lähellä liikevaran ylittymistä. Jos laakerin liikevarat eivät ole valmiiksi merkittynä materiaalitietoihin, ne voidaan syöttää myös manuaalisesti.

Toinen esiin noussut puute on mittauslämpötila ulkona ja rakenteessa. Lämpötilalla on merkittävästi vaikutusta laakerien liikkeisiin ja tämän tiedon lisääminen asentovirhettä kirjatessa, helpottaisi tulevaisuuden kannalta asennon tulkintaa. Lämpötiloille olisi omat syöttöruudut tuloksia kirjatessa. Tulosten kirjaaminen laakerin asentovirheelle tapahtuu vastaavalla tavalla kuin muidenkin tutkimustulosten kohdalla, valitsemalla kyseinen laakeri sillan rakennekuvauksen avulla. Liitteessä 15 havainnollistetaan laakereiden asentovirheiden kirjaaminen erillisessä käyttöliittymässä.

Laakerien asentovirheiden dokumentointia voitaisiin myös ohjeistaa yhtenäisemmäksi eri tarkastajien kesken. Taitorakennerekisteri voisi esimerkiksi ohjata kuvadokumentteja lisätessä tarkastajan lisäämään kuvan aina kohtisuorasti pituus- ja poikittaissuuntaisesti, mikäli se on mahdollista. Tällöin eri vuosien tarkastusten kuvat asentovirheistä olisivat kuvattuna samasta kohtaa ja tällä tavoin helpottaisi niiden tulkitsemista ja analysointia. Tulevaisuudessa teknologian kehittyessä, laakereista voidaan saada tutkimustuloksia syötettäessä 3D-kuvat, joiden avulla voidaan suoraan havainnollistaa laakerien asentovirheet.

Liikuntasauvojen ja -saumalaitteiden osalta liikkeiden mittaustulokset kirjaaminen tapahtuisi myös erillisen käyttöliittymän välityksellä. Liikkumat mitattaisiin ja kirjattaisiin millimetrien tarkkuudella. Tämän lisäksi syötettäisiin kyseisen sauman tai saumalaitteen liikevara, jos sitä ei vielä materiaalitiedoissa ole. Tulosten kirjaamisen jälkeen liikevaran tiedot linkittyisivät rakennekuvaukseen. Tällöin seuraavissa tarkastuksissa sauman tai saumalaitteen liikevara on jo järjestelmässä ja pystytään nopeasti tulkitsemaan, onko liikevara ylittynyt. Värikoodaus havainnollistaisi liikkeen vakavuutta suhteessa liikevaraan, samalla periaatteella kuin laakerien asentovirheiden kohdalla. Lisäksi syötetään samalla tavalla kuin laakerien osalta, mittauslämpötila rakenteessa ja ulkona. Lopuksi siirtymät voidaan linkittää vauriohavaintoihin. Liikuntasauvojen ja -saumalaitteiden kirjaaminen esitetään liitteessä 16.

4.6 Tuloksien yhteenveto

Kaikki työssä määritetyt tulokset tuottavat merkittävää dataa, jotka tällä hetkellä löytyvät PDF-muotoisesta raportista Taitorakennerekisterin sijaan. Eri tutkimuksien määriteltyjen parametrien avulla voidaan tuottaa toimivat kirjaustavat Taitorakennerekisteriin. Kaikki tarvittavat parametrit eri tutkimusten osalta esitetään taulukkomuodossa liitteissä 17–29.

Tuloksien yhtenäisen ja selkeän kirjaamisen osalta parhaaksi vaihtoehdoksi muodostui erillinen käyttöliittymä Taitorakennerekisterin sisällä. Suoritettujen käyttäjähaastattelujenkin perusteella enemmistö oli kyseisen kirjaamistavan puolella. Esiin nousi myös, että laajojen tutkimustuloksien kohdalla tulisi miettiä vaihtoehtoksi yhtenäistä Excel-pohjaa tai lomaketta, millä esimerkiksi suuren datan sisältävät kuivakalvonpaksuudet saataisiin ajettua kätevästi Taitorakennerekisteriin ja sieltä ulos. Haastatteluissa varsinkin taitorakenteidentarkastajat painottivat, että tulosten syöttäminen ei saisi muodostua liian hankalaksi ja työlääksi. Yhtenäinen ohjeistus ja kirjaamistapa kaikille samanlaiseen lomakkeeseen ratkaisisi ainakin osittain sitä ongelmaa suurina määrinä tuloksia syötettäessä.

Tuloksissa keskityttiin erikoistarkastuksissa sekä osittain laajennetuissa yleistarkastuksissa tehtäviin tutkimuksiin ja havaintoihin. Yleistarkastusten vauriokirjauksia voisi tulevaisuudessa myös kehittää muun muassa vaurioluokkien ohjeistuksen osalta. Rajauksen vuoksi vauriokirjausten kehittämisehdotuksiin ei otettu muutamia huomioita lukuun ottamatta kantaa. Yleistarkastuksia tehdään vuosittain eri tarkastajien kesken niin paljon, että tarkastuksen sisältöä ei voida kasvattaa liian suureksi, jotta yleistarkastus pysyy tehokkaana ja selkeänä eri tarkastajien kesken (Perttunen 2024).

Tulokset on luotu nykyisten ohjeistusten ja standardien, käyttäjähaastatteluiden, asiantuntijalausuntojen ja tämän opinnäytetyön ohjaajien kanssa käytyjen keskusteluiden pohjalta. Tuloksien pääpainona oli määrittää tarvittavat parametrit eri tutkimusten osalta. Työssä esitetyt kirjaustavat ja -näkyvät tarjoavat havainnollisia ja mahdollisia keinoja kirjata tutkimustulokset Taitorakennerekisteriin tulevaisuudessa.

5 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miten taitorakenteiden tarkastuksien tutkimustuloksia ja havaintoja voidaan digitalisoida parametrisessä muodossa hyödyllisesti Taitorakennerekisteriin. Työssä käytettiin dokumenttianalyysiä, Taitorakennerekisterin arviointia ja haastatteluja, jotka yhdessä muodostivat monipuolisen metodologisen lähestymistavan tähän tutkimukseen. Tutkimusprosessi sujui suunnitellusti ja kehitetyt menetelmät taitorakenteiden tutkimustulosten ja havaintojen digitalisoinnille tarjoavat merkittäviä etuja infrastruktuurin ylläpidon ja hallinnan kannalta. Työn tulokset osoittavat, että systemaattinen ja kohdennettu tietojen kerääminen parantaa huomattavasti tietojen saatavuutta, käytettävyyttä ja analysoitavuutta, mikä edistää tehokkaampaa kunnossapidon suunnittelua ja päätöksentekoa. Digitalisoinnin mahdollistama monipuolinen datan hyödyntäminen kehittää yleisesti koko infrastruktuurialaa, tuoden parannuksia niin suurissa kuin pienemmissäkin projekteissa.

Työn tuloksena määritettiin tarvittavat parametrit eri tutkimustuloksille ja laadittiin toimivat vaihtoehdot parametrien kirjaamiselle, jotka mahdollistavat tarkastustulosten systemaattisen tallentamisen Taitorakennerekisteriin. Tämä ei ainoastaan tehosta datan hyödyntämistä, vaan myös vähentää inhimillisen virheen mahdollisuutta, kun data syötetään suoraan järjestelmään erikseen määriteltyihin kohtiin. Kuitenkin digitalisoinnin myötä tulee myös uusia haasteita, kuten datan tietoturvallisuuden ja integraation mahdollisesti muiden järjestelmien kanssa. Näiden seikkojen hallitseminen on kriittistä, jotta voidaan varmistaa datan eheys ja luotettavuus. Tehdyt käyttäjähaastattelut pääosin tukivat hyvin tutkimuksessa syntyneitä tuloksia, joka parantaa omalta osaltaan tehtyjen tulosten luotettavuutta.

Opinnäytetyö rajautui puu-, teräs- ja kivirakenteisiin materiaaleihin, sillä betonirakenteiden osalta erikoistarkastusten digitalisointia on jo tutkittu vuonna 2022 tehdyssä opinnäytetyössä (Lummejoki 2022). Tässä työssä laadittujen tulosten ja niistä esitettävien liitteiden sekä aikaisemmin tehdyn opinnäytetyön avulla, Väylävirastolle on luotu hyvä perusta Taitorakennerekisterin kehityshankkeen tueksi.

Tutkimuksen aikana heräsi ajatus kehityshanketta ajatellen, että suhteellisen sijainnin pitäisi mahdollisesti olla syötettävissä metrimääräisenä, erityisesti pituus-suunnassa. Tämä mahdollistaisi esimerkiksi kymmenien metrien pituisten alapaarteiden kuivakalvonpaksuuden ilmoittamisen tarkasti tietylle metrivilille. Tällainen tarkennus sallisi tulevaisuudessa rakenneosien tutkitun pinta-alan vertaamista niiden kokonaispinta-alaan, mikä lisäisi tutkimustulosten luotettavuutta.

Lisäksi on suositeltavaa, että tulevaisuudessa kiinnitetään huomiota myös käyttäjäkokemuksen parantamiseen ja uusien teknologioiden, kuten tekoälyn ja koneoppimisen integroimiseen, jotta voidaan entisestään tehostaa taitorakenteiden ylläpidon prosesseja. Käyttjähaastatteluidenkin pohjalta ilmenneet pohdinnat, kirjaamisprosessin työmäärästä ja taloudellisesta hyödystä tulisi myös ottaa huomioon Taitorakennerekisteriä jatkokehittäessä.

Tulevaisuudessa teknologian kehittyessä järjestelmän sisäiset analytiikkatyökalut voisivat tarjota ratkaisun ennakoivaan huoltoon. Tekoälyä ja koneoppimista hyödyntävät työkalut, kuten ennakoivan analytiikan järjestelmät, mahdollistaisivat potentiaalisten vaurioiden ja korjaustarpeiden ennustamisen historiallista dataa analysoimalla. Tämä edistäisi korjaus- ja tarkastusaikataulujen optimointia ja vähentäisi yllättäviä rikkoutumisia. Lisäksi tulevaisuudessa työmäärää voitaisiin vähentää kehittämällä Taitorakennerekisteriin toiminto, joka mahdollistaisi syötettyjen tutkimustulosten automaattisen yhteenvetolomakkeen tulostamisen. Tällainen lomake voisi toimia osana erikoistarkastusraporttia, poistaen tarpeen luoda erillisiä Excel-pohjaisia taulukoita esimerkiksi niittien ultraäänitestauksen tuloksista.

LÄHTEET

Alanko, R. Projektipäällikkö. 2024. A-Insinöörit Suunnittelu Oy. Käyttäjahaastattelu 4.4.2024. Teams-kokous.

Hengityслиitto. n.d. Rakennusten haitta-aineet. Verkkosivu. Viitattu 24.4.2024. <https://www.hengityслиitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/sisailman-laatu/rakennusten-haitta-aineet/>

Junttila, V. 2017. Lyhytkestoiset klooriparafiinit (SCCP). Pdf-dokumentti. Viitattu 24.4.2024. <https://www.kansalaishavainnot.fi/download/name/%7B7D2CAD07-4C98-4AEF-8136-C2AC7CE50DE8%7D/130804>

Kjellman, Jouko. Rautatiesiltainsinööri. 2024. Väylävirasto. Käyttäjahaastattelu 23.4.2024. Teams-kokous.

Kytö, R. Projektijohtaja. 2024. Helsingin kaupunki. Käyttäjahaastattelu 22.4.2024. Sähköposti.

Labroc 2020. Raskasmetallianalyysi. Tutkimusraportti.

Liikennevirasto. 2014. Siltojen erikoistarkastusten työturvallisuusohje. Viitattu 14.2.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/ohje_2014_siltojen_erikoistarkastusten_web.pdf

Liikennevirasto. 2015a. Teräsrakenteet. Pintakäsittely. Yleiset laatuvaatimukset. SILKO 1.351. Viitattu 4.3.2024. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Taitorakenteet/silko/kansio1/s1351.pdf>

Liikennevirasto. 2015b. Teräsrakenteet. Ennen vuotta 2015 käytössä olleet ja paikkamaalauksissa käytettävät maalausjärjestelmät. SILKO 3.352. Viitattu 4.3.2024. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Taitorakenteet/silko/kansio3/s3352.pdf>

Liikennevirasto. 2018a. Teräsrakenteet. Rakenteelliset korjaukset. Yleiset laatuvaatimukset. SILKO 1.302. Viitattu 20.2.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Taitorakenteet/silko/kansio1/s1302_web.pdf

Liikennevirasto. 2018b. Puurakenteet. Rakenteelliset korjaukset. Yleiset laatuvaatimukset. SILKO 1.401. Viitattu 5.3.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Taitorakenteet/silko/kansio1/s1401_web.pdf

Liikenneviraston ohjeita. 31/2010. Sillan laajennettu yleistarkastus, Osa 1. Terässillat. Viitattu 17.3.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2010-31_sillan_laajennettu_web.pdf

Liikenneviraston ohjeita. 17/2013. Taitorakenteiden tarkastusohje. Viitattu 19.2.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2013-17_taitorakenteiden_tarkastusohje_web.pdf

Liikenneviraston ohjeita. 14/2014. Teräspuutkisillat. Suunnitteluohje. Viitattu 25.2.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2014-10_terasputkisillat_suunnitteluohje_web.pdf

Liikenneviraston ohjeita. 26/2016. Vedenalaisten taitorakenteiden tarkastusohje. Viitattu 15.3.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2016-26_vedenalaisten_taitorakenteiden_web.pdf

Liikenneviraston ohjeita. 36/2017. Puusillan laajennetun yleistarkastuksen ohje. Viitattu 6.3.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2017-36_puusillan_laajennetun_web.pdf

Liikenneviraston ohjeita. 28/2018. Taitorakenteiden erikoistarkastusten laatuvaatimukset – Sillat. Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus. Viitattu 14.2.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2018-28_taitorakenteiden_erikoistarkastusten_web.pdf

Liikenneviraston ohjeita. 36/2018. Taitorakenteiden tiedon käsittely. Viitattu 16.3.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2018-36_taitorakenteiden_tiedon_web.pdf

Lummejoki, J. 2022. Erikoistarkastustietojen digitalisointi – Kehityshanke. Turun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 15.4.2024. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/745466/Lummejoki_Jani.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Peltomaa, M. Asiantuntija. 2024. Väylävirasto. Sähköposti 23.4.2024

Perttunen, J. Projektipäällikkö. 2024. Sweco Finland Oy. Käyttjähaastattelu 16.4.2024. Teams-kokous.

Rauhanen, M. Toimitusjohtaja. 2024. Ifcon Oy. Käyttjähaastattelu 15.4.2024. Teams-kokous.

