



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SILLANKORJAUKSEN TYÖ- MENEKIT JA AIKATAULU

TEKIJÄ: Tomi Kortelainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Tomi Kortelainen			
Työn nimi Sillankorjauksen työmenekit ja aikataulu			
Päiväys	5.5.2015	Sivumäärä/Liitteet	42/2
Ohjaaja(t) pt.tuntiopettaja Matti Ylikärppä, pt. tuntiopettaja Juha Pakarinen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savon Kuljetus Oy, työmaapäällikkö Mikko Heikkinen			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työn tarkoituksena oli selvittää siltojen korjausrakentamisen yleisimpien työvaiheiden työmenekit sekä luoda yleis-aikataulupohja Planet+ -projektihallintaohjelmistolle. Lisäksi tavoitteena oli tarkastella projektin läpimenoaikaan vaikuttavia tekijöitä ja niiden taloudellisia vaikutuksia. Työ tehtiin Savon Kuljetus Oy:n siltojen korjausrakentamisen työnohtajien käyttöön kustannuslaskennan ja urakoiden kokonaisaikojen arvioimisen apuvälineeksi.</p> <p>Aluksi kerättiin vuoden 2014 sillankorjausurakan kohteista työvaiheittain määrät ja niihin kuluneet ajat. Tämän perusteella pystyttiin laskemaan työmenekit. Tämän jälkeen vertailtiin keskimääräisiä työmenekkejä toteumiin ja varmistettiin niiden todenmukaisuus. Aikataulusuunnittelun osalta tietoa kerättiin pääasiassa Ratu Aikataulukirjasta ja sillankorjauksen työvaiheiden laatuvaatimuksia selvitettiin Liikenneviraston SILKO-ohjeista sekä käytettiin omaa kokemusta.</p> <p>Lopputuloksena saatiin perinteiseen sillankorjauskohteeseen soveltuva yleisaikataulupohja Planet+ 6.4:lle sekä tärkeää tietoa aikataulusuunnittelusta sekä urakoiden läpimenoaikojen nopeuttamismahdollisuuksista ja sen taloudellisista vaikutuksista.</p>			
Avainsanat sillankorjaus, työmenekki, aikataulu			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Tomi Kortelainen			
Title of Thesis Work Loads and Schedule of Bridge Repairing			
Date	5 May 2015	Pages/Appendices	42/2
Supervisor(s) Mr Matti Ylikärppä, Lecturer and Mr Juha Pakarinen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Savon Kuljetus Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of the final year project was to find out the work loads for the most common work stages in bridge repair and create a schedule base for Planet+ -software. Moreover, the target was to consider things that affect the schedule of the project and their economical affects. The project was made to be used by the foremen of Savon Kuljetus LLC of bridge repair to help them in budget calculations and contract scheduling.</p> <p>First, the numbers and durations of the work stages in the bridge repair contracts of 2014 were collected and the work loads were calculated from them. After this, the average work loads were compared to the true work loads and it was made sure that they were correct. Information about the schedule planning was mainly collected from the schedule book Ratu and the quality demands of bridge repair were found out in the Finnish Transport Service rules SILKO. Also the own experience of the writer was exploited.</p> <p>As a result of the project there was the Planet+ 6.4 schedule base for a traditional bridge repair worksite and important information about schedule planning and how to speed up the contract schedules and how it affects economically.</p>			
Keywords bridge repair, work load, schedule			
public			

ESIPUHE

Kiitän Savon Kuljetus Oy:n siltojen korjausrakentamisen parissa työskentelevää henkilöstöä ja erityisesti työmaapäällikkö Mikko Heikkistä mielenkiintoisesta opinnäytetyöaiheesta ja saamastani tuesta projektin edetessä. Tämän työn tekeminen oli alkuun melko työlästä, mutta lopulta palkitsevaa. Aihetta tutkiessani jouduin tutustumaan tarkasti aikataulusuunnitteluun, josta minulle selvisi paljon uutta, tärkeää tietoa. Myös siltojen korjausrakentamisen laatuvaatimuksiin perehtyminen oli hyvää kertausta tulevaisuutta ajatellen.

Haluan kiittää myös opinnäytetyön ohjaavia opettajia kannustuksesta ja hyvistä ideoista, joita ilman työn tekeminen olisi ollut huomattavasti hankalampaa.

Kuopiossa 1.4.2015

Tomi Kortelainen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Työn tausta ja tavoitteet	7
1.2	Savon Kuljetus Oy.....	8
2	AIKATAULUSUUNNITTELUN SISÄLTÖ.....	8
2.1	Yleistä aikataulusuunnittelusta	9
2.2	Aikataulusuunnittelun periaatteet	9
2.3	Aikataulusuunnittelun vaiheet	10
2.4	Aikataulutehtävien muodostaminen.....	11
2.5	Tehtävien mitoitus	11
2.6	Työjärjestyksen suunnittelu ja valinta.....	11
2.7	Tehtävien ajoitus ja resurssien tasaus	13
2.8	Aikataulussa pysyminen edut.....	14
2.9	Käsitteistö	15
3	LASKENTAESIMERKKEJÄ TYÖMENEKEISTÄ.....	17
3.1	Laskentaesimerkki 1.....	17
3.2	Laskentaesimerkki 2.....	18
3.3	Laskentaesimerkki 3.....	18
4	SILTOJEN KORJAUS SUOMESSA	20
4.1	Siltojen nykytila	20
4.2	Siltojen kunto	20
4.2.1	Tyypillisimmät vauriot.....	21
5	SILLAN KORJAUSRAKENTAMISEN TYÖVAIHEET	26
5.1	Reunapalkin uusiminen	26
5.1.1	Vauriot	26
5.1.2	Työn suoritus.....	26
5.2	Kannen korjaaminen valamalla	31
5.2.1	Vauriot	31
5.2.2	Työn suoritus.....	32
5.2.3	Muotoiluvalu	32
5.2.4	Muotoiluvalun jälkeiset toimenpiteet.....	34
6	URAKAN LÄPIMENOAIKAAN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT JA KRIITTISET TYÖVAIHEET	35