Rother, M 2018. Old longleaf pines will assist with tree-ring study of historical fires. Tall Timbers. Viitattu 13.3.2024. <https://talltimbers.org/old-longleaf-pines-will-assist-with-tree-ring-study-of-historical-fires/>

SFS-EN ISO 2808. 2019. Maalit ja lakat. Kalvonpaksuuden määrittäminen. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu 9.4.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN ISO 14713-2. 2020. Sinkkipinnoitteet. Ohjeet ja suositukset rauta- ja teräsrakenteiden korroosionestoon. Osa 2: Kuumasinkitys. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu 29.4.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-ISO 17635. 2016. Hitsien rikkomaton aineenkoetus. Yleisohjeet metallisille materiaaleille. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu 12.4.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-ISO 19840. 2012. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suoja-
maaliyhdistelmillä. Pinnoitteiden kuivakalvonpaksuuden mittausta ja hyväksymis-
periaatteet karheilla pinnoilla. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu
9.4.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

Taitorakennerekisteri. 2024. Väylävirasto. Viitattu 1.4.2024. Vaatii käyttöoikeu-
den. <https://extranet.vayla.fi/trex/>

Tiehallinto. 1992. Teräsrakenteet. Teräsputken korjaustoimenpiteen määrittäminen.
SILKO 1.357. Viitattu 21.2.2024. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Taitorakenteet/silko/kansio1/s1357.pdf>

Tulokas, J. Suunnittelija. 2024. A-Insinöörit Suunnittelu Oy. Käyttäjähastattelu
4.4.2024. Teams-kokous.

Turklin, T. Toimitusjohtaja. 2024. NDT Nord Oy. Puhelinhaastattelu 9.4.2024.

Väylävirasto. 2021a. Lahottajasienten aiheuttamat vauriot puusilloissa on kartoit-
tettu. Viitattu 20.4.2024. <https://vayla.fi/-/lahottajasienten-aiheuttamat-vauriot-puusilloissa-on-kartoitettu>

Väylävirasto. 2021b. Teräsrakenteet. Laakerit ja nivelet. Yleiset laatuvaatimuk-
set. SILKO 1.352. Viitattu 17.3.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Taitorakenteet/silko/kansio1/s1352_web.pdf

Väylävirasto. 2023. Taitorakennerekisteri. Väyläviraston taitorakenteiden omai-
suudenhallintajärjestelmä. Viitattu 19.2.2024. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/silat/trex>

Väyläviraston ohjeita. 33/2020. Sillantarkastuskäsikirja - Suunnittelu- ja toteutta-
misvaiheen ohjaus. Viitattu 19.2.2024. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2020-33_sillantarkastuskasikirja_web.pdf

White, R. & Ross, R. 2014. Wood and Timber condition assessment manual
Second Edition. Usda.

Äijälä, M. Yksikönpäällikkö. 2024. Väylävirasto. Käyttäjähastattelu 17.4.2024.
Teams-kokous.

LIITTEET

Liite 1. Käyttjähaastatteluiden runkokysymykset

1(2)



Haastattelukysymykset

9.4.2024

Opinnäytetyön haastattelukysymykset

Opinnäytetyön aihe	Taitorakenteiden tutkimustulosten ja havaintojen digitalisointi - Teräs-, puu- ja kivirakenteet
Tekijä	Petteri Santi
Paikka	Tampereen ammattikorkeakoulu
Toimeksiantaja	A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Tilaaaja	Väylävirasto

Tämän opinnäytetyön päämääränä on selvittää, miten taitorakenteiden eri tarkastuksissa tehtyjen materiaalitutkimusten tuloksia voitaisiin tuoda Taitorakennerekisteriin selkeästi rakenteen eri osien osalta parametrimuodossa. Pääasiassa työssä käsitellään erikoistarkastuksista sekä laajennetuista yleistarkastuksista saatavaa dataa. Työssä on erityisen tärkeää tutkia mitä tietoja, millaisessa muodossa sekä mihin tarvittavat tiedot tallennetaan.

Haastattelujen tavoitteena on löytää eri Taitorakennerekisterin käyttäjiltä mahdollisesti uusia näkemyksiä ja samalla vahvistaa opinnäytetyön tekijän ajatuksia aiheesta. Haastatteluista pyritään löytämään yhteinen linja, jota voisi soveltaa opinnäytetyön tuloksissa, mutta samalla pohtien eriäviä vastauksia.

Haastattelukysymykset

- Mitä tutkimustietoja ja havaintoja mielestänne olisi tarpeen saada Taitorakennerekisteriin: (mahdolliset jatkokysymykset ja vastaukset lisätään haastattelun aikana)
 - Teräsrakenteiden osalta?
 - Puurakenteiden?
 - Kivirakenteiden?
 - Varusteiden ja laitteiden?
- Miten tämänhetkistä teräsrakenteiden korroosioasteen määrittystä ja kirjausta voisi kehittää?



3. Tulisiko erikoistarkastusten tutkimuksista muodostaa uusi käyttöliittymä *kunto ja tapahtumat*-välilehdelle vai olisiko helpompaa sisällyttää ne vauriokirjausten yhteyteen rakenneosa kohtaisesti?

4. Pidätkö parempana paikkana putkisiltojen tarkastushavainnoille:
 - A) Rakennekuvauksista löytyvän "putki" rakenneosan alta, eli siellä missä ne ovat tällä hetkellä
 - B) Kunto ja tapahtumat-välilehdellä putken vauriokirjausten yhteydessä
 - C) Erillinen käyttöliittymä *kunto ja tapahtumat*-välilehdelle, johon kaikki putken tarkastushavainnot kirjattaisiin?

5. Pitäisikö sillan niittien/pulttien ultraäänitutkimuksesta saatava luokittelu määritellä Taitorakennerekisteriin:
 - A) Siltatasolla?
 - B) Tukivälitasolla?
 - C) Liitostasolla?

Erikseen tarkastajille

1. Kumman näkisit parempana vaihtoehtona?
 - A) Taitorakennerekisteri sisältäisi eri tutkimustulosten parametrien syöttämiseksi tarvittavat alavetovalikot, raja-arvoille ja mittatiedoille valmiit paikat, johon tutkimuksien tulokset kirjattaisiin tarkastuksen jälkeen.
 - B) Kaikille tarkastajille luotaisiin yhtenäinen Excel-lomake, johon tuodaan Taitorakennerekisteristä rakenneosa tiedot ja tähän täytettäisiin kaikki kohteesta otetut tutkimukset ja niiden tulokset. Tämän jälkeen tiedoston pystyisi ajamaan Taitorakennerekisteriin.
 - C) Jokin muu, mikä?

Liite 2. NDT-tarkastajalle esitetyt runkokysymykset

1(1)



Haastattelukysymykset

4.4.2024

Opinnäytetyön haastattelukysymykset NDT-tutkimuksiin liittyen

Opinnäytetyön aihe	Taitorakenteiden tutkimustulosten ja havaintojen digitalisointi - Teräs-, puu- ja kivi-rakenteet
Tekijä	Petteri Santi
Paikka	Tampereen ammattikorkeakoulu
Toimeksiantaja	A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Tilaaaja	Väylävirasto

Haastattelukysymykset

1. Mitkä ovat yleisimmät NDT-tutkimukset mitä silloille tai taitorakenteille tulee tehtyä?
2. Millaisia tietoja saadaan ultraäänitutkimuksella
3. Kuinka samankaltaisia tietoja eri tutkimusmenetelmillä saadaan, esimerkiksi ultraus vs röntgen tai tunkeumaneste vs pyörrevirtamittaus?
4. Kuinka tarkkaa laajuustietoa säröistä saadaan näillä NDT-menetelmillä?

Liite 3. Niittien/pulttien ultraäänitutkimustulosten kirjaaminen

1(2)

Tällä sivulla määritellään mistä sillan liitoskohdasta niitit on ultraäänitutkittu.

Sijainnin valitseminen tapahtuu Taitorakennerekisteristä löytyvän sillan rakennekuvauksen avulla.

Niittien/pulttien ultraäänitulokset

Tutkimustapahtuma

Tutkimuspäivämäärä

Välilehteen aukeaa rakenteen rakennekuvaus - valitaan päärakenneosa

Alusrakenne

Päällysrakenne

Pintarakenne

Varusteet ja laitteet

Siltapaikan rakenteet

Oikeat rakenneosat valitaan klikkaamalla ne järjestelmästä.

Tämän jälkeen aukeaa kyseisen sillan päällysrakenteen rakennekuvausta vastaava valikko

Päällysrakenne

Palkisto 1-2 0.3-1 (C) Päällysrakenne | Pääkannattaja

Ristikko 2-3 0.3-1 (C) Päällysrakenne | Teräs | Pääkannattaja

Ristikko 3-4 0.3-1 (C) Päällysrakenne | Teräs | Pääkannattaja

Ristikko 4-5 0.3-1 (C) Päällysrakenne | Teräs | Pääkannattaja

Palkisto 5-6 0.3-1 (C) Päällysrakenne | Pääkannattaja

Palkisto (jalkakäytävä) 1-6 0-0.3 (C) Päällysrakenne

Valitaan ristikko 2-3 0.3-1 (C)
Aukeaa jälleen rakennekuvauksen mukainen alavetovalikko ristikön 2-3 0.3-1 osalta

Ristikko 2-3 0.3-1 (C) Päällysrakenne | Teräs | Pääkannattaja

Yläpaarre 2-3 V (C) Päällysrakenne | Teräs

Yläpaarre 2-3 O (C) Päällysrakenne | Teräs

Alapaarre 2-3 V (C) Päällysrakenne | Teräs

Alapaarre 2-3 O (C) Päällysrakenne | Teräs

Diagonaali 2,3 V (C) Päällysrakenne | Teräs

Diagonaali 2,3 O (C) Päällysrakenne | Teräs

Diagonaali 2-3 V (C) Päällysrakenne | Teräs

Diagonaali 2-3 O (C) Päällysrakenne | Teräs

Valitaan, että niitit sijaitsevat yläpaarteen 2-3 V ja diagonaalin 2-3 V liitoskohdassa

2(2)

Tällä sivulla havainnollistetaan niittien/pulttien ultraäänitestauksen tuloksien kirjaaminen edellisellä sivulla valitulle liitokselle.

Valittu liitos **Yläpaarre 2-3 V (C)** Päälysrakenne | Teräs
Diagonaali 2-3 V (C) Päälysrakenne | Teräs

Pituusuuntainen sijainti

Poikittaissuuntainen sijainti

Korkeussuuntainen sijainti

Näytteen/tutkimuksen tunnus

Liitoksen niitit/pultit kpl

Tutkitut niitit/pultit kpl

Kuntoluokka 0 kpl ?

Kuntoluokka 1 kpl

Kuntoluokka 2 kpl

Kommentti

Liitoskohta sijaitsee välitukien 2 ja 3 noin puolessa välissä.

Inventointisuuntaan katsottuna sillan vasemmassa reunassa.

Tässä tapauksessa korkeussuuntaista sijaintia ei tarvita.

Tunnus määrittäisi automaattisesti liitoksen valittujen rakenneosien mukaan.

- 0 = pohjakaiku, niitti on kunnossa: Niitistä saadaan selkeä takaseinäkaiku.
 - 1 = muoto-/vikakaiku (niitissä on mahdollisesti vikoja): Niitistä saadaan vikanäyttämä tai muodon aiheuttama näyttämä, mutta myös pohjakaiku niitin oletuspituudesta. Niitissä on täten muodosta johtuva näyttämä tai materiaali ei ole täysin homogeeninen.
 - 2 = ei pohjakaikua (niitti on poikki): Niitistä saadaan selkeä vikakaiku, eikä niitistä saada merkkiä pohjakaiusta. (Liikenneviraston ohjeita 28/2018, liite 1)

Dokumentit

Lisää dokumentti



- [+ Lisää uusi](#)
- [Kopioi edellinen](#)
- [Linkitä vauriohavaintoon](#)

Tutkimustulokset voidaan linkittää vauriohavaintoon poikki olevan niitin osalta.

Liite 4. Hitsivirheiden kirjaaminen

1(2)

Tällä sivulla määritellään mistä sillan liitoskohdasta hitsivirheitä on tutkittu.

Sijainnin valitseminen tapahtuu Taitorakennerekisteristä löytyvän sillan rakennekuvauksen avulla.

Hitsivirheiden tutkimustulokset

Tutkimustapahtuma

Tutkimuspäivämäärä

Välilehteen aukeaa rakenteen rakennekuvaus - valitaan päärakenneosa

Alusrakenne

Päällysrakenne

Pintarakenne

Varusteet ja laitteet

Siltapaikan rakenteet

Oikeat rakenneosat valitaan klikkaamalla ne järjestelmästä.

Tämän jälkeen aukeaa kyseisen sillan päällysrakenteen rakenneosat

Päällysrakenne

Ristikko 1-2 V/O (C) Päällysrakenne | Pääkannattaja

Valitaan ristikko 1-2 V/O (C)
Aukeaa jälleen rakennekuvauksen mukainen alavetovalikko ristikon 1-2 V/O osalta

Ristikko 1-2 V/O (C) Päällysrakenne | Pääkannattaja

Yläpaarre 1-2 V (C) Päällysrakenne | Teräs

Yläpaarre 1-2 O (C) Päällysrakenne | Teräs

Alapaarre 1-2 V (C) Päällysrakenne | Teräs

Alapaarre 1-2 O (C) Päällysrakenne | Teräs

Diagonaali 1,2 V (C) Päällysrakenne | 2 kpl | Teräs

Diagonaali 1,2 O (C) Päällysrakenne | 2 kpl | Teräs

Diagonaali 1-2 V (C) Päällysrakenne | 8 kpl | Teräs

Diagonaali 1-2 O (C) Päällysrakenne | 8 kpl | Teräs

Pystyside 1-2 V (C) Päällysrakenne | 7 kpl | Teräs | Maalaus

Valitaan, että hitsivirhe sijaitsee alapaarteen 1-2 V ja pystysiteen 1-2 V liitoskohdassa

2(2)

Tällä sivulla havainnollistetaan hitsivirheiden tuloksien kirjaaminen edellisellä sivulla valitulle liitokselle.

Valittu liitos **Alapäärre 1-2 V (C) Päällysrakenne | Teräs**
Pystyside 1-2 V (C) Päällysrakenne | 7 kpl | Teräs | Maalaus

Pituusuuntainen sijainti Liitokohta sijaitsee välitukien 1 ja 2 alkupäässä.

Poikittaisuuntainen sijainti Inventointisuuntaan katsottuna sillan vasemmassa reunassa.

Korkeusuuntainen sijainti Tässä tapauksessa korkeusuuntaista sijaintia ei tarvita.

Näytteen/tutkimuksen tunnus Tunnus määrittäisi automaattisesti liitoksen valittujen rakenneseinien mukaan.

Sisältää hitsivirheen Kyllä
 Ei


Tutkimusmenetelmä Ultraäänitutkimus

Virheen sijainti hitsissä **Tutkimusmenetelmät**

Virhetyyppi

Kommentti

Dokumentit



Lisää uusi

Kopioi edellinen

Linkitä vauriohavaintoon

Tutkimustulokset voidaan linkittää vauriohavaintoon hitsivirheen osalta.

Pintavirheet:
Halkeama
Kraatterihalkeama
Pintahuokonen
Avoin imuontelo
Liitosvirhe
Mikroliitosvirhe
Vajaa hitsautumissyvyys juuressa
Jatkuva reunahaava
Katkonainen reunahaava
Juurenpuoleinen reunahaava
Korkea kupu (päittäishitsi)
Korkea kupu pienahitsissä
Korkea juurikupu
Jyrkkä liittyminen
Valuma
Vajonnut hitsi
Vajaa kupu
Läpivalunut hitsi
Kateettipoikkeama
Vajaa juuri
Huokoisuus juuressa
Uudelleenaloitusvirhe
Liian pieni a-mitta
Liian suuri a-mitta
Syttyjätkä
Roiskeet
Päästövänt

Sisäiset virheet:
Halkeama
Mikrohalkeama
Huokonen
Tasaisesti jakautunut huokoisuus
Huokosryhmät
Huokosjono
Pitkänomainen huokonen
Madonreikähuokonen
Kutistumiskalo
Imuontelo
Sulkeuma
Kunonansulkeuma
Juoksutesulkeuma
Oksidisulkeuma
Metallisulkeuma
Kuparisulkeuma
Liitosvirhe
Vajaa hitsautavuus

Liitosvirheet:
Tasonomainen sovitusvirhe
Levyjen tasonomainen sovitusvirhe
Putkien tasonomainen sovitusvirhe
Sovitusvirhe pienahitsissä

Virhetyypit on lueteltu standardin SFS-EN ISO 5817:2023 mukaisesti.

Liite 5. Säröjen tutkimustuloksien kirjaaminen

1(2)

Tällä sivulla määritellään mistä sillan rakenneosasta säröjä on tutkittu.

Sijainnin valitseminen tapahtuu Taitorakennerekisteristä löytyvän sillan rakennekuvauksen avulla.

Säröjen tutkimustulokset

Tutkimustapahtuma

Tutkimuspäivämäärä

Välilehteen aukeaa rakenteen rakennekuvaus - valitaan pää rakenneosa

Alusrakenne

Päällysrakenne

Pintarakenne

Varusteet ja laitteet

Siltapaikan rakenteet

Oikeat rakenneosat valitaan klikkaamalla ne järjestelmästä.

Tämän jälkeen aukeaa kyseisen sillan päällysrakenteen rakenneosat

Päällysrakenne

Palkisto 1-2 V/O (C) Päällysrakenne

Poikkikannattaja 1-2 V/O (C) Päällysrakenne | Teräs

Palkki 1-2 1 (C) Päällysrakenne | Teräs | Pääkannattaja

Uuma 1-2 1 (C) Päällysrakenne | Teräs

Alalaippa 1-2 1 (C) Päällysrakenne | Teräs

Ylälaippa 1-2 1 (C) Päällysrakenne | Teräs

Vaarna 1-2 1 (C) Päällysrakenne | Teräs

Palkki 1-2 2 (C) Päällysrakenne | Teräs | Pääkannattaja

Poikkikannattaja 1-2 V/O (C) Päällysrakenne | Teräs

Valitaan, että tutkittu särö sijaitsee palkin 1-2 1 alalaipassa

Tällä sivulla havainnollistetaan säröjen tutkimustuloksien kirjaaminen edellisellä sivulla valitulle rakenneosalle.

Valittu rakenneosa **Alalaippa 1-2 1 (C) Päällysrakenne | Teräs**

Pituusuuntainen sijainti Tutkittu särö sijaitsee alalaipan loppupäässä.

Poikittaisuuntainen sijainti Inventointisuuntaan katsottuna sillan vasemmanpuoleisessa palkissa.

Korkeusuuntainen sijainti Tässä tapauksessa korkeusuuntaista sijaintia ei tarvita.

Näytteen/tutkimuksen tunnus Tunnus määrittäisi automaattisesti valitun rakenneosan mukaan.

Tutkimusmenetelmä Magneettijauhututkimus + Magneettijauhututkimus
Ultraäänitutkimus + Silmämääräinen
Ultraäänitutkimus
Magneettijauhututkimus
Röntgenitutkimus
Tunkeumanestetutkimus
Pyörrevirtamittaus

Havaitut säröt

Havaittu särö Kyllä Ei

Särön 1 pituus + mm Tutkimusmenetelmiä on mahdollisuus valita useampi mikäli aluksi on käytetty magneettijauhementelmää ja tämän jälkeen tarkennettu ultraäänitutkimuksella havaintoa säröstä.


Särön 1 syvyys + mm

Särön 2 pituus mm

Särön 2 syvyys mm

Kommentti

Dokumentit Lisää dokumentti Mikäli on löytynyt enemmän kuin yksi särö, voidaan säröjä lisätä (+)-painikkeesta. Säröistä syötetään arvioitu pituus ja syvyys mikäli mahdollista.

 Dokumenteihin voidaan lisätä esimerkiksi kuva särö-kohtasta ja ultraäänitutkimuksen raportti.

+ Lisää uusi

📄 Kopioi edellinen

🔗 Linkitä vauriohavaintoon Tutkimustulokset voidaan linkittää rakenneosan vauriohavaintoon, mikäli sellainen on aiemmin kirjattu. Lisäksi tiedot linkittyvät rakennekuvaukseen rakenneosan kohdalle automaattisesti.

Liite 6. Kuivakalvopaksuus mittauksien kirjaaminen

1(3)

Tällä sivulla määritellään mistä sillan rakenneosasta kuivakalvopaksuudet on mitattu.

Sijainnin valitseminen tapahtuu Taitorakennerekisteristä löytyvän sillan rakennekuvauksen avulla.

Kuivakalvopaksuuksien mittauksien tulokset

Tutkimustapahtuma

Tutkimuspäivämäärä

Välilehteen aukeaa rakenteen rakennekuvaus - valitaan pää rakenneosa

Alusrakenne

Pintarakenne

Varusteet ja laitteet

Siltapaikan rakenteet

Oikeat rakenneosat valitaan klikkaamalla ne järjestelmästä.

Tämän jälkeen aukeaa kyseisen sillan rakennekuvausta vastaava valikko

Päälysrakenne

Valitaan ristikko 1-2 V/O (C)

Aukeaa jälleen rakennekuvauksen mukainen alavetovalikko ristikon 1-2 V/O osalta

Ristikko 1-2 V/O (C) Päälysrakenne | Pääkannattaja

Yläpaarre 1-2 O (C) Päälysrakenne | Teräs

Alapaarre 1-2 O (C) Päälysrakenne | Teräs

Diagonaali 1,2 O (C) Päälysrakenne | 2 kpl | Teräs

Diagonaali 1-2 O (C) Päälysrakenne | 8 kpl | Teräs

Valitaan, että mittaukset on tehty alapaarteelle 1-2 V

Tällä sivulla havainnollistetaan kuivakalvopaksuuksien kirjaaminen edellisellä sivulla valitulle rakenneosalle.

Valittu rakenneosa **Alapaarre 1-2 V (C)** Päälysrakenne | Teräs

Pituusuuntainen sijainti

Poikittaisuuntainen sijainti

Korkeusuuntainen sijainti

Näytteen/tutkimuksen tunnus

Mittalaite

Mittauksia # kpl

Keskiarvo μm ?

Keskihajonta μm

Nimelliskuivakalvonpaksuus μm

Kommentti

Dokumentit

Kuivakalvopaksuus mittauksien yhteenveto

Ristikko 1-2 V/O ?

Yläpaarteet

Mittauksia # kpl

Keskiarvo μm ?

Keskihajonta μm

Nimelliskuivakalvonpaksuus μm

Alapaarteet

Mittauksia # kpl

Keskiarvo μm ?

Keskihajonta μm

Nimelliskuivakalvonpaksuus μm

Kohta voidaan jättää tyhjäksi sillä alapaarre kulkee koko tukivälän 1-2 välillä

Inventointisuuntaan katsottuna sillan vasemmalla reunassa.

Tässä tapauksessa korkeusuuntaista sijaintia ei tarvita.

Tunnus määrittäisi automaattisesti valitun rakenneosan mukaan.

Vihreä: Kuivakalvojen keskiarvo on vähintään yhtäsuuri kuin nimelliskuivakalvonpaksuus.

Oranssi: Kuivakalvojen keskiarvo on pienempi tai yli 2-kertaa suurempi kuin nimelliskuivakalvonpaksuus, mutta se alittuu/yliittyy enintään 20 prosentilla.

Punainen: Kuivakalvojen keskiarvo on pienempi tai yli 2-kertaa suurempi kuin nimelliskuivakalvonpaksuus, ja se alittuu/yliittyy vähintään 20 prosentilla.

Huom! Kuivakalvopaksuuksien värikoodauksen raja-arvot tulee määrittellä Väyläviraston puolesta. Tämä ohjeistus toimii esimerkkinä!

Syötetyt tiedot linkittyvät rakennekuvaukseen rakenneosan kohdalle automaattisesti.

Lopuksi kun kaikki kuivakalvopaksuuksien mittaustulokset on syötetty, muodostaa Taitorakennerekisteri yhteenvetoon eri rakenneosatyyppeittäin.

3(3)

Diagonaalit

Mittauksia #	<input type="text" value="100"/> kpl	
Keskiarvo	<input type="text" value="170,85"/> µm	<input type="text" value="?"/>
Keskihajonta	<input type="text" value="15,90"/> µm	
Nimelliskuivakalvonpaksuus	<input type="text" value="160,00"/> µm	

Pystysiteet

Mittauksia #	<input type="text" value="40"/> kpl	
Keskiarvo	<input type="text" value="212,10"/> µm	<input type="text" value="?"/>
Keskihajonta	<input type="text" value="28,28"/> µm	
Nimelliskuivakalvonpaksuus	<input type="text" value="160,00"/> µm	

Tuulisiteet

Mittauksia #	<input type="text" value="20"/> kpl	
Keskiarvo	<input type="text" value="192,45"/> µm	<input type="text" value="?"/>
Keskihajonta	<input type="text" value="26,19"/> µm	
Nimelliskuivakalvonpaksuus	<input type="text" value="160,00"/> µm	

Palkisto

Mittauksia #	<input type="text" value="50"/> kpl	
Keskiarvo	<input type="text" value="185,65"/> µm	<input type="text" value="?"/>
Keskihajonta	<input type="text" value="22,95"/> µm	
Nimelliskuivakalvonpaksuus	<input type="text" value="160,00"/> µm	

Kommentti

Dokumentit [Lisää dokumentti](#)

Liite 7. Maalityypin/pinnoitteen määrittämisen kirjaaminen

1(2)

Tällä sivulla määritellään mistä sillan rakenneosasta maalityyppi/pinnoite on määritetty.

Sijainnin valitseminen tapahtuu Taitorakennerekisteristä löytyvän sillan rakennekuvauksen avulla.

Maalityypin/pinnoitteen määrittämisen tutkimustulokset

Tutkimustapahtuma

Tutkimuspäivämäärä

Välilehteen aukeaa rakenteen rakennekuvaus - valitaan päärakenneosa

Alusrakenne

Päällysrakenne

Oikeat rakenneosat valitaan klikkaamalla ne järjestelmästä.

Pintarakenne

Varusteet ja laitteet

Siltapaikan rakenteet

Tämän jälkeen aukeaa kyseisen sillan päällysrakenteen rakennekuvausta vastaava valikko

Päällysrakenne

Ristikko 1-2 V/O (C) Päällysrakenne | Pääkannattaja

Valitaan ristikko 1-2 V/O (C)
Aukeaa jälleen rakennekuvauksen mukainen alasetoalikko ristikon 1-2 V/O osalta

Ristikko 1-2 V/O (C) Päällysrakenne | Pääkannattaja

Yläpaarre 1-2 V (C) Päällysrakenne | Teräs

Yläpaarre 1-2 O (C) Päällysrakenne | Teräs

Alapaarre 1-2 V (C) Päällysrakenne | Teräs

Alapaarre 1-2 O (C) Päällysrakenne | Teräs

Diagonaali 1,2 V (C) Päällysrakenne | 2 kpl | Teräs

Diagonaali 1,2 O (C) Päällysrakenne | 2 kpl | Teräs

Diagonaali 1-2 V (C) Päällysrakenne | 8 kpl | Teräs

Diagonaali 1-2 O (C) Päällysrakenne | 8 kpl | Teräs

Valitaan, että tutkimukset on tehty yläpaarteelle 1-2 O

Liite 8. Haitta-aineiden tutkimustulosten kirjaaminen

1(2)

Tällä sivulla määritellään mistä sillan rakenneosasta haitta-aineet on tutkittu.

Sijainnin valitseminen tapahtuu Taitorakennerekisteristä löytyvän sillan rakennekuvauksen avulla.

Haitta-aineiden tutkimustulokset

Tutkimustapahtuma

Tutkimuspäivämäärä

Välilehteen aukeaa rakenteen rakennekuvaus - valitaan päärakenneosa

Alusrakenne

Päällysrakenne

Pintarakenne

Varusteet ja laitteet

Siltapaikan rakenteet

Oikeat rakenneosat valitaan klikkaamalla ne järjestelmästä.

Tämän jälkeen aukeaa kyseisen sillan varusteyiden ja laitteiden rakennekuvausta vastaava valikko

Varusteet ja laitteet

Kaiteet (G) Kaiteet

Valaisin (Pinta-asennus) 1.2 0.5 (K) Muut varusteet | 2 kpl | Teräs

Valaisin (Pinta-asennus) 1.5 0.5 (K) Muut varusteet | 2 kpl | Teräs

Laakeristo 1 V/O (I) Laakerit

Laakeristo 2 V/O (I) Laakerit

Liikuntasaumalaite (Turkkilevy) 1 V/O (H) Liikuntasaumat | Teräs

Liikuntasaumalaite (Turkkilevy) 2 V/O (H) Liikuntasaumat | Teräs

Kuivatuslaitteet (J) Kuivatus

Valitaan Kaiteet ja aukea kaiteiden osalta alavetovalikko

Varusteet ja laitteet

Kaiteet (G) Kaiteet

Siltakaide (Korkea sälekaide/jkpt) 1-2 V (G) Kaiteet | Maalauspinta-ala: 0,81 m2

Siltakaide (Korkea sälekaide/jkpt) 1-2 O (G) Kaiteet | 2 kpl | Maalauspinta-ala: 0,81 m2

Tiekaiteet (G) Kaiteet

Valaisin (Pinta-asennus) 1.2 0.5 (K) Muut varusteet | 2 kpl | Teräs

Valaisin (Pinta-asennus) 1.5 0.5 (K) Muut varusteet | 2 kpl | Teräs

Valitaan, että haitta-aineiden mittaukset koskevat vasemman puolen sillankaidetta

Tällä sivulla havainnollistetaan tutkittujen haitta-aineiden kirjaaminen edellisellä sivulla valitulle rakenneosalle.