6.1	Ajan ja kustannusten optimointi.....	35
6.2	Optimointi siltojen korjausrakentamisessa	36
6.2.1	Muotoiluvalun kuivuminen	36
6.2.2	Kannen käsittely yhdessä osassa – Kiertotien tekeminen	37
6.2.3	Muut keinot	38
7	YHTEENVETO JA POHDINTA	39
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	41
	LIITE 1 YLEISAIKATAULU.....	43
	LIITE 2 TYÖMENEKKILASKURI.....	44

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyö tehdään Savon Kuljetus Oy:n siltojen korjausrakentamistoimintojen tarpeisiin. Yritys suoritti POS Ely 2012–2014 sillankorjausurakan, johon sisältyi noin 30 varsinaista korjauskohdetta sekä lukematon määrä lyhytkestoisia pikakorjauksia. Kohteet sijaitsevat Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan alueella. Työnjohtajia urakassa on viisi, omia kirvesmiehiä kymmenen sekä lukuisia aliurakoitsijoiden työntekijöitä aina tarpeen mukaan. Kyseisen sillankorjausurakan vuoden 2014 kohteiden tietoja käytetään hyväksi tämän opinnäytetyön työmenekkitietojen keräämisessä.

Siltojen kunnon ylläpitäminen on tärkeää. Rekkojen painorajojen nousu ja koko ajan lisääntyvät tieliikennemäärät lisäävät vaatimuksia myös silloilta. Liikenneviraston mukaan Suomen maanteillä on noin 14 600 siltaa (2015) ja uusia siltoja rakennetaan vuosittain 150–200 kappaletta. Pääosa silloista on tullut siihen ikään, että korjaustarve on juuri tällä hetkellä sekä tulevana vuosina erittäin suuri. Arviolta vuoden 2025 tienoilla korjaustarve tulee jälleen nousemaan, kun 1990-luvulla rakennetut lukuisat sillat tulevat peruskorjausikänsä ja peruskorjauskierto alkaa vanhojen siltojen osalta taas uudestaan. (Liikennevirasto 2015.)

Tässä opinnäytetyössä käsitellään siltojen korjausrakentamisen aikataulun suunnittelua ja hallintaa. Siltojen korjausrakentamisen työvaiheille ei ole julkisesti olemassa valmiita työmenekkejä, joten päätettiin selvittää niitä ja lopuksi luoda aikataulupohjan perinteiselle sillankorjauskohteelle Planet+ projektinhallintaohjelmistolle. Korjausrakentamisessa on yleensä paljon muuttuvia tekijöitä, eivätkä menekit siksi ole aivan ”kiveen hakattuja”, mutta niiden avulla voi luoda karkean aikataulun kohteesta. Samalla ne auttavat hahmottamaan korjauskohteen resurssitarvetta.

Työvaiheista tähän opinnäytetyöhön tarkemmin käsiteltäväksi valittiin reunapalkin uusiminen sekä kannen korjaaminen valamalla. Nämä ovat yleisimpiä sillankorjaustöitä eikä kaikkia mahdollisia työvaiheita voikaan käsitellä, koska työstä tulisi muutoin liian laaja. Työmailta kerättyjen tietojen lisäksi työssä hyödynnetään lähinnä siltojen korjausrakentamiseen sekä aikataulun suunnitteluun ja hallintaan liittyvää kirjallisuutta. Myös tekijän omat kokemukset työmailta ovat tärkeässä osassa työn toteutuksessa.

1.2 Savon Kuljetus Oy

Savon Kuljetus Oy on logistiikka- ja infrapalvelujen monialayritys, jonka toimialueena on käytännössä koko Suomi. Yrityksen toimialaan kuuluvat infrarakentaminen, kuljetukset, kivi- ja maa-ainesten jalostus ja myynti, kunnossapitotyöt, polttoainemyynti sekä maa- ja teollisuusrakentaminen. Savon Kuljetus Oy on perustettu vuonna 1965 ja sen vuosittainen liikevaihto on noin 60 miljoonaa euroa. Toimihenkilöitä on noin 80 ja sopimusautoilijoita noin 250. (Blomberg Olli 2005, 86.)



Kuva 1. Savon Kuljetus Oy:n logo. (savonkuljetus.fi)

2.1 Yleistä aikataulusuunnittelusta

Aikataulusuunnittelu on prosessi, joka aloitetaan hankesuunnitteluvaiheessa projektaikataulun tekemisellä ja tarkentuu hankkeen edetessä ajallisesti ja työsisällöllisesti tarkemmin määritellyiksi tehtäväkohtaisiksi aikatauluiksi. Aikataulusuunnittelussa tarkemman tason tavoitteet tehdään alun karkeamman tason suunnitelmiin perustuen. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 8.)

Koko rakennustyömaan ja kunkin tehtävän ohjauksen kannalta on tärkeää, että suunnitellut aikataulut pystytään toteuttamaan. Niiden on siis perustuttava työmaan ominaisuuksia mukailevaan työmenekkilaskentaan ja resurssisuunnitteluun. Yleisaikataulu luo raamit, mutta eri työvaiheisiin erikseen laaditut aikataulut ovat työmaanohjauksen perusta. Niiden avulla yleistason tavoitteet selkeytyvät ja saadaan suunniteltua työmaalle keinot, joilla tavoitteisiin päästään. Tarkentuvalla aikataulusuunnittelulla saadaan varmistettua, että rakennushankkeen tavoitteet saavutetaan. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 8.)

2.2 Aikataulusuunnittelun periaatteet

Rakennuskohteen aikataulusuunnittelun lähtötiedoiksi tarvitaan työvaiheiden työmenekit, tietoja työsaavutuksista ja kapasiteeteista sekä työryhmän koko. Nämä tiedot saadaan tavoitearviosta, tiedostoista ja kokemusta hyödyntäen. Aikataulujen toteutuminen ja suunnittelun tuotannon varmistaminen tuotannonohjauksella on keskeistä ajallisessa suunnittelussa, jota varten tarvitaan myös laadukkaat aikataulut, tiedostot sekä yksiselitteinen käsitteistö. Laadullisesti hyvän aikataulun tunnistaa siitä, että se on konkreettinen, ohjausta palveleva ja tuotokseen sidottu. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 19.)

Aikataulun valvonta edellyttää jatkuvaa kokonaisuuden hahmottamista ja erinäisten tehtävien hallitsemista ja vertaamista suunnitelmassa esitettyyn tilanteeseen. Ohjaustoimenpiteiden suunnittelemiseksi tulee tuotannon ohjausmahdollisuudet ja -ominaisuudet tuntea ja aikataulun tulee olla linjassa tavoitearvion ja suunniteltujen resurssien käytön kanssa. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 19.)