Valittu rakenneosa **Siltakaide (Korkea sälekaide/jkpt) 1-2 V (G)**

Pituusuuntainen sijainti

Poikittaisuuntainen sijainti

Korkeusuuntainen sijainti

Näytteen/tutkimuksen tunnus **SK-1-2-V**

Tässä tapauksessa tarkempia sijainteja ei tarvita.

Tunnus määrittäisi automaattisesti valitun rakenneosan mukaan.

Mittausepävarmuudet

Mittausepävarmuuksien vaikutus otettu huomioon värikoodauksessa. Väylävirasto määrittelee linjauksen.

PCB-pitoisuus (50) mg/kg

Ei tutkittu

?

Yli 50 mg/kg PCB-yhdisteitä sisältävä purkujäte käsitellään PCB-jätteenä (Ratu 82-0382).

Raskasmetallit

Antimoni (25000*) mg/kg

Arseeni (2500*) mg/kg

Kadium (2500*) mg/kg

Koboltti (380*) mg/kg

Kromi (1000*) mg/kg

Kupari (1000*) mg/kg

Nikkeli (380*) mg/kg

Lyijy (2500*/1500**) mg/kg

Sinkki (2500*) mg/kg

Vanadiini (5600*) mg/kg

Ei tutkittu

?

*Raja-arvon ylittyessä käsitellään vaarallisena jätteenä (Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:2, Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi, päivitetty opas)
** Yli 1500 mg/kg lyijyä sisältävä saumausmateriaali on suositeltavaa käsitellä vaarallisena jätteenä (Ratu 82-0382).

PAH-pitoisuus (200) mg/kg

Ei tutkittu

?

Yli 200 mg/kg (kokonaispitoisuus, 16-yhdistettä) raja-arvon ylittyessä käsitellään vaarallisena jätteenä (Ratu 82-0382).

Sisältää asbestia Kyllä

Ei

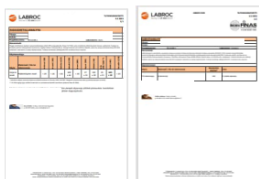
Ei tutkittu

Kommentti

Käsiteltävä vaarallisena jätteenä!

Dokumentit

Lisää dokumentti



Lisää uusi



Kopioi edellinen

Syötetyt haitta-ainetiedot linkittyvät rakennekuvaukseen rakenneosan kohdalle automaattisesti

Liite 9. Näytteenoton ja testauksen tutkimustuloksien kirjaaminen

1(2)

Tällä sivulla määritetään mistä sillan rakenneosasta näyte on otettu ja testautettu.

Sijainnin valitseminen tapahtuu Taitorakennerekisteristä löytyvän sillan rakennekuvauksen avulla.

Teräsrakenteen näytteenoton ja testauksen tulokset

Tutkimustapahtuma

Tutkimuspäivämäärä

Välilehteen aukeaa rakenteen rakennekuvaus - valitaan pää rakenneosa

Alusrakenne

Päällysrakenne

Pintarakenne

Varusteet ja laitteet

Sillapaikan rakenteet

Oikeat rakenneosat valitaan klikkaamalla ne järjestelmästä.

Tämän jälkeen aukeaa kyseisen sillan päällysrakenteen rakenneosat

Päällysrakenne

Ristikko 1-2 V/O (C) Päällysrakenne | Pääkannattaja

Valitaan ristikko 1-2 V/O (C)

Aukeaa jälleen rakennekuvauksen mukainen alasettovalikko ristikon 1-2 V/O osalta

Ristikko 1-2 V/O (C) Päällysrakenne | Pääkannattaja

Yläpaarre 1-2 V (C) Päällysrakenne | Teräs | Maalaus

Yläpaarre 1-2 O (C) Päällysrakenne | Teräs | Maalaus

Alapaarre 1-2 V (C) Päällysrakenne | Teräs | Maalaus

Alapaarre 1-2 O (C) Päällysrakenne | Teräs | Maalaus

Diagonaali 1,2 V (C) Päällysrakenne | Teräs | Maalaus

Diagonaali 1,2 O (C) Päällysrakenne | Teräs | Maalaus

Diagonaali 1-2 V (C) Päällysrakenne | 6 kpl | Teräs | Maalaus

Diagonaali 1-2 O (C) Päällysrakenne | 6 kpl | Teräs | Maalaus

Pystyside 1-2 V (C) Päällysrakenne | 7 kpl | Teräs | Maalaus

Pystyside 1-2 O (C) Päällysrakenne | 7 kpl | Teräs | Maalaus

Tuuliside (alapuolinen) 1-2 V/O (C) Päällysrakenne

Poikkikannattaja (alapuolinen) 1-2 V/O (C) Päällysrakenne | 9 kpl

Palkisto 1-2 V/O (C) Päällysrakenne

Valitaan, että näytepala on otettu pystysiteestä 1-2 O

2(3)

Tällä sivulla havainnollistetaan näytteenoton ja testauksen vetolujuuksien ja iskutkeyden kirjaaminen edellisellä sivulla valitulle rakenneosalle.

Valittu rakenneosa **Pystyside 1-2 O (C)** Päällysrakenne

Pituusuuntainen sijainti → Näytteenotto kohta sijaitsee välitukien 1 ja 2 noin puolivälissä.

Poikittaisuuntainen sijainti → Inventointisuuntaan katsottuna sillan oikeassa reunassa.

Korkeusuuntainen sijainti → Korkeussuunnassa sijaitsee lähes pystysiteen päässä

Näytteen/tutkimuksen tunnus → Tunnus määrittäisi automaattisesti valitun rakenneosan mukaan.

Ainevahvuus (t) mm

Vetolujuuskokeen tulokset

Ei tutkittu

Myötölujuus (fy) N/mm² ?

Murtolujuus (fu) N/mm²

Murtovenymä %

Teräs vastaa myötölujuusvaatimuksiltaan vähintään

Kysymysmerkki-painikkeesta voisi aueta standardien mukaiset taulukot teräsrakenteiden myötö- ja murtolujuuksien nimellisarvoista.

▼

Iskusitkeyskokeen tulokset

Ei tutkittu

Iskutyön keskiarvo J

Koelämpötila °C ?

Iskusitkeyden luokka ▼

Iskusitkeys			Koelämpötila
Iskuenergia jouleina (J)			
27J	40J	60J	°C
JR	KR	LR	20
J0	K0	L0	0
J2	K2	L2	-20
J3	K3	L3	-30
J4	K4	L4	-40
J5	K5	L5	-50
J6	K6	L6	-60

Lähde: EN 10027-1:2016

Rakenneosan teräslaji: →

Teräslaji muuttuu vihreäksi, sillä syötetyt tulokset vastaavat teräksen alkuperäisiä vaatimuksia.

Tällä sivulla havainnollistetaan näytteenoton ja testauksen alkuaineanalyysin tuloksien kirjaaminen ensimmäisellä sivulla valitulle rakenneosalle.

Alkuaineanalyysin tulokset teräslajille S 235J2

Tutkimusmenetelmä

Laboratorioanalyysi
 Laboratorioanalyysi
 XRF-mittauslaite
 Valinnainen

Ei tutkittu

C	0,077 %max	Cr	0,013 %max
Si	0,024 %max	Mo	0,028 %max
Mn	0,415 %max	Ni	0,037 %max
P	0,003 %max	Al	0,005 %max
S	0,057 %max	Co	0,027 %max
N	%max	Nb	0,005 %max
Cu	0,064 %max	Ti	0,001 %max
V	0,002 %max	Ce	N/A %max
W	0,04 %max	B	0,001 %max
Pb	0,01 %max	Zn	N/A %max
Sn	0,025 %max	La	N/A %max
As	0,192 %max	Pd	N/A %max
Zr	0,003 %max	Ta	N/A %max
Ca	N/A %max	Fe	98,7 %max

Kysymysmerkki-painikkeesta voisi tässä kohtaa aueta standardien mukaiset taulukot eri teräslajien alkuaineiden maksimi-arvoista.

Taitorakennekisteriä olisi kuitenkin määritelty eri teräslajeille alkuainepitoisuuksien raja-arvot.

Apuna havainnollistamiseen voisi käyttää värikoodausta:

Vihreä: Allittaa raja-arvon
 Punainen: Ylittää raja-arvon
 Valkoinen: Ei vaikutusta

Hiilikvivalentin arvo (Cekv): 0,16 %max

Kysymysmerkki-painikkeesta voisi tässä kohtaa aueta standardien mukaiset taulukot sulatusanalyysin perustuvista hiilikvivalentin enimmäisarvoista.

Raja-arvot olisivat kuitenkin tässäkin tapauksessa määritelty Taitorakennekisteriin automaattisesti.

Alkuaineanalyysin tuloksien perusteella:

Teräs on hitsattavaa Kyllä Ei

Teräksen hitsattavuus ja kuumasinkitysluokka päivittyisi automaattisesti alkuaineanalyysin perusteella.

Kuumasinkitysluokka A B C D

Taulukko 1 Teräksen koostumuksen liittyvät pinnottusominaisuudet

Luokka	Tyypilliset reagoivat alkuaineet% (maksimiarvot)	Lisälietia	Tyypilliset pinnottusominaisuudet
A	c 0,03 % P ja c 0,02 % P	Ks. HUOM. 1 ja HUOM. 4	Pinnottusominaisuudet on kiiltävä ja pinta-alueen tasaisempi. Pinnottuksen rakenne sisältää ohuimman sinkikerroksen.
B	≥ 0,14...0,25 % Si	Maat alkuaineet voivat myös vaikuttaa teräksen reaktiivisuuteen. Erityisesti sil 0,025 % Si- ja teräsohjeet lisäävät reaktiivisuutta.	Pinnottusominaisuus voi olla kiiltävä tai mattapintainen. Pinnottuksen rakenteeseen voi sisällyä ohuimpi sinkikerros tai rauta-sinkiseos, joka voi alustaa pinnottuksen pintaan teräksen kemiallisesta sointumuksesta riippuen.
C	0,04...0,14 % Si	Liian suurien korroosiokestävyyden muodostumisen on mahdollista.	Pinnottusominaisuus on tumempi ja pinta-alueen on karkea. Pinnottuksen rakenteeseen on esitetty rauta-/sinkiseosta, joka alustavat usein pinnottuksen pintaan ja sillä on heikompi käsitelykestävyys.
D	≥ 0,25 % Si	Pinnottusominaisuus liiallisesti pinnottusominaisuuden kaarensa.	

HUOM. 1 Teräksillä, joiden kemiallinen koostumus on alkuilla Si = 0,03 % ja Si = 2,5P + 0,09 % on myös nämä ominaisuudet. Kytänsävaltuutulla teräksillä esiintyy nämä ominaisuudet, kun teräksen koostumus on alkuilla Si = 2,5P + 0,04 %.

HUOM. 2 Seosaineksen (aini. sinkiä tai alumiini) esiintymä määrää sinkiä voi vaikuttaa merkittävästi taulukossa esitetyistä pinnottusominaisuuksista. Tästä taulukosta ei anneta ohjeita korkeissa lämpötiloissa suoritettavan kuumasinkityksen (ja siihen liittyvän sinkityksen) lämpötiloissa 530...560 °C.

HUOM. 3 Tästä taulukosta esitetyistä teräksien kemialliset koostumukset vaikuttavat muiden tekijöiden vaikutuksesta, ja lisäksi alueen rajat vaihtelevat vastaavasti.

HUOM. 4 Teräksillä, joiden koostumus on c 0,01 % Si ja joiden alumiinipitoisuus on c 0,015 %, voi olla vähemmän reaktiivisuus, mikä voi johtaa odotettua vähäisempään pinnottuksen paksuuteen. Näiden terästen pinnottusominaisuudet voivat olla erilaiset.

HUOM. 5 Noin sinkittävissä tarkoitetaan tuotteen rakenne voi vaikuttaa pinnottusominaisuuksiin.

Lisää dokumentti

Lisää uusi
 Kopioi edellinen

Dokumenteihin laboratorion saadut mittauspöytäkirjat ja kuva näytteenotto paikasta.

Lisäksi tiedot näytteenotosta ja testauksesta päivittyisivat automaattisesti rakennekuvaan "pystyside 1-2 O" kohdalle.

Liite 10. Ruostumisasteen tutkimustuloksien kirjaaminen

1(1)

Ruostumisasteen määrittäminen aloitetaan valitsemalla mille rakenneosalle ruostumisaste määritellään. Sijainnin valitseminen tapahtuu Taitorakennerekisteristä löytyvän sillan rakennekuvausten avulla.

Ruostumisasteen määrittäminen erikoistarkastuksissa

Tutkimustapahtuma

Tutkimuspäivämäärä

Välilehteen aukeaa rakenteen rakennekuvaus - valitaan pää rakenneosa

Alusrakenne

Päälysrakenne

Pintarakenne

Varusteet ja laitteet

Siltapaikan rakenteet

Oikeat rakenneosat valitaan klikkaamalla ne järjestelmästä.

Tämän jälkeen aukeaa kyseisen sillan rakennekuvausta vastaava valikko päälysrakenteen osalta

Päälysrakenne

Palkisto 1-2 V/O (C) Päälysrakenne | Pääkannattaja

Palkisto 2-3 V/O (C) Päälysrakenne | Pääkannattaja

Valitaan palkki 1-2 V/O (C)
Aukeaa jälleen rakennekuvausten mukainen alusvalikko palkiston 1-2 V/O osalta

Palkisto 1-2 V/O (C) Päälysrakenne

Palkki 1-2 1 (C) Päälysrakenne | Teräs

Palkki 1-2 2 (C) Päälysrakenne | Teräs

Valitaan, että ruostumisaste määritetään palkille 1-2 1

Näytteen/tutkimuksen tunnus

LAAJUUS

RI 1 0,05 %

RI 2 0,5 %

RI 3 1 %

RI 4 8 %

RI 5 40-50 %

Tunnus määrittäisi automaattisesti valitun rakenneosan mukaan.

Kommentti

Dokumentit

Lisää uusi

Kopioi edellinen

Liite 11. Ainevahvuus tutkimustuloksien kirjaaminen

1(2)

Tällä sivulla määritetään mistä sillan rakenneosasta ainevahvuus on tutkittu.

Sijainnin valitseminen tapahtuu Taitorakennerekisteristä löytyvän sillan rakennekuvauksen avulla.

Ainevahvuuden määrittäminen ultraäänitutkimuksella

Tutkimustapahtuma

Tutkimuspäivämäärä

Välilehteen aukeaa rakenteen rakennekuvaus - valitaan pää rakenneosa

Alusrakenne

Pintarakenne

Varusteet ja laitteet

Siltapaikan rakenteet

Oikeat rakenneosat valitaan klikkaamalla ne järjestelmästä.

Tämän jälkeen aukeaa kyseisen sillan rakennekuvausta vastaava valikko päälysrakenteen osalta

Päälysrakenne

Palkisto 1-2 V/O (C) Päälysrakenne | Pääkannattaja

Ristikko 2-3 V/O (C) Päälysrakenne | Teräs | Pääkannattaja

Ristikko 3-4 V/O (C) Päälysrakenne | Teräs | Pääkannattaja

Palkisto 4-5 V/O (C) Päälysrakenne | Pääkannattaja

Kansilaatta 1-5 V/O (C) Päälysrakenne | Puu

Valitaan ristikko 2-3 V/O (C)
Aukeaa jälleen rakennekuvauksen mukainen alasvetovalikko ristikön 2-3 V/O osalta

Ristikko 2-3 V/O (C) Päälysrakenne | Teräs | Pääkannattaja

Yläpaarre 2-3 V (C) Päälysrakenne | Teräs

Yläpaarre 2-3 O (C) Päälysrakenne | Teräs

Alapaarre 2-3 V (C) Päälysrakenne | Teräs

Alapaarre 2-3 O (C) Päälysrakenne | Teräs

Diagonaali 2-3 V (C) Päälysrakenne | Teräs

Diagonaali 2-3 O (C) Päälysrakenne | Teräs

Pystyside 2-3 V (C) Päälysrakenne | Teräs

Pystyside 2-3 O (C) Päälysrakenne | Teräs

Mikäli kyseessä olisi kahden rakenneosan liitos, voitaisiin tällöin valita kaksi rakenneosaa.

Valitaan, että ainevahvuus on mitattu alapaarteesta 2-3 V

Tällä sivulla havainnollistetaan tutkittujen ainevahvuustuloksien kirjaaminen edellisellä sivulla valitulle rakenneosalle.

Valittu rakenneosa **Alapaarre 2-3 V (C)** Päällysrakenne | Teräs

Pituusuuntainen sijainti Tutkittu särö sijaitsee alapaarteen alkupäässä.

Poikittaisuuntainen sijainti Inventointisuuntaan katsottuna sillan vasemman alapaarteen kohdalla.

Korkeusuuntainen sijainti Tässä tapauksessa korkeusuuntaista sijaintia ei tarvita.

Näytteen/tutkimuksen tunnus Tunnus määrittyisi automaattisesti valitun rakenneosan mukaan.

Mittauskohta Alapinta
 Yläpinta
 Sivupinta

Alkuperäinen ainevahvuus mm

Mitattu ainevahvuus mm Ainevahvuus on pienentynyt alkuperäisestä, joten ruostumisvaurio on erittäin vakava.

Kommentti

Dokumentit [Lisää dokumentti](#)

[+ Lisää uusi](#)

[📄 Kopioi edellinen](#)

[🔗 Linkitä vauriohavaintoon](#) Tutkimustulokset voidaan linkittää rakenneosan ruostumisen vauriohavaintoon.

Liite 12. Putkisiltojen tarkastushavaintojen kirjaaminen

1(1)

Putkisiltojen tarkastushavaintojen syöttäminen aloitetaan valitsemalla rakenneosaksi "putki".
Sijainnin valitseminen tapahtuu Taitorakennerekisteristä löytyvän sillan rakennekuvausten avulla.

Putkisillan tarkastushavainnotTutkimustapahtuma Tutkimuspäivämäärä

Välilehteen aukeaa rakenteen rakennekuvaus - valitaan pää rakenneos

Päälysrakenne ^

Putki 1-2 V/O (C) Päälysrakenne | 19 * 2,5 * 2,5 m | Teräs | Kuumasinkitys | Pääkannattaja

Oikeat rakenneosat valitaan klikkaamalla ne järjestelmästä.

Ympäristäyttö 1-2 V/O (C) Päälysrakenne | Murskattu kiviaines

Varusteet ja laitteet v

Siltapaikan rakenteet v

Valitaan päälysrakenne ja putki 1-2 V/O

Tarkastushavainnot

Putki 1-2 V/O (C) Päälysrakenne | 19 * 2,5 * 2,5 m | Teräs | Kuumasinkitys | Pääkannattaja

PINNOITEPAKSUUS - µmVEDEN PH phVIRTAUSNOPEUS m/sPISTEPUIKKO LÄPÄISEE TERÄSLEVYIN SIJAINNI PITUUSSUUNNASSA (*)

Piikki läpäisee putken tuen 2 puolella

SIJAINNI POIKITTAISSUUNNASSA (*)

Noin ensimmäisen neljäsosan kohdalla putken kokonaispituudesta

SIJAINNI KORKEUSSUUNNASSA (*)

Korkeussuunnassa putken puolivälissä

Lyöntien määrä kplKOMMENTTI

Dokumentit

Lisää dokumentti

+ Lisää läpäisykohtia

🔗 Linkitä vauriohavaintoon

Tutkimustulokset piikitestin osalta voidaan linkittää putken ruostumisen vauriohavaintoon.

Liite 13. Lahovaurioiden tutkimustulosten kirjaaminen

1(2)

Tällä sivulla määritetään mistä sillan rakenneosasta lahovaurioita on tutkittu.

Sijainnin valitseminen tapahtuu Taitorakennerekisteristä löytyvän sillan rakennekuvauksen avulla.

Lahovaurioiden tutkimustulokset

Tutkimustapahtuma

Tutkimuspäivämäärä

Välienteen aukeaa rakenteen rakennekuvaus - valitaan päärakenneosa

Alusrakenne

Päällysrakenne

Pintarakenne

Varusteet ja laitteet

Siltapaikan rakenteet

Oikeat rakenneosat valitaan klikkaamalla ne järjestelmästä.

Tämän jälkeen aukeaa kyseisen sillan alusrakenteen rakenneosat

Alusrakenne

Päätytuki 1 V/O (A1) Päätyrakenteet

Välituki 2 V/O (A2) Välituet | 0 gon

Välituki 3 V/O (A2) Välituet | 0 gon

Päätytuki 4 V/O (A1) Päätyrakenteet

Valitaan välituki 2 V/O (A2)

Aukeaa jälleen rakennekuvauksen mukainen alavetovalikko välituen 2 V/O osalta

Välituki 2 V/O (A2) Välituet | 0 gon

Pyloni 2 V/O (A2) Välituet

Poikkiside 2 V/O (A1) Päätyrakenteet | Puu

Satula 2 V (A2) Välituet

Satula 2 O (A2) Välituet

Pilari 1.9 V (A2) Välituet | Puu

Pilari 1.9 O (A2) Välituet | Puu

Pilari 2.1 V (A2) Välituet | Puu

Pilari 2.1 O (A2) Välituet | Puu

Valitaan, että lahoa on tutkittu pilarista 2.1 V

Tällä sivulla havainnollistetaan tutkittujen lahovaurioiden kirjaaminen edellisellä sivulla valitulle rakenneosalle.

Valittu rakenneosa **Pilari 2.1 V (A2)** Valitut | Puu

Pituusuuntainen sijainti ← Pilarin suhteellinen sijainti pituussuunnassa on noin 2.1

Poikittaissuuntainen sijainti ← Inventointisuuntaan katsottuna sillan vasemmassa reunassa.

Korkeussuuntainen sijainti ← Korkeussuunnassa sijaitsee noin pilarin puolessa välissä

Näytteen/tutkimuksen tunnus ← Tunnus määrittäisi automaattisesti valitun rakenneosan mukaan.

Tutkittu kohta sijaitsee veden vaihteluvälillä Kyllä Ei

Tutkimusmenetelmä

Tutkimussuunta Sivusta Ylhäältä Alhaalta

Rakenneosan muoto Pyöreä Suorakulmio/neliö

Rakenneosan korkeus mm

Rakenneosan leveys mm

Rakenneosan halkaisija mm

Lahon syvyys mm ← 0-150 mm tarkoittaa, että lahoa on pilarin pinnasta 150 millimetriin asti.

Pintalahoa

Sisäistä lahoa

Lahon syvyys mm ← Mikäli pilarissa olisi myös sisäistä lahoa, olisi myös se mahdollista syöttää

Pintalahoa

Sisäistä lahoa


Kyllästeen tunkeutumissyvyys mm ← Mikäli kasvukairanäytteestä saadaan selville kyllästeen tunkeutuminen, voidaan se myös merkata.

Lahottajasieni

Lahottajasieni laji

Kommentti

Dokumentit

 ← Dokumenttina kuva otetusta kasvukairanäytteestä.

Lisää uusi

Kopio edellinen

Linkitä vauriohavaintoon ← Tutkimustulokset voidaan linkittää rakenneosan vauriohavaintoon, mikäli sellainen on aiemmin lahoamisen osalta merkattu.

Liite 14. Kyllästeaineen määrittämisen kirjaaminen

1(2)

Tällä sivulla määritetään mistä sillan rakenneosasta kylläste on määritetty.

Sijainnin valitseminen tapahtuu Taitorakennerekisteristä löytyvän sillan rakennekuvauksen avulla.

Kyllästeen määrittämisen tulokset

Tutkimustapahtuma

Tutkimuspäivämäärä

Välilehteen aukeaa rakenteen rakennekuvaus - valitaan pää rakenneosa

Alusrakenne

Päällysrakenne

Oikeat rakenneosat valitaan klikkaamalla ne järjestelmästä.

Siltapaikan rakenteet

Valitaan päällysrakenne
Aukeaa rakennekuvauksen mukainen alasetoivalikko päällysrakenteen osalta

Päällysrakenne

Ansas 1-2 V/O (C) Päällysrakenne | Pääkannattaja

Palkisto 1-2 V/O (C) Päällysrakenne | Pääkannattaja

Poikkikannattaja 1.5 V/O (C) Päällysrakenne | Puu

Vinotuki 1-2 V (C) Päällysrakenne | Puu

Vinotuki 1-2 O (C) Päällysrakenne | Puu

Poikkikannattaja (yläpalkki) 1.5 V/O (C) Päällysrakenne | Puu

Riipputanko 1.5 V (C) Päällysrakenne | Puu

Riipputanko 1.5 O (C) Päällysrakenne | Puu

Valitaan ansas 1-2 V/O ja tämän jälkeen vinotuet 1-2 V ja 1-2 O
Tässä kohtaa voi valita niin monta eri rakenneosaa kuin tarvitsee.

Tällä sivulla havainnollistetaan tutkitun kyllästeen kirjaaminen edellisellä sivulla valituille rakenneosille.

Maalityypin/pinnoitteen tai kyllästeen määrittäminen

Vallittu rakenneosa **Vinotuki 1-2 V (C)** Päälysrakenne | Puu
Vinotuki 1-2 O (C) Päälysrakenne | Puu

Pituusuuntainen sijainti

Poikittaisuuntainen sijainti

Korkeusuuntainen sijainti

Näytteen/tutkimuksen tunnus

YP-1-2-V
YP-1-2-O

Tässä tapauksessa tarkempia sijainteja ei tarvita.

Tunnukset määrittäisivät automaattisesti valittujen rakenneosien mukaan.

Tutkimusmenetelmä

Laboratorio analyysi
Laboratorio analyysi
Kenttätutkimus epoksimaalin ohenteella
Mikroskopia ja FTIR-spektroskopia
Suunnittelutieto

Maali/pinnoitekerrokset kpl

Pintakäsittely

Ei valintaa

Suojausmenetelmä

Kreosoottikyllästys

Maalausjärjestelmä

Ei valintaa

Kommentti

Lisää uusi

Kopioi edellinen maalityyppi/pinnoite/kylläste

Syötetyt tiedot linkittyvät rakennekuvaukseen rakenneosan kohdalle automaattisesti

Maalit ja pinnoitteet

Aikydimaali
Alkydimaali
Alumiinipinnoite
Epoksimaali
Epoksigikki
Erikoispinnoite
Kiviverho
Klorokautsumaali
Korrosionesto- ja maalaukseen
Korrosionesto- ja maalaukseen
Maalaus
Metalinen pinnoite
Metaliverho
Pinnoitteet (mm. kaakelit)
Pinnoitus
Polymerimodifioitu sementtilaasti
Polymeripohjainen pinnoite
Polymeerisemettibetoni
Polymeerisementtilaasti
Polyuretaanimaali
Puuverho
Ruiskubetonointi
Ruiskutuskiitos
Sementtipohjainen pinnoite
Vahapinnoite
Verho
Vinyyliimaali
Valinnainen

Suojausmenetelmät

Ei valintaa
Ei valintaa
Epoksi
Impregnointi
Katodinen suojaus
Kreosoottikyllästys
Kuumasinkitys
Lahosuojaus
Lämpökäsittely
Mäntylöjykyllästys
Rasvapinnoite
Suojakyllästys
Suolapainekyllästys A
Suolapainekyllästys AB
Töheryyksenestoaine
Valumuottikangasta vasten
Valinnainen

Maalausjärjestelmät

Ei valintaa
Ei valintaa
LIVI A.1
LIVI A.2
LIVI A.3
LIVI B.1
LIVI B.1+
LIVI B.2
LIVI B.2+
LIVI C.1
LIVI C.2
LIVI C.3
TIEL 3.1
TIEL 3.2
TIEL 3.3
TIEL 3.4
TIEL 3.5 a
TIEL 3.5 b
TIEL 3.6
TIEL 4.1
TIEL 4.10
TIEL 4.12
TIEL 4.2
TIEL 4.20
TIEL 4.21
TIEL 4.22
TIEL 4.3
TIEL 4.4
TIEL 4.5
TIEL 4.6
TIEL 4.8
TIEL 4.9
TIEL 4.9 b
TVL 2.1
TVL 2.2
TVL 4.3
TVL 4.4
TVL 4.5
TVL 4.6
TVL 4.7
Valinnainen

Liite 15. Laakerin asentovirheen kirjaaminen

1(2)

Tällä sivulla määritetään mistä sillan laakerista asentovirhettä on tutkittu.

Sijainnin valitseminen tapahtuu Taitorakennerekisteristä löytyvän sillan rakennekuvauksen avulla.

Laakerin asentovirheen kirjaus

Tutkimustapahtuma

Tutkimuspäivämäärä

Välilehteen aukeaa rakenteen rakennekuvaus - valitaan päärakennosa

Alusrakenne

Päällysrakenne

Pintarakenne

Varusteet ja laitteet

Sillapaikan rakenteet

Oikeat rakenneosat valitaan klikkaamalla ne järjestelmästä.

Tämän jälkeen aukeaa kyseisen sillan rakennekuvausta vastaava valikko varusteiden ja laitteiden osalta

Varusteet ja laitteet

Liikuntasamalaite (Turkkilevytyyppinen lippa) 1 V/O (H) Liikuntasamat | Teräs

Liikuntasamalaite 2 V/O (H) Liikuntasamat | Teräs

Liikuntasamalaite (Turkkilevytyyppinen lippa) 3 V/O (H) Liikuntasamat | Teräs

Kuivatuslaitteet 1-3 V/O (J) Kuivatus

Laakeristo 1 V/O (I) Laakerit

Laakeristo 2 V/O (I) Laakerit

Laakeristo 3 V/O (I) Laakerit

Kalteet 1-3 V/O (G) Kalteet

Muut varusteet 1-3 V/O (K) Muut varusteet

Valitaan laakeristo 1 V/O, josta uusi aukeaa alavetovalikko

Laakeristo 1 V/O (I) Laakerit

Laakeri (Muu teräslaakeri) 1 1 (I) Laakerit | Teräs

Laakeri (Muu teräslaakeri) 1 2 (I) Laakerit | Teräs

Laakeri (Muu teräslaakeri) 1 3 (I) Laakerit | Teräs

Laakeri (Muu teräslaakeri) 1 4 (I) Laakerit | Teräs

Laakeristo 2 V/O (I) Laakerit

Laakeristo 3 V/O (I) Laakerit

Valitaan, että siirtymä kirjataan laakerille "1 2", joka tarkoittaa inventointisuuntaan katsottuna toista laakeria vasemmalta välituella yksi.