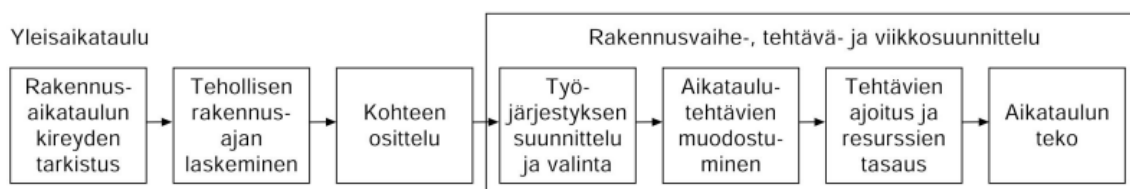
Rakennustyömaan aikataulun tarkoituksena on kuvata tuotantoa. Tuotannon poikkeamien havaitseminen on siksi keskeistä. Tuotannon ohjausta varten tarvitaan aikataulu, jossa verrataan saavutettuja toteumia suhteessa aikataulussa suunniteltuihin määriin. Aikataululla tulisi myös pystyä varautumaan mahdollisiin häiriötilanteisiin sekä suunnitelma- ja olosuhdemuutoksiin. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 19.)

Jotta aikataulu olisi työmaan johtamisen ja tuotannonohjauksen kannalta toimiva, on

- aikataulutehtäviin valittava toteutuksen kannalta keskeiset tehtävät sekä omista että aliurakkana suoritettavista töistäkin
- jokainen aikataulutehtävä mitoitettava
- tehtäville varattava riittävästi aikaa – liian kireä aikataulu tuottaa monesti ongelmia
- kullekin tehtävälle yritettävä varata työrauha, jotta samassa paikassa ei olisi liian montaa työvaihetta käynnissä samaan aikaan
- aikataulutehtävät suunniteltava riittävän suuriksi kokonaisuuksiksi, mikä helpottaa ohjausta - ei pilkota tehtäviä liian pieniksi palasiksi
- tehtävien väliset riippuvuudet ymmärrettävä – mahdolliset ongelmakohtat tiedossa ja resurssien käyttö suunniteltu sekä
- aikataulu siinä muodossa, että sen avulla on mahdollisuus valvoa tuotantoa.
(Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 19.)

2.3 Aikataulusuunnittelun vaiheet

Rakennushankkeen aikataulusuunnittelun vaiheistukseen vaikuttaa hankkeen laajuus ja vaativuus, kokonaiskeston kireys sekä työvoiman käyttötapa ja aliurakoitsijoiden saatavuus. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 19.)



Kuvio 1. Ajallisen suunnittelun kulku (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 20.)

Vaiheiden järjestystä ei voida pitää täysin ehdottomana ja aikataulusuunnittelussa joudutaan usein palaamaan aikaisempiin suunnitteluvaiheisiin, sillä suunnittelun edetessä huomataan aikaisemmissa suunnittelun vaiheissa syntyneet puutteet ja ristiriidat. Vasta lähempänä toteutusta voidaan sitouttaa tuotannon resursseja tavoitteen saavuttamiseen. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 20.)

Aikataulun suunnittelu alkaa huolellisella perehtymisellä rakennuskohteeseen.

Kohteeseen perehtyminen tapahtuu mm. suunnitelma- ja urakka-asiakirjoja sekä tavoitearviota apuna käyttäen. Tärkeitä selvitettäviä asioita ovat

- rakennusaika kokonaisuudessaan
- välitavoitteet
- tekniset vaatimukset
- olosuhteet tuotannolle
- tuotantotekniset ratkaisut
- työvoiman käytön perusteet
- aliurakoitsijalla teetetävät työt.

(Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 20).

2.4 Aikataulutehtävien muodostaminen

Aikataulussa lueteltuihin tehtäviin tarvitaan resursseja ja aikaa. Aikataulutehtävät on suunniteltava niin, että tehtävien ja koko työmaan eteneminen pystytään hallitsemaan tavoitteiden mukaisesti. Jotta tehtäviä voidaan helposti valvoa ja tuotantoa ohjata, tehtävien tulee olla selkeitä kokonaisuuksia. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 22.)

Tehtäviä valitessa on tärkeää kaikkien työmaan osapuolten yhteistoiminnan huomioon ottaminen. Tehtävät ovat sekä pääurakoitsijan että mahdollisen aliurakoitsijan työntekijöiden tekemiä työvaiheita, työlajeja ja näiden yhdistelmiä. Tehtäviä voivat olla esimerkiksi maankaivu, reunapalkin muotinteko, siltakaiteen asennus tai betonin paikkaus. Tehtävän sisältöön kuuluu monesti varsinaisen edistävän työn lisäksi suorituksia, jotka täydentävät tehtävää; aloittavia, lopettavia ja ylläpitäviä tehtäviä. Niitä ovat esimerkiksi kaluston ja materiaalien siirrot, suojaukset, suiivous ja telinetyöt. Tehtävät jaetaan tarvittaessa osatehtäviksi eri aikaan tehtävän toteutuksen, paikan ja työn luonteen mukaan. Osatehtäviä voivat olla esimerkiksi muotin osien teko tai valupinnan hierto. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 22.)

Tehtävien suoritelmäärät saadaan yleensä määräluettelosta. Jos määräluetteloa ei ole, määrät on laskettava erikseen. Mikäli määrälaskenta tehdään jo kustannuksia arvioitaessa, on siitä hyötyä sekä aikataulusuunnittelussa että myöhemmin hankintojen järjestelyä ja tuotannon valvontaa tehtäessä. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 22.)

2.5 Tehtävien mitoitus

Tehtäväluetteloa täydennetään kunkin työmenetelmän mukaisella työmenekillä tai tehtävän vaatimalla työpanoksella. Jokaista tehtävää varten valitaan työryhmän koko. Näiden lähtötietojen perusteella lasketaan tehtävän kesto. Kun kestoja lasketaan, työmenekki ja työsaavutus tulee valita tahdistavan työosan perusteella. Työmenekin ja työsaavutuksen arvioinnissa tulee ottaa huomioon monia niihin merkittävästikin vaikuttavia tekijöitä. Näitä ovat esimerkiksi

- suoritelmäärän vaikutus työn nopeutumiseen
- työryhmän koko, kokemus ja ammattitaito
- kohteen laajuus ja vaatimukset
- rakennetekniikka ja -ratkaisut
- kaluston ja koneiden soveltuvuus työhön sekä kunto
- sääolosuhteet
- palkkaustapa; suoritepalkka vs. kiinteä palkka
- työnsuunnittelun onnistuneisuus
- työmaajärjestelyt (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 22).