Tällä sivulla havainnollistetaan tutkitun laakerin asentovirheen kirjaaminen.

Asentovirhe

Valittu rakenneos

Laakeri (Muu teräslaakeri) 1 2 (I) Laakerit | Teräs

Näytteen/tutkimuksen tunnus

LK-1-2

Tunnus määrittäisi automaattisesti

Mittauslämpötila ulkona

5 °C

Mittauslämpötila rakenteessa

1 °C

Asentovirhe suhteessa nolla-asentoon

+ 10 mm

- mm

Suuntakulma

+ 10 °

Suuntakulma

- °

Laakerin liikevara

50 mm

Laakerin liikevara linkittyy automaattisesti tähän laakerin materiaalitiedoista. Mikäli liikevaraa ei ole materiaalitietoihin merkattu, voi liikevaran syöttää myös manuaalisesti.

Kommentti

Dokumentit

Lisää dokumentti

Kohtisuoraan pituussuunnassa

Lisää kuva



tai pudota kuva tähän ikkunaan

Kohtisuoraan poikkisuunnassa

Lisää kuva



tai pudota kuva tähän ikkunaan

+ Lisää uusi

📄 Kopioi edellinen

🔗 Linkitä vauriohavaintoon

Taitorakennerekisterin ohjeistus samasta kohtaa otettuihin kuviin, jotta eri tarkastusten kuvia voidaan vertailla keskenään.

Asentovirheen tutkimustulokset voidaan linkittää laakerin vauriohavaintoon, mikäli sellainen on aiemmin kirjattu "siirtymän" osalta.

Liite 16. Liikuntasaumojen/-saumalaitteiden liikkumien kirjaaminen

1(1)

Liikkuman kirjaaminen aloitetaan määrittämällä tutkittu liikuntasauma/ -saumalaite.

Sijainnin valitseminen tapahtuu Taitorakennerekisteristä löytyvän sillan rakennekuvausten avulla.

Liikuntasaumojen ja -saumalaitteiden liikkuman määrittäminen

Tutkimustapahtuma

Tutkimuspäivämäärä

Välilehteen aukeaa rakenteen rakennekuvaus - valitaan päärakenneosa

Alusrakenne

Päällysrakenne

Pintarakenne

Varusteet ja laitteet

Siltapaikan rakenteet

Oikeat rakenneosat
valitaan klikkaamalla ne

Tämän jälkeen aukeaa kyseisen sillan rakennekuvausta vastaava valikko varusteiden ja laitteiden osalta

Varusteet ja laitteet

Siltakaide (Korkea sälekaide) 1-2 V (G) Kaiteet | Maalauspinna-ala: 0,81 m²

Siltakaide (Korkea sälekaide) 1-2 O (G) Kaiteet | Maalauspinna-ala: 0,81 m²

Liikuntasaumalaite (Turkkilevy) 1 V/O (H) [Generoitu] Liikuntasaumat | Teräs

Liikuntasaumalaite (Turkkilevy) 2 V/O (H) [Generoitu] Liikuntasaumat | Teräs

Valitaan, että liike merkataan liikuntasaumalaitteelle 2 V/O

Liikkuma

Valittu rakenneosa **Liikuntasaumalaite (Turkkilevy) 2 V/O (H) [Generoitu]**

Näytteen/tutkimuksen tunnus Tunnus määrittyisi automaattisesti

Mittauslämpötila ulkona °C

Mittauslämpötila rakenteessa °C

Mitattu liike mm

Liikuntasauman/saumalaitteen liikevara mm

Kommentti

Dokumentit

Lisää dokumentti

Liikevara linkittyy automaattisesti tähän rakenteen materiaalitiedoista. Mikäli liikevaraa ei ole materiaalitietoihin merkattu, voi liikevaran syöttää myös

+ Lisää uusi

Kopioi edellinen

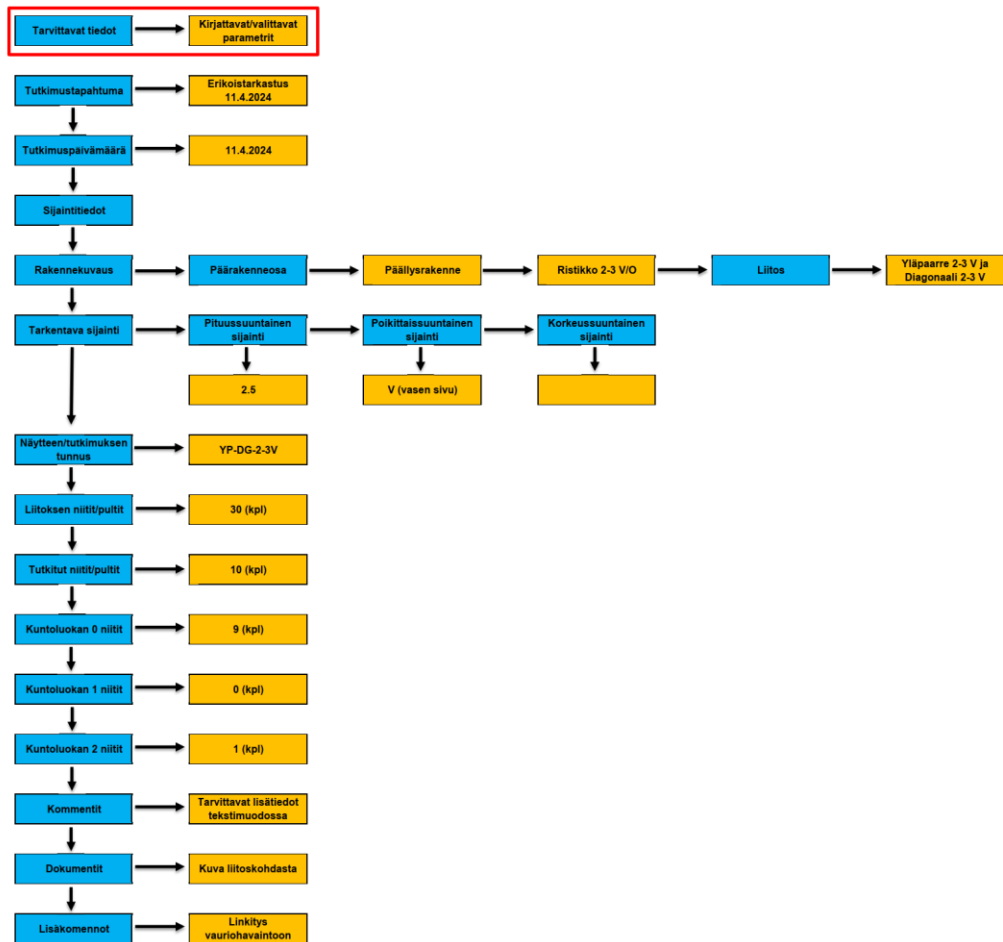
Linkitä vauriohavaintoon

Liikkuman tutkimustulokset voidaan linkittää liikuntasauman/-saumalaitteen vauriohavaintoon, mikäli sellainen on aiemmin kirjattu "siirtymän" osalta.

Liite 17. Tarvittavat parametrit niittien/pulttien tuloksista

1(1)

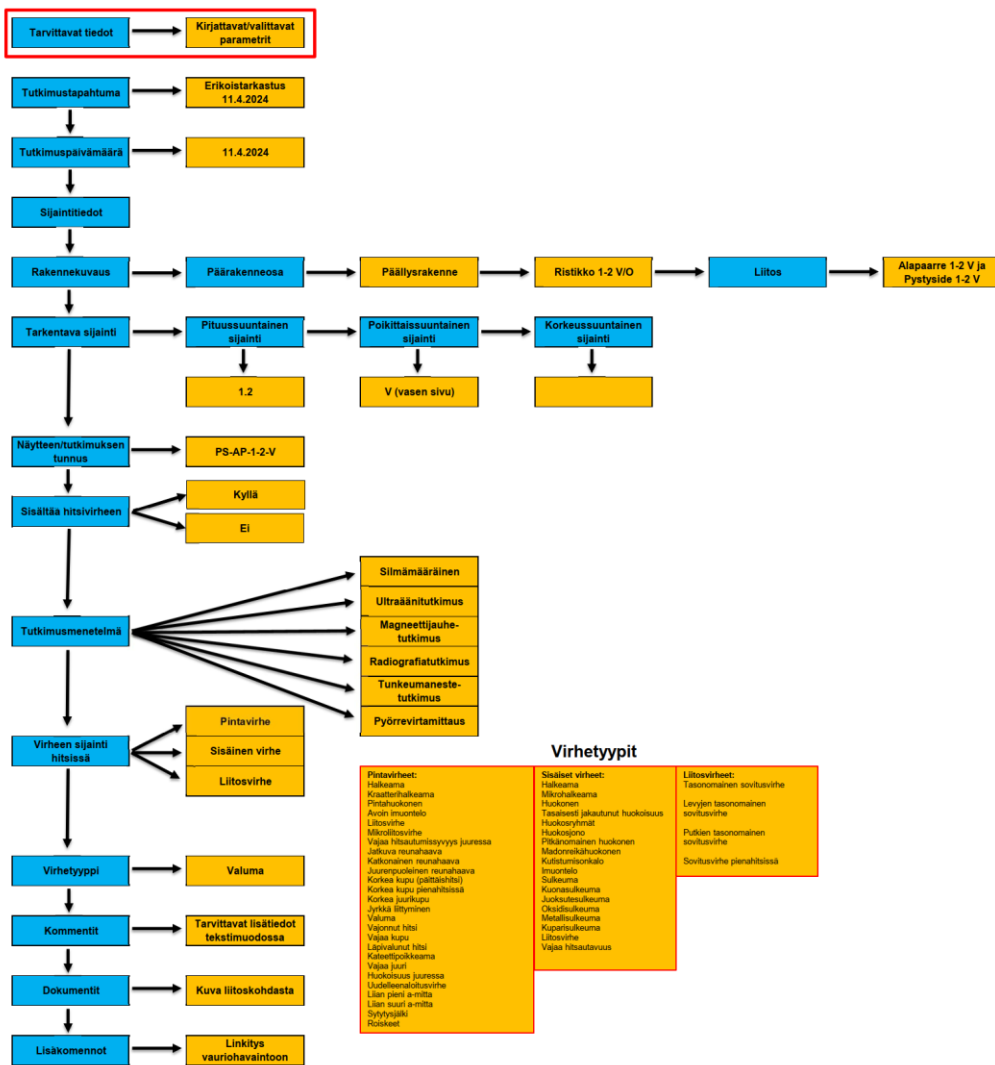
Tarvittavat parametrit niittien ja pulttien ultraäänitutkimuksen tulosten osalta



Liite 18. Tarvittavat parametrit hitsivirheiden tuloksista

1(1)

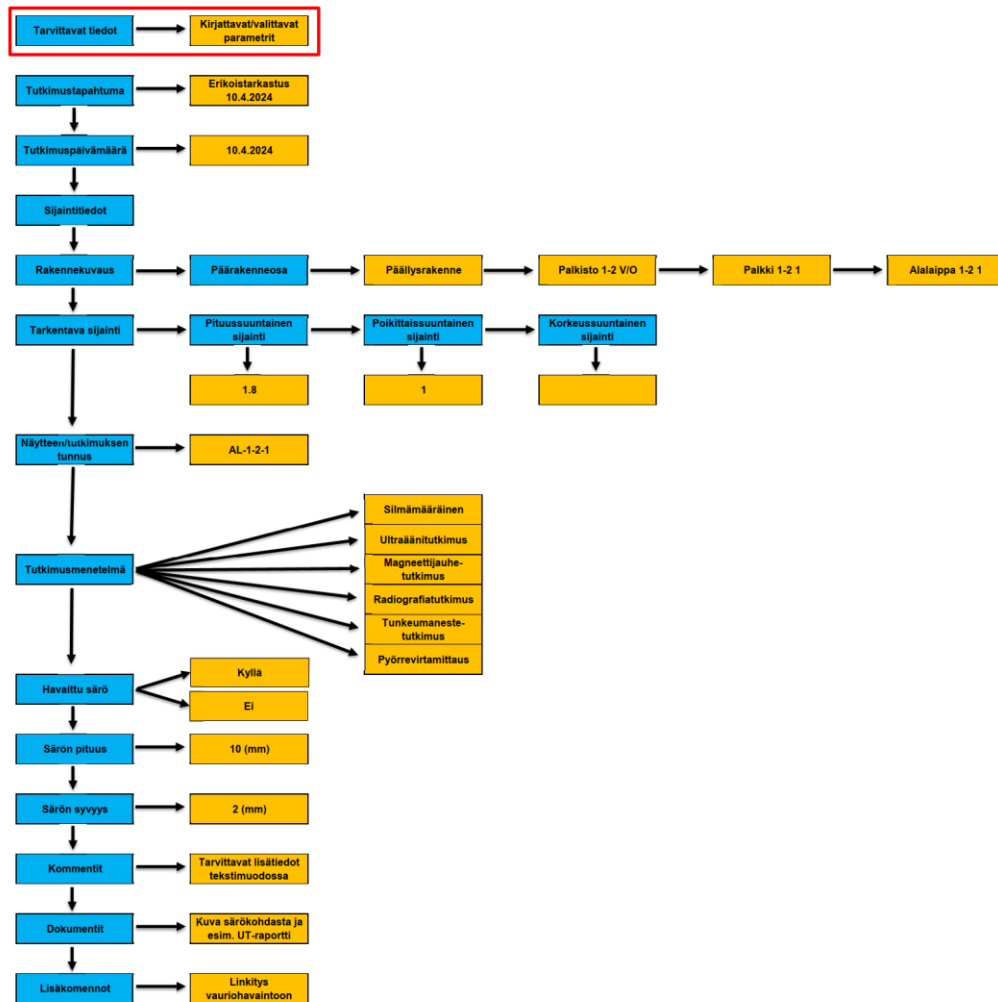
Tarvittavat parametrit hitsivirheiden osalta



Liite 19. Tarvittavat parametrit säröjen tuloksista

1(1)

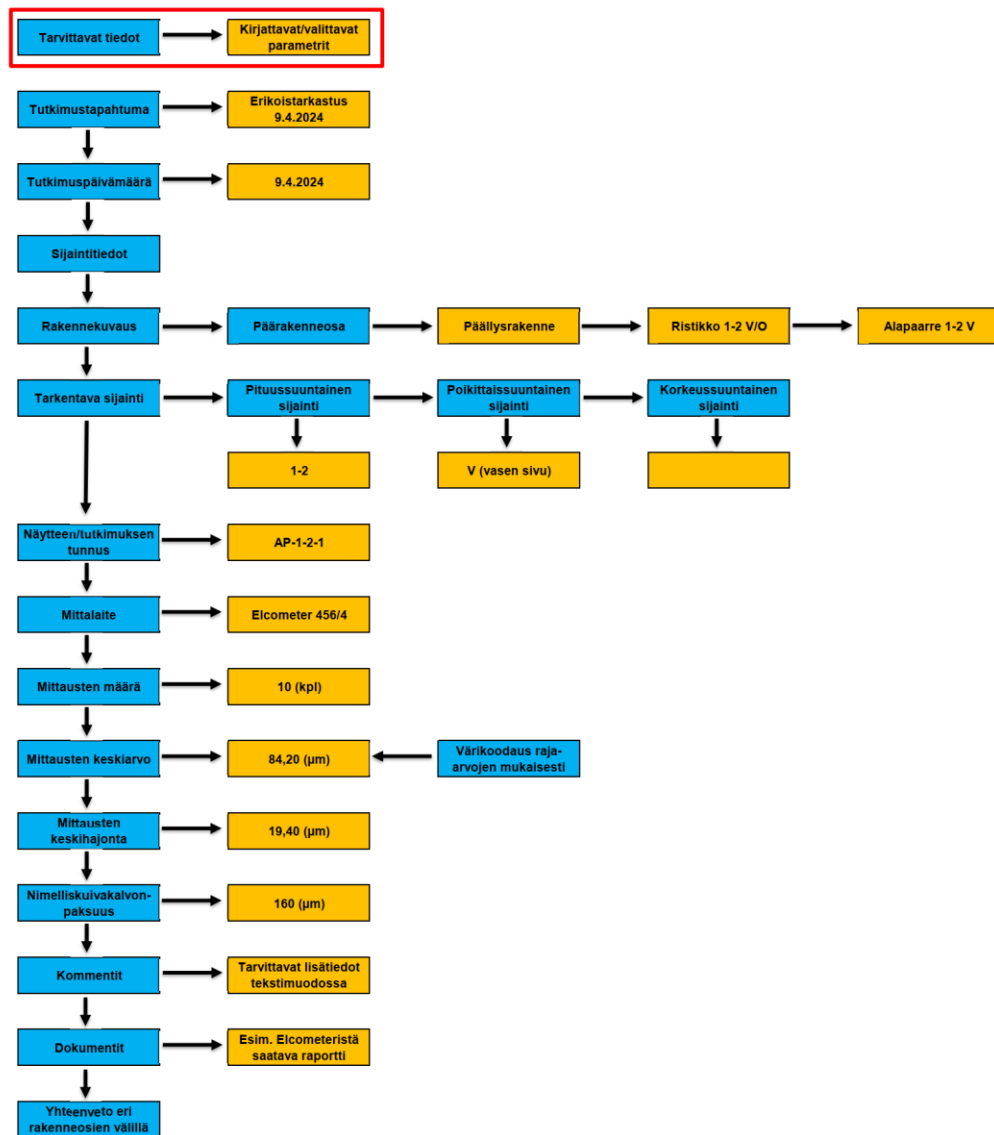
Tarvittavat parametrit säröjen tutkimisen osalta



Liite 20. Tarvittavat parametrit kuivakalvopaksuuksien tuloksista

1(1)

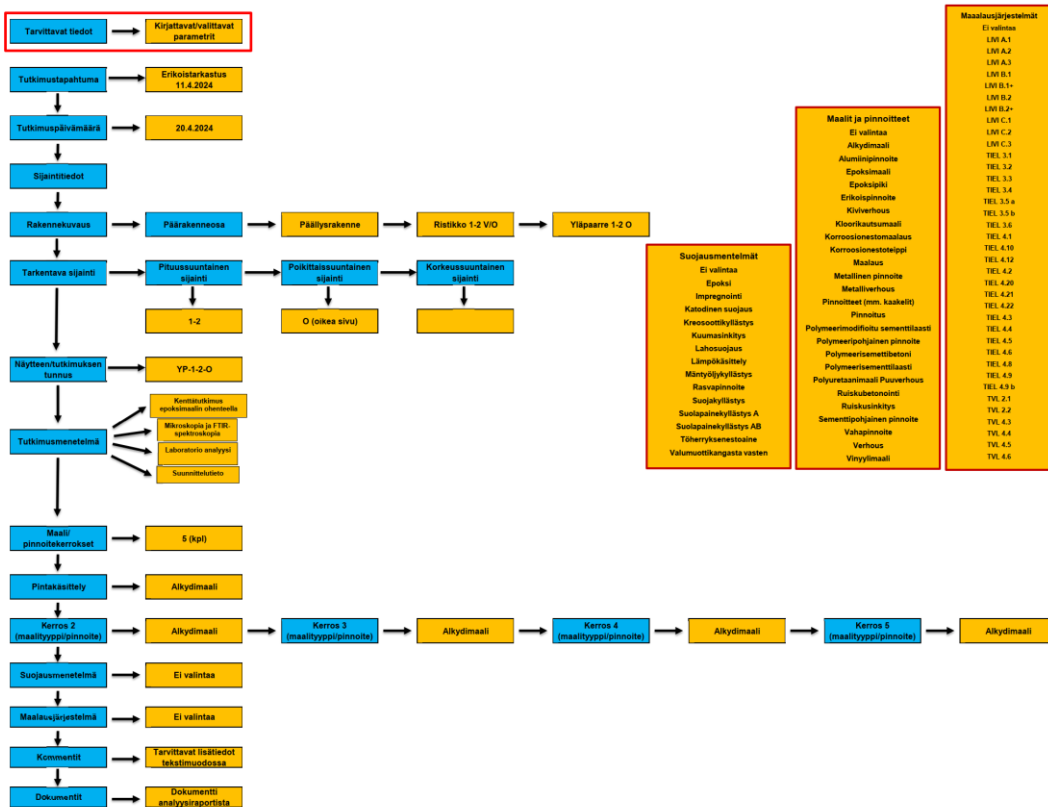
Tarvittavat parametrit kuivakalvopaksuuksien tutkimisen osalta



Liite 21. Tarvittavat parametrit maalin/pinnoitteen tuloksista

1(1)

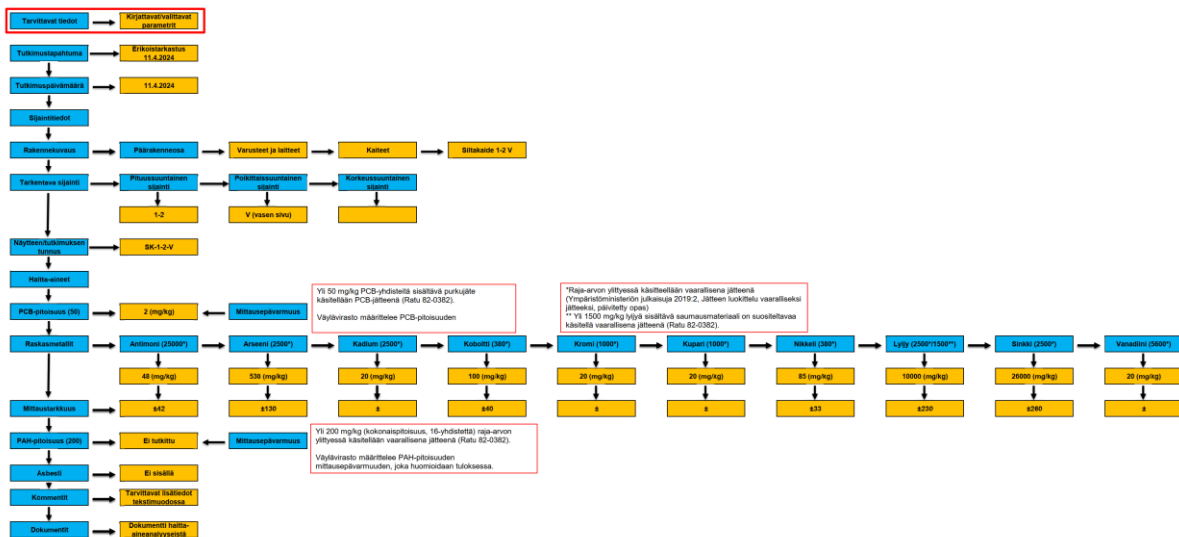
Tarvittavat parametrit maalityypin/pinnoitteen/kyllästeen määrittämiseen



Liite 22. Tarvittavat parametrit haitta-aineiden tuloksista

1(1)

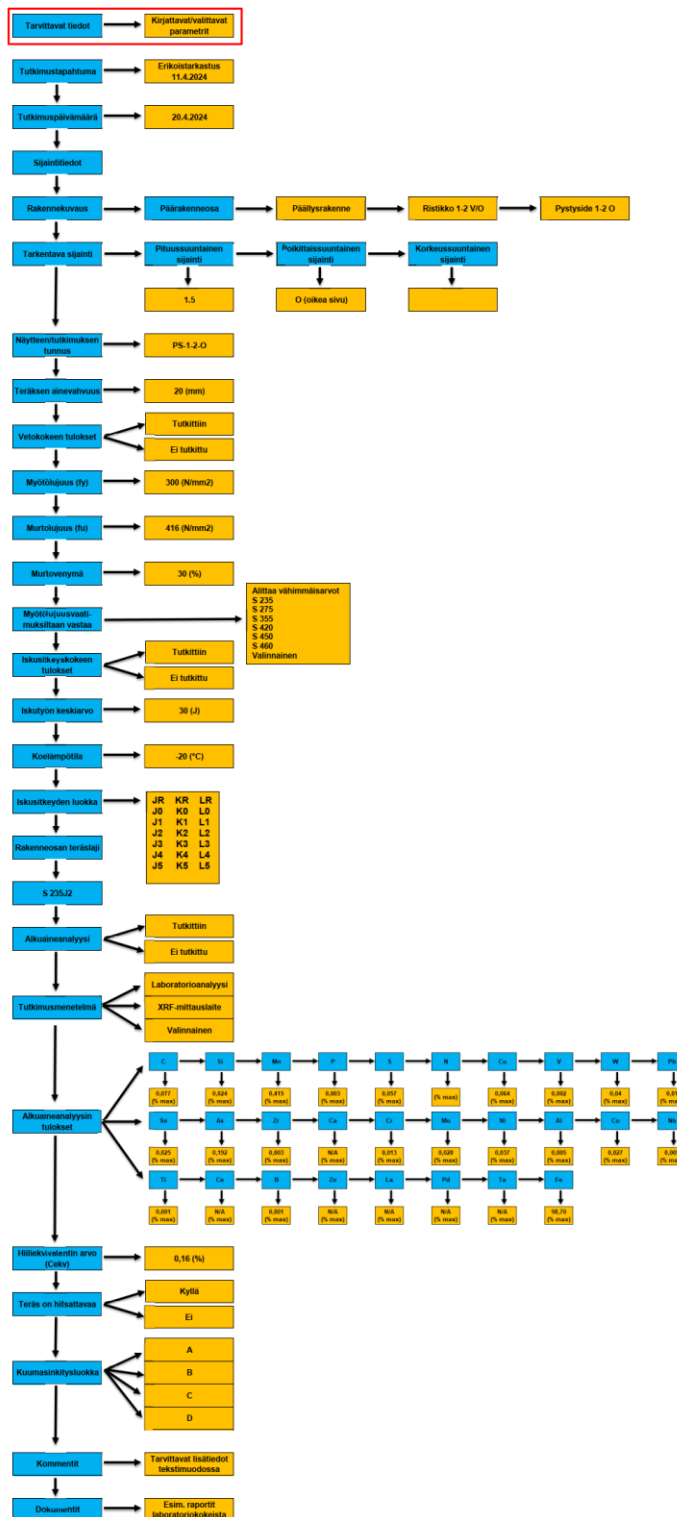
Tarvittavat parametrit haitta-aineiden kirjaamiseen



Liite 23. Tarvittavat parametrit näytteenoton ja testauksen tuloksista

1(1)

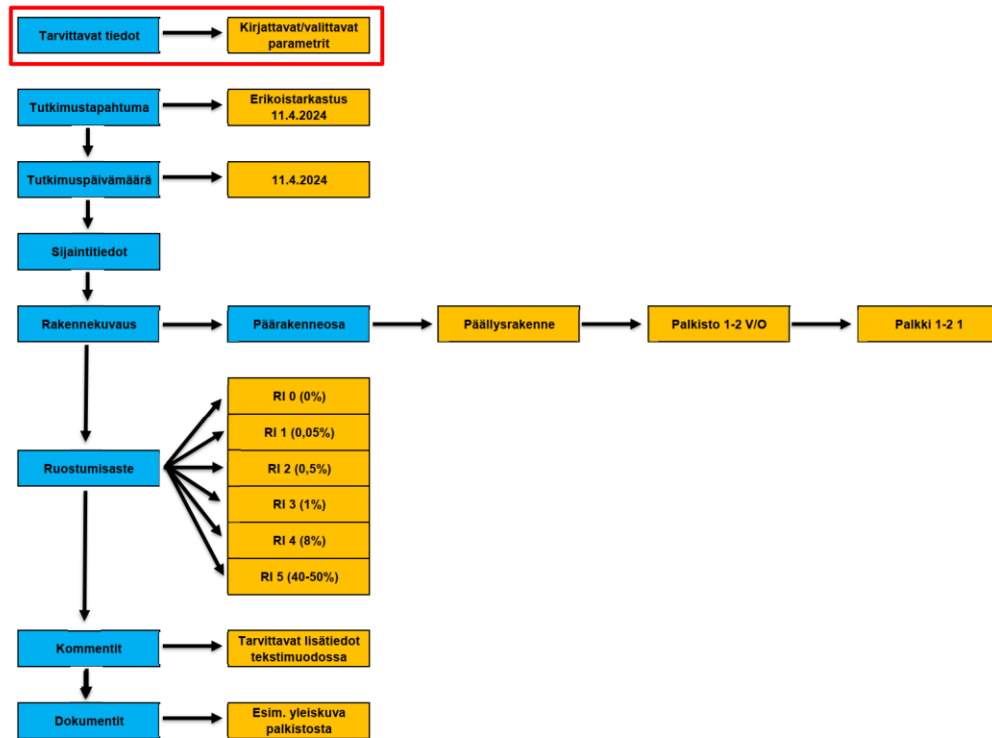
Tarvittavat parametrit näytteenoton ja testauksen tuloksista



Liite 24. Tarvittavat parametrit ruostumisasteen tuloksista

1(1)