2.6 Työjärjestyksen suunnittelu ja valinta

Työjärjestystä suunniteltaessa rakennuskohde voidaan tarvittaessa jakaa osiin, siltatyömaalla esimerkiksi kaistojen, reunapalkkien tai muiden alueiden mukaan. Tehtävien riippuvuuksien perusteella voidaan laatia työvaiheiden järjestystä kuvaava suunnitelma pohjaksi jatkosuunnittelulle. Kunkin työn, tehtävän tai työvaiheen ajoitus on riippuvainen melkein kaikista muista työmaan toiminnoista siihen saakka, eli mitä on siihen mennessä tehty ja mitä pystytään tekemään. Tehtävien väliset riippuvuudet ovat töiden järjestyksen määrääviä, itse valittuja tai jostain syystä ehdottomia rajoitteita. Jotkin riippuvuuden voivat perustua esimerkiksi suunnitelma-asiakirjoihin. Riippuvuuksien asettaminen ja analysointi vaatii kokemusta työmaatoiminnasta. On tärkeää, että pystyy muodostamaan itselleen selkeän kuvan siitä, kuinka ja missä järjestyksessä työn tulisi edetä. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 22–23.)

Kun töiden suoritusjärjestyksiä ja toisiinsa limittymisiä suunnitellaan, voidaan tehtävien väliset riippuvuudet jakaa neljään eri ryhmään (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 22–23.):

1. Loogiset riippuvuudet

- ehdottomia, teknisesti mahdollista suoritusjärjestystä kuvaavia
- Esimerkiksi rauditus on asennettava ennen betonointia ja muottia ei voida purkaa ennen kuin betonointi on saatu valmiiksi ja betoni saavuttanut tarvittavan lujuuden

2. Olosuhderiippuvuudet

- määräytyvät sääolosuhteiden, sopimusten, työmaajärjestelyiden ja muiden tekijöiden mukaan
- Esimerkiksi sillan reunapalkit voidaan sopia uusittavaksi ennen kannen käsittelyä

3. Tekniset riippuvuudet

- aiheutuvat toteutusteknisistä seikoista
- Esim. sillan kansi valetaan kahdessa osassa, jotta liikenne voisi olla jatkuvasti jommallakummalla kaistalla

4. Resurssiriippuvuudet

- kuvaavat resurssien siirtymistä tehtävästä toiseen
- Esimerkiksi sillan kannen betonoinnin ja jälkihoidon jälkeen työpari jättää betonin kuivumaan ja siirtyy tekemään paikkauksia sillan alapuolelle

Resurssiriippuvuus tarkoittaa myös sitä, että esimerkiksi työryhmä tai kaivinkone voi tehdä ainoastaan yhtä työtä kerrallaan. Tällöin kyseistä resurssia vaativia työvaiheita ei pystytä tekemään yhtä kerralla.

Rakennustyömaan tehtävät ovat usein toisistaan ns. **loppu-alkuriippuvia**. Tehtävä siis voidaan aloittaa vasta silloin, kun edeltävä tehtävä on kokonaan valmis. Esimerkkinä jälleen betonointi, jota ei voida aloittaa ennen kuin raudoitus on tehty valmiiksi. **Alku-alkuriippuvuutta** kuvaa hyvin reunapalkin muotituksen ja raudoituksen välinen tekninen riippuvuus. Reunapalkin muotituksen on alettava ennen raudoituksen aloittamista, mutta sen ei tarvitse olla kokonaan valmis. Näin ollen raudoituksen voi aloittaa, kun muotittotyötä on tietyn verran aloitettu ja raudoitus voi seurata muotin tekoa osittaisella limityksellä. Näillä kyseisillä työvaiheilla on samalla myös loppu-**loppuriippuvuus**. Muotinta ei voi tehdä kokonaan valmiiksi ennen kuin reunapalkin raudoitukset on saatu tehtyä. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 22–23.)

Alku-loppuriippuvuus tulee kyseeseen yleensä tehtävässä, missä jollekin työlle täytyy luoda onnistumisen edellytykset jollain toisella työllä. Tällainen tilanne on, kun betonoinnin onnistumiseksi on ylläpidettävä lämmitystä sekä suojauksia lumelta ja kosteudelta talviolosuhteissa. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 22–23.)

Tehtävien väliset pakolliset riippuvuudet tunnetaan yleensäkin hyvin. Riippuvuuksia pitäisi lisäksi tutkia rakennejärjestelmistä, rakenteiden liittymäkohdista, aikatauluista, resurssitaulukoista ja erikoisuunnitelmista työmaan oletettavien ongelmakohtien havaitsemiseksi. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 22–23.)

2.7 Tehtävien ajoitus ja resurssien tasaus

Kun tehtävät syötetään aikatauluun, on otettava huomioon

- tahdistus eli mietitään, miten tehtävät saadaan kestoltaan samanmittaisiksi, tasaisesti piteneviksi tai lyheneviksi, jotta ajankäyttö olisi tehokasta ja tehtävät hyvin ohjattavissa
- rytmitys eli ratkaistaan, kuinka tehtävät saadaan jatkuviksi suoritämäärien vaihdellessa kohteittain
- työryhmien käytön jatkuvuus eli selvitetään, kuinka työntekijät saadaan mahdollisimman tehokkaasti työllistetyiksi

Lisäksi selvitetään kaluston ja työkohteiden riittävyys. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 23–24.)

Tahdistusta varten tehtäville lasketaan tahdistettava kesto ja valitaan aloitusväli tehokkaan rakennusajan, tahdistettavien tehtävien lukumäärän ja määrätyn aloitusvälin mukaan. Tehtävän kestoa ei pystytä lyhentämään loputtomiin pelkästään työntekijöiden määrää lisäämällä. Jokaiselle työvaiheelle on olemassa optimaalinen työryhmä, joka pystyy tehokkaimpaan suoritukseen. Työryhmän vaihtuvuudella on yleensä vaikutus työmenekkiin, koska mm. ammattitaito ja työnjako muuttuvat.