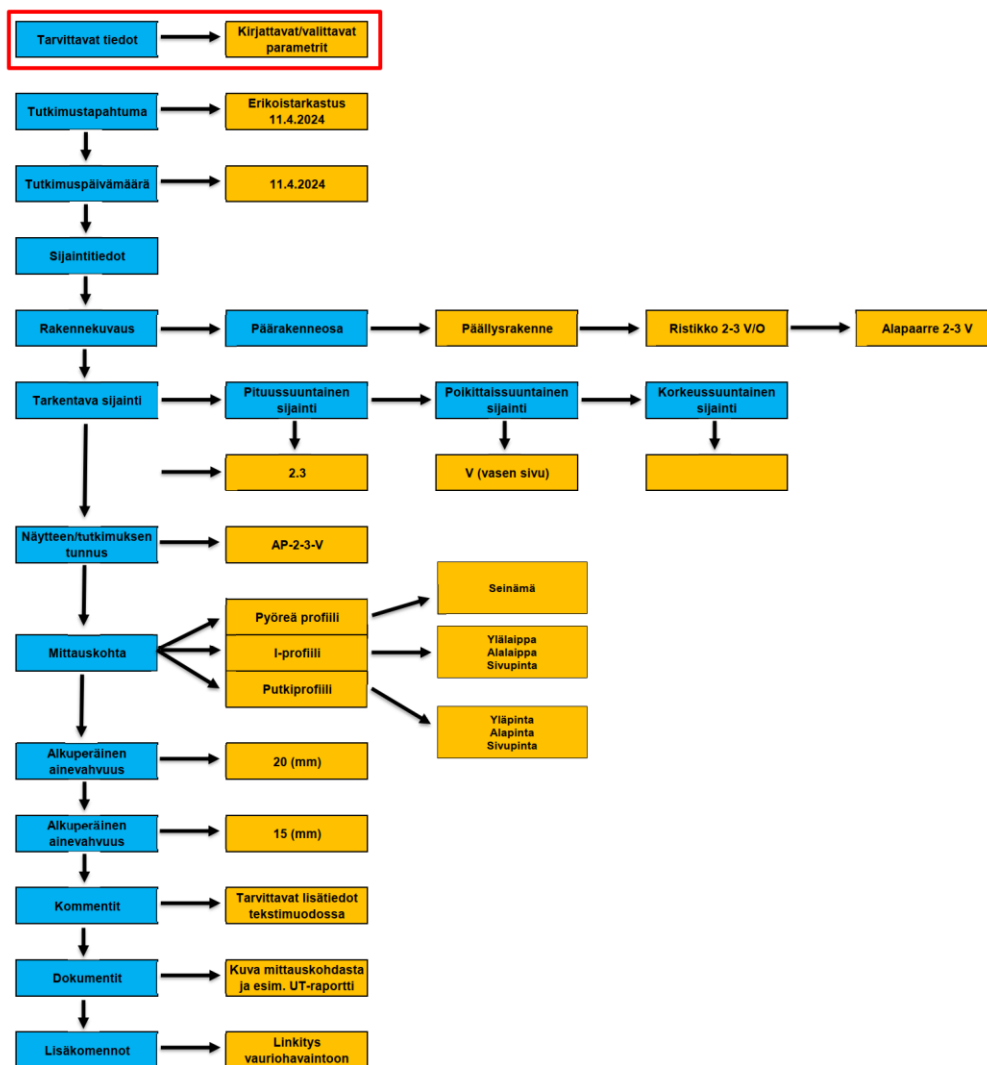
Tarvittavat parametrit ruostumisasteen määrittämiseen



Liite 25. Tarvittavat parametrit ainevahvuksien tuloksista

1(1)

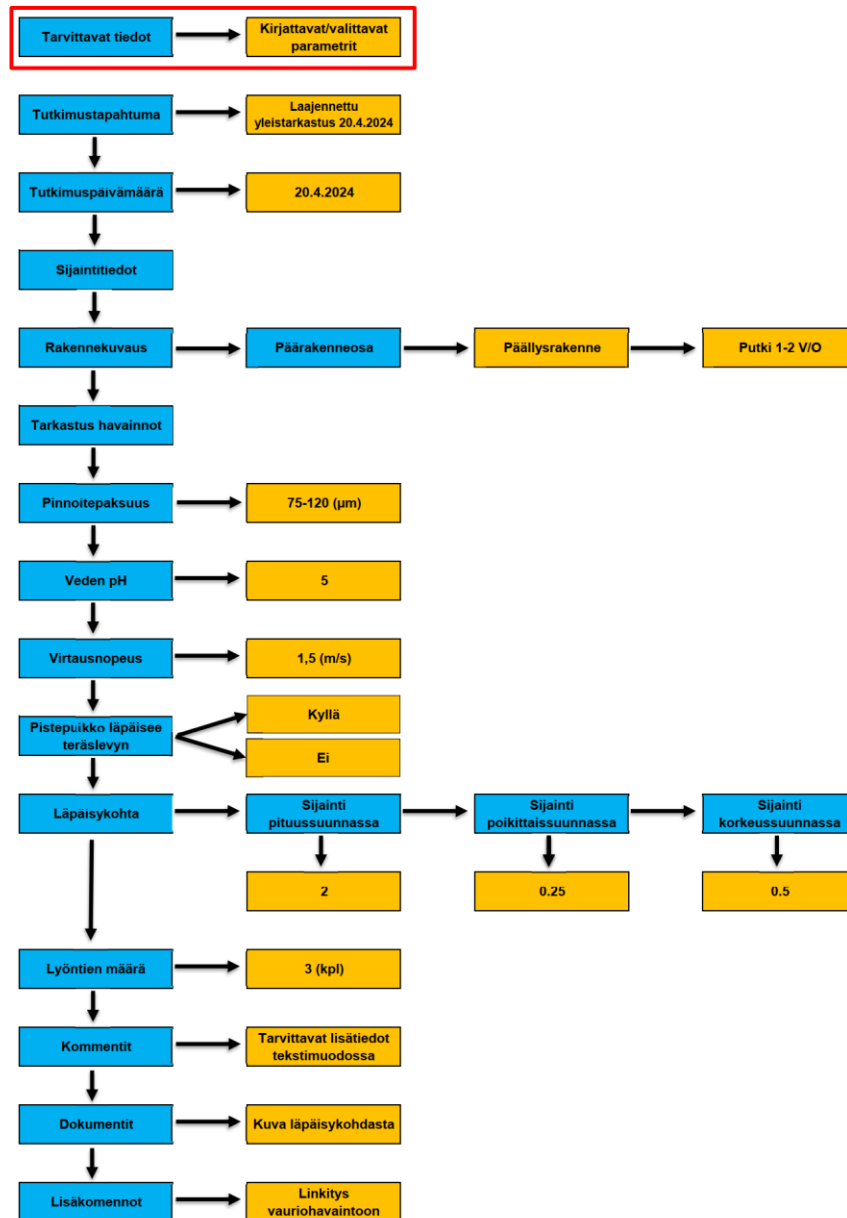
Tarvittavat parametrit ainevahvuuden tutkimisen osalta



Liite 26. Tarvittavat parametrit putkisiltojen tarkastushavainnoista

1(1)

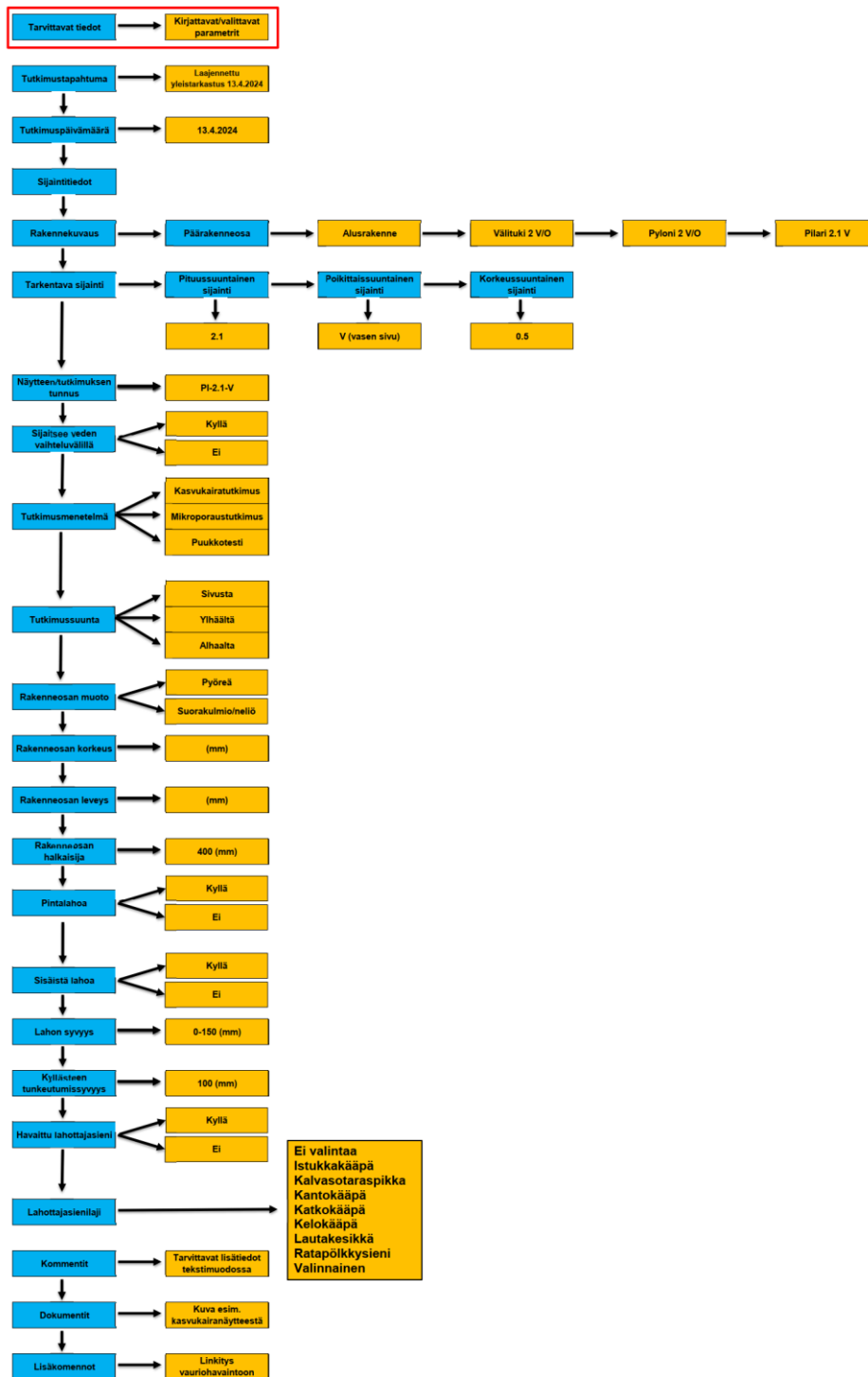
Tarvittavat parametrit putkisiltojen tarkastushavaintojen osalta



Liite 27. Tarvittavat parametrit lahoamisen tuloksista

1(1)

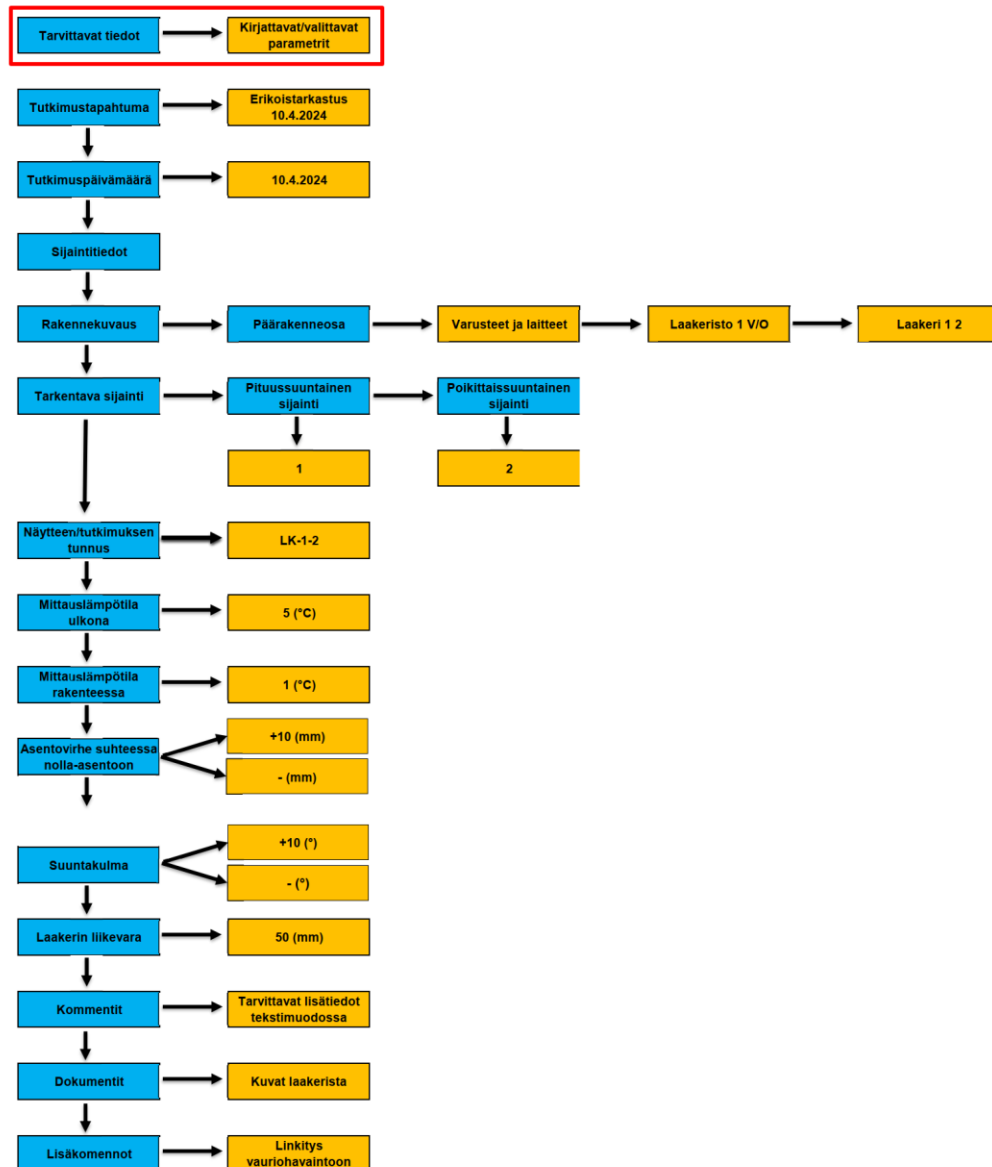
Tarvittavat parametrit lahovaurioiden tutkimustulosten osalta



Liite 28. Tarvittavat parametrit laakerien asentovirheiden tuloksista

1(1)

Tarvittavat parametrit laakerien asentovirheiden kirjaamisen osalta



Liite 29. Tarvittavat parametrit liikuntasaumalaitteiden tuloksista

1(1)

Tarvittavat parametrit liikuntasaumalaitteiden liikkeiden osalta