Yleisesti tahdistus tehdään pääasiassa muuttamalla tehtävien sisältöä ja käyttämällä joissain tehtävässä enemmän työntekijöitä. Tällöin tulee huolehtia, että kaikilla työntekijöillä on hyvät edellytykset työntekoon ja että koneet sekä muu kalusto pystyvät palvelemaan kaikkia osallisia mahdollisimman tehokkaasti. Tahdistusratkaisut vaikuttavat lisäksi rakennusteknisten töiden aliurakoiden sopimusehtoihin ja sisältöön. Lopulliset aikataulutehtävät saadaan tahdistuksen jälkeen ja ne ovat

- perinteisiä työvaiheita ja työlajeja sekä
- suurtehtäviä, joissa työryhmän työnä on useiden työlajien töitä.

Rytmitystä hyödyntämällä tehtävät saadaan jatkuviksi työkohteesta riippumatta ja keskeytyksittä silloinkin, kun suoritelmäärät poikkeavat suuresti toisistaan eri työkohteissa. Rytmitys voidaan tehdä

- aloituksia siirtämällä
- käyttämällä kohteissa erikokoisia työryhmiä
- järjestämällä työkohteen ulkopuolelle/toiseen kohteeseen vähemmän kiireellinen "varatyö"
- tehtävien työjärjestystä vaihtamalla
- käyttämällä hyödyksi teknisiä ratkaisuja.

Lisäksi työryhmien käyttöä suunnitellaan tarkasti aikataulua laadittaessa. Työryhmien käyttöä voidaan selvittää jana-aikataulun ja paikka-aikakaavion avulla. Tehtävien järjestystä aikataulussa voidaan tarvittaessa muuttaa, jotta työryhmille kyetään osoittamaan seuraava työtehtävä edellisen tehtävän valmistuttua. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 23–24.)

Ohjauksen helpottamiseksi työurakat kannattaa sopia aikataulun mukaisista työkokonaisuuksista. Työurakoiden solmiminen edellyttää, että tunnetaan aikataulutehtävien sisältö ja työryhmien koko sekä ammatti- ja aputyön suhde.

2.8 Aikataulussa pysyminen edut

Aikataulussa pysyminen on työmaan hallinnan menestystekijöistä tärkein. Aikataulussa pysyminen vaikuttaa kustannuksiin, työturvallisuuteen ja työn laatuun. Tuotannon edetessä hallitusti ilman ylimääräistä kiirehtimistä, pystytään välttämään aikataulun kuromisesta aiheutuvat lisäkustannukset ja pitämään samalla laatu ja työturvallisuus vaadittavalla tasolla. (Junnonen 2010, 17.)

Ajallisen ohjauksen ja siihen liittyvien kustannustekijöiden kannalta oleellisia asioita ovat mm. seuraavat tekijät (Junnonen 2010, 17–19.):

- **Myöhästymissakot**
- Esimerkiksi 0,5 % / viikko, max 7,5 % urakan kauppahinnasta. Suurempiakin sanktioita on käytössä. 10 %:n myöhästymissakko on yleinen ja kriittisissä osaprojekteissa on käytetty kymmenienkin prosenttien sakkoja. Näin suuriin sakkoihin ei tilaajalla kylläkään YSE 1998:n mukaan ole oikeutta, ellei urakoitsija ole menetellyt tahallisesti tai törkeän tuottamuksellisesti.

- **Sidotun pääoman korko**

- Urakkaan investoiduille koneille/laitteille ja työlle voidaan laskea käypä korko. Rakennusprojekteissa välilliset kustannukset (tilat, työmaajärjestelyt, varatut laite- ja koneresurssit) voivat olla merkittäviä.
 - **Tuotto projektin tuloksesta**
 - Kun tuotto saadaan alkamaan aiemmin, voitetaan rahaa. Esimerkiksi 30 miljoonan euron teollisuuslaitoksen tuotoksi saatiin 2,3 % / kk investoidusta pääomasta. Jos laitos saadaan onnistuneen aikataulusuunnittelun ansiosta käyntiin viikkoa suunniteltua aiemmin, on ansaittu 170 tuhatta euroa.
 - **Menetetty tuotto**
 - Teollisuuslaitosten kunnossapitoseisokeissa voidaan arvioida seisokin aiheuttama tuotannon menetys. Esimerkiksi paperikoneen huoltoseisokin aiheuttama menetys on arviolta 7000 euroa tunti. Jos seisokkia saadaan lyhennettyä yhdellä päivällä, antaa se noin 168 tuhannen euron säästön.
 - **Markkinaetu**
 - Tuotekehitysprojekteissa tärkeä tekijä on saattaa tuote markkinoille ennen kuin kilpailijat sen tekevät. "Time to market" -ajan kehittäminen on keskeinen projektitoiminnan kehittämistavoite. Mikäli tuote on ensimmäinen maailmassa, voidaan se hinnoitella niin, että saadaan hyvä kate. Imago-vaikutuksista tulee lisäarvoa.
 - **Maine luotettavana toimijana**
 - Tilaajalle on tärkeää, että se voi luottaa aikataulun pitävyyteen. Näin urakoitsijoiden/toimittajien valinnassa syrjäytetään ne, joilla on tapahtunut myöhästymisiä aiemmissa projekteissa. (Pelin 2008, 108.) Luotettavan urakoitsijan annetaan lisäksi monesti tehdä töitä vapaammin, ilman jatkuvaa, tiukkaa ja ulkopuolista valvontaa.

Oikein ajoitettu projekti näkyy luonnollisesti myös kokonaiskustannuksissa. Jos aikataulua joudutaan kuromaan ylitöillä ja lisäresursseilla, budjetti ylittyy helposti. Jos pienellä katteella laskettu urakka ajautuu sakoille, katteet voivat helposti kulua sakkoihin.

2.9 Käsitteistö

Työmenekki on aika, joka työntekijällä tai koneella kuluu yhden suoriteyksikön tekemiseen. Työryhmän työmenekki saadaan laskemalla työryhmään kuuluvien työntekijöiden työmenekkien summa. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 9.)

Työsaavutus on työryhmän tietyssä aikayksikössä tuotettujen suoritteiden lukumäärä. Työsaavutuksesta voidaan käyttää myös nimityksiä teho ja kapasiteetti. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt

2012, 9.)

Työsaavutus ja työmenekki ovat toistensa käänteislukuja työryhmän ollessa yksi työntekijä. (Mittaviivan [www-sivut](#)).

T3-aika, tehollinen aika ns. työvuoroaika on tavoitteellinen työmenekki, johon ei sisälly yli tunnin mittaisia häiriöitä tai keskeytyksiä. Tehollista aikaa käytetään rakentamisvaiheikataulujen, viikkoaikataulujen ja tehtäväsuunnitelmien laadinnassa. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 9.)

T4-aika, kokonaisaika eli työvaihe aika sisältää kaikki työhön kuluneet tunnit, myös tunnin kestävät tai pidemmät keskeytykset työskentelyssä. Kokonaisaikaa käytetään kustannuslaskennassa ja yleisaikataulujen laatimisessa. $T4 = TL3 \times T3$. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 9.)

TL3-kerroin, työvaiheen lisäaikakerroin. Työvaiheen lisäajat ovat vähintään tunnin mittaisia keskeytyksiä työhön, pieniä erillisiä työvaiheita tai työkoneiden ja laitteiden rikkoutumisia tai huoltoja, odotusaikoja, säähaittoja, tapaturmia tms. Kerroin vaihtelee 1,1...1,3 välillä riippuen työn laadusta. (Lindberg, Koskenvesa, Sahlstedt 2012, 9.)

3 LASKENTAESIMERKKEJÄ TYÖMENEKEISTÄ

Työn kesto lasketaan jakamalla työntekijätunnit työryhmän koolla tai työryhmän (esim. 2 RAM) yhteen työvuoroon tekemillä työtunneilla. (Mittavivan www-sivut)

3.1 Laskentaesimerkki 1

Telinetyön työmenekki (T4) on 0,84 tth/m³ ja tahdistavan työryhmän koko on 2 rakennusmiestä.

Työsaavutus

Työmenekin perusteella pystytään laskemaan, että yhden miehen työsaavutus on työmenekin käänteisluku eli

$$\frac{1}{\text{työmenekki}} = \frac{1}{0,84\text{tth}/\text{m}^3} = 1,19 \text{ m}^3/\text{tth}$$

Tahdistavan työryhmän yhden työvuoron työsaavutus lasketaan jakamalla työvuoron työntekijätunnit työmenekillä eli

$$\frac{\text{Työryhmä} \cdot 8(\text{tth}/\text{tv})}{\text{työmenekki}(\text{tth}/\text{yks})} = \frac{2 \cdot 8(\text{tth}/\text{tv})}{0,84\text{tth}/\text{m}^3} = 19 \text{ m}^3/\text{tv}$$

Työmenekki, työntekijätunnit

Työhön käytettävät työntekijätunnit saadaan kertomalla työmenekki työn suoritelmäärällä. Jos suoritelmäärä on 80 m³, saadaan kokonaistyömenekiksi

$$\text{Määrä} \cdot \text{työmenekki} = 80 \text{ m}^3 \times 0,84 \text{ tth}/\text{m}^3 = 67 \text{ tth}$$

Työn kesto

Työn kesto lasketaan jakamalla työntekijätunnit työryhmän koolla tai työryhmän (esim. 2 RAM) yhteen työvuoroon tekemillä työtunneilla.

työn kesto tunteina:

$$\frac{\text{Kokonaistyömenekki}(\text{tth})}{\text{Työryhmä}} = \frac{67 \text{ tth}}{2 \text{ RAM}} = 33,5 \text{ tth}$$

työn kesto työvuoroina:

$$\frac{\text{Kokonaistyömenekki}(tth)}{\text{Työryhmä} \cdot 8(tth/tv)} = \frac{67 tth}{2 \cdot 8 tth/tv} = 4,2 tv$$

3.2 Laskentaesimerkki 2

Yleisaikataulutiedostossa muottityön tahdistavan työryhmän työsaavutus on 6 m²/tv ja työryhmän koko on 2 rakennusmiestä.

Työmenekki

Työmenekki lasketaan jakamalla tahdistavan työryhmän työtuntimäärä yhdessä työvuorossa työsaavutuksella eli

$$\frac{\text{Työryhmä} \cdot 8(tth/tv)}{\text{Työsaavutus}(yks/tv)} = \frac{2 \cdot 8 tth/tv}{6 m^2/tv} = 2,67 tth/m^2$$

Työsaavutus

Työryhmän työsaavutus yhdessä tunnissa, lasketaan jakamalla työsaavutus työtunneilla eli

$$\frac{\text{Työsaavutus}(yks/tv)}{h/tv} = \frac{6 m^2/tv}{8 h/tv} = 0,75 m^2/h$$

3.3 Laskentaesimerkki 3

Aikataulutehtävät ovat töitä ja toimintoja, joihin vaaditaan sekä aikaa että resursseja. Tehtävän kesto lasketaan joko tahdistavan työryhmän työsaavutusta tai tahdistavan työryhmän työmenekkiä käyttäen.

Tehtävän kesto

Reunapalkin muottityöt suoritemäärä on 54 m², tahdistavan työryhmän työsaavutus 6,23 m²/tv ja tahdistava työmenekki on 2,57 tth/m². Tahdistava työryhmä on kaksi rakennusmiestä.

Työn kesto lasketaan jakamalla työn suoritemäärä tahdistavan työryhmän työsaavutuksella eli

$$\frac{\text{Suoritemäärä}(yks)}{\text{Työsaavutus}(yks/tv)} = \frac{54 m^2}{6,23 m^2/tv} = 8,7 tv$$

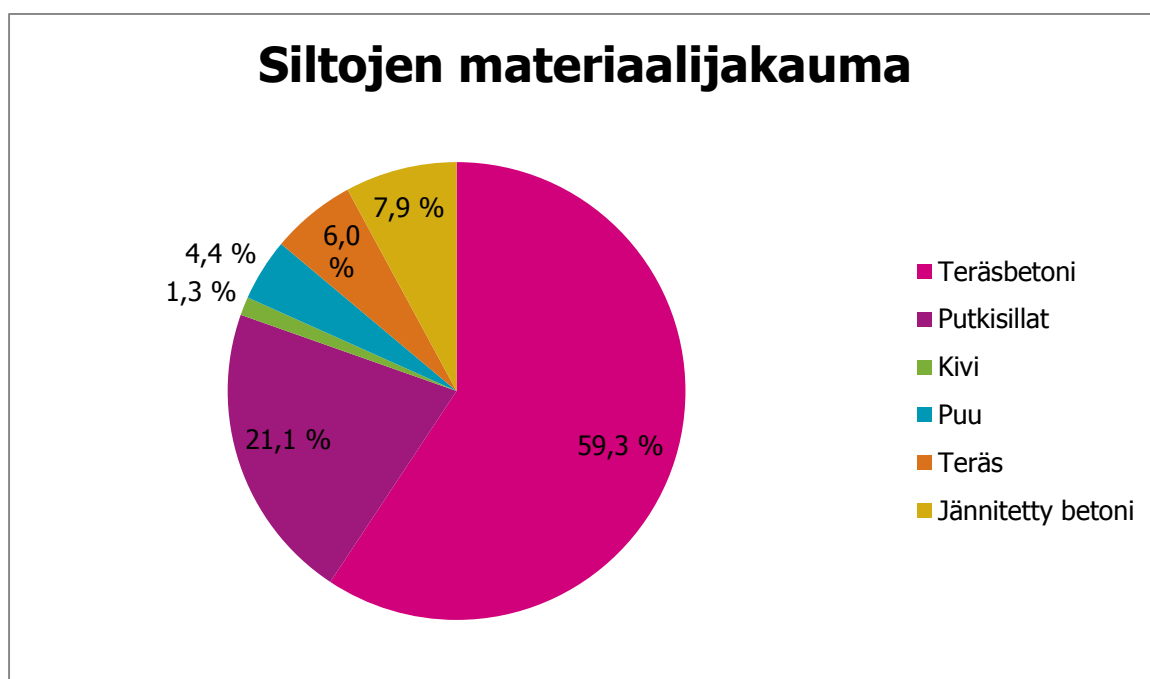
Toinen vaihtoehto on laskea ensin työhön käytettävät työntekijätunnit eli kohteen suoritemäärä ker-
taa työmenekki. Työntekijätunnit tulee jakaa työryhmän työvuorossa tekemällä tuntimäärällä eli 16
tth.

$$\frac{\text{Suoritemäärä (yks)} * \text{Työmenekki (tth/yks)}}{\text{Työryhmä} * 8 \text{ (tth/tv)}} = \frac{54 \text{ m}^2 * 2,57 \text{ tth/m}^2}{2 * 8 \text{ tth/tv}} = 8,7 \text{ tv}$$

4 SILTOJEN KORJAUS SUOMESSA

4.1 Siltojen nykytila

Suomen yleisillä maanteillä on noin 14 600 siltaa. Putkisiltoja näistä on noin viidennes. Teräsbetoni on yleisin siltojen rakennusmateriaali (kuvio 2.) Suurin osa silloista on valmistunut 1950-luvulla tai myöhemmin, ja yli kolmannes 1960- ja 1970-luvuilla. Ensimmäinen sillan peruskorjaus on tarpeen keskimäärin 30–40 vuoden iässä, joten korjaustarve alkaa olla nyt ja lähivuosina suurimmillaan. Noin kymmenen vuoden päästä korjaustarve alkaa uudelleen kasvaa, kun 90-luvulla rakennetut mittavat siltamäärät tulevat peruskorjausikään ja peruskorjauskierto alkaa vanhojen siltojen osalta taas uudestaan. (Siltojen ylläpito 2009, 14.)



Kuvio 2. Siltojen materiaali-jakauma (Tomi Kortelainen)

4.2 Siltojen kunto

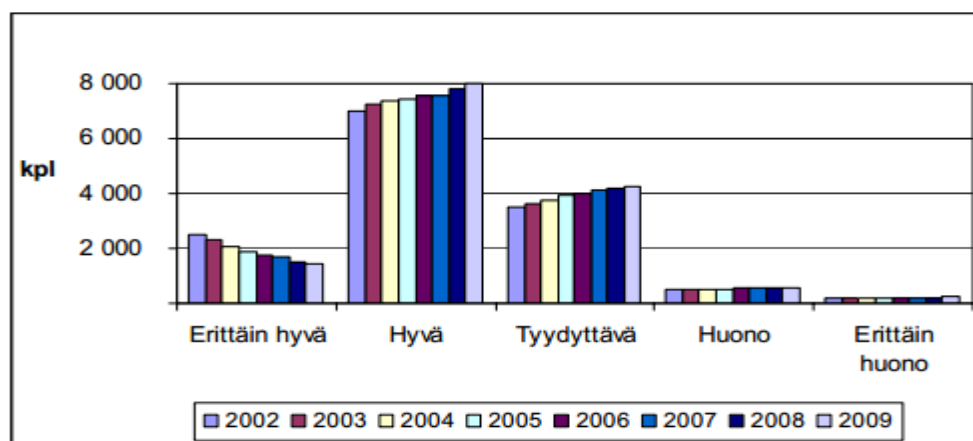
Siltojen kuntoa tarkkaillaan siltojen yleistarkastuksilla, joita tehdään keskimäärin viiden vuoden välein. Yleistarkastukset on ohjeistettu hyvin yksityiskohtaisesti. Siltarekisteriin kirjataan sillan mahdolliset vauriot, päärakenneosien kuntotiedot sekä yleiskuntoarvio sillasta. (Siltojen ylläpito 2009, 16.)

Siltojen ylläpidossa sillaston kunnan määrittelyssä käytetään kaikkien siltojen vauriopistesummaa (VPS) sekä huonossa kunnossa olevien siltojen lukumäärää. Kunkin sillan vauriopistesumma laskeaan useiden tekijöiden funktiona sillan viimeisimmässä yleistarkastuksessa Siltarekisteriin kirjatusta vaurioista. Päärakenneosien kuntoarvioiden painotettuna keskiarvona saadaan sillan laskettu yleiskunto (LYK). Yleiskuntoarvion, lasketun yleiskunnon sekä vakavimpien vaurioiden perusteella sillat

jaetaan kuntoluokituksen mukaisiin viiteen eri kuntoluokkaan. Luokituksen tarkoituksena on jakaa sillat ylläpitotarpeiden mukaisiin luokkiin seuraavasti (Siltojen ylläpito 2009, 16.):

- Erittäin hyvä – ei ylläpitotarpeita
- Hyvä – vähäistä kunnostusta
- Tyydyttävä – peruskorjaus tulossa
- Huono – peruskorjaus heti
- Erittäin huono – peruskorjaus jo myöhässä

Kuntotutkimusten seurannan perusteella selviää, että hyvässä ja tyydyttävässä kunnossa olevien siltojen lukumäärä on kasvussa (kuva 2.) Myös tästä voidaan päätellä, että peruskorjausta vaativien huonokuntoisten siltojen määrä tulee lähivuosina kasvamaan. Huonokuntoisista silloista suurin osa sijaitsee Uudenmaan, Varsinais-Suomen sekä Pohjois-Savon Ely-keskusten alueilla. (Siltojen ylläpito 2009, 17.)



Kuva 2. Tiehallinnon siltojen kunnan kehitys kuntoluokittain 2002–2009 (Siltojen ylläpito 2009, 17.)

Silta laitetaan peruskorjausohjelmaan silloin, kun sen kuntoluokka on huono. Mikäli kuntoluokka on jo erittäin huono, peruskorjaus täytyy tehdä kiireellisesti. Sillan peruskorjauksessa uusitaan tai korjataan kaikki vaurioituneet ja kuluneet sillan ja siltapaikan rakenteet alkuperäistä vastaavaan kuntoon. Työtä varten sillalle suoritetaan erikoistarkastus ja tehdään korjaussuunnitelma. Sillan toiminnalliset puutteet ja mahdollisuudet niiden poistamiseen selvitetään korjaussuunnittelun yhteydessä. (Siltojen ylläpito 2009, 24–25.)

4.2.1 Tyypillisimmät vauriot

Betonirakenteisten siltojen ongelmana on, että ne ovat alttiita pakkasen, veden ja tiesuolojen aiheuttamalle rapautumiselle. Lisäksi betonirakenteiden halkeilu, sekä karbonatisoituminen ilmassa olevan hiilidioksidin vaikutuksesta ovat isoja ongelmia. Tilanne alkaa muodostua vaaralliseksi, kun raudoitusta suojaava betonipeite on rapautunut tai menettänyt emäksisyytensä. Betonin laadulla ja raudoituksen suojaetäisyydellä on siis tärkeä merkitys. Yleisimpiä vauriotyyppejä ovat betonin hal-

keilu ja muut pintavauriot sekä raudoituksen korroosio. Kosteat olosuhteet ovat yleensä suurena osasyynä betonirakenteiden vaurioitumisessa. (SILKO 1.201 2007, 5 – 6.)

Teräsbetonisten rakenteiden säilyvyyteen vaikuttavia ulkoisia tekijöitä ovat

- kloridit, kosteus sekä muut ympäristön epäpuhtaudet
- ilman CO₂-pitoisuus
- pakkasrasitus ja lämpötilan vaihtelu
- liikenteen, virtaavan veden ja jäiden aikaansaama kuluminen
- merivesi ja – tuuli.

Betonin ominaisuudet, jotka kiihdyttävät näiden ulkoisten rasitustekijöiden vaikutuksia, ovat

- huono tiiviys
- betonipinnan halkeilu
- voimakas karbonalisoitumistaipumus
- suojahuokosten määrä vähäinen.



Kuva 3. Halkeamia Louhiojan sillan etumuurissa. (Heikkinen Mikko)



Kuva 4. Teräskorroosio on irrottanut betonipeitteen. (Heikkinen Mikko)



Kuva 5. Reunapalkin alapinnan rapautumaa ja vesivuoto. (Heikkinen Mikko)

Yleisimmät siltojen betonirakenteiden vauriot ovat

- halkeilu (Kuva 3)
- korroosiovauriot raudoituksessa (Kuva 4)
- betonin pakkassuolarapautuminen (Kuva 5)
- veden jääytymisestä aiheutuneet vauriot (Kuva 6)
- törmäyksistä aiheutuneet vauriot (Kuva 7).



Kuva 6. Todennäköisesti veden jäätyminen aiheuttama vaurio reunapalkissa. (Heikkinen Mikko)



Kuva 7. Sillan välituen pilarin törmäysvaurio ja väliaikainen tuenta. (SILKO 1.201 2007, 5.)

5 SILLAN KORJAUSRAKENTAMISEN TYÖVAIHEET

Yleensä sillankorjauskohteesta uusitaan reunapalkit, vedeneristeet, silta- ja pengerkaiteet, päällystet sekä kunnostetaan eristysalusta. Näiden lisäksi tehdään monia pienempiä töitä, kuten esimerkiksi betonin paikkauksia ja keilakiveyksien siistimisiä. Yleisimmistä työvaiheista tähän opinnäytetyöhön valittiin reunapalkin uusiminen sekä kannen korjaaminen valamalla, joista selitetään tarkempi työn kulku ja laadunvarmistustekijät.

5.1 Reunapalkin uusiminen

5.1.1 Vauriot

Yleisin reunapalkin uusimiseen johtava vaurio on betonin rapautuminen. Veden päästessä betonin huokosiin, se irrottaa betonin pintaa kerros kerrokselta ja näin rapautuminen etenee. Teiden talvi-suolaus lisää vaurioiden syntymistä sulamis- ja jääty miskertojen lisääntyessä. Kun rapautuminen pääsee niin pitkälle, ettei betoni enää suojaa alla olevaa raudoitusta, vaurio etenee nopeasti teräksen korroosion takia. Teräskorroosia voi käynnistyä jo aikaisemmassakin vaiheessa, jos kloridit pääsevät tunkeutumaan reunapalkkiin syntyvien halkeamien kautta rakenteeseen. Silloin betonipeite lvoi lohjeta pois ja korroosio voimistuu. Joskus esimerkiksi kaidepylväiden juureen jää onkaloita, jotka täyttyvät vedellä ja jäätyvät, jolloin rakenne murtuu. Betonin sisään unohtuneet puuvälikkeet voivat aiheuttaa samankaltaisen vaurion. (SILKO 2.211 2008, 1.)

Reunapalkin uusiminen on suuritöinen, joten vaurioiden annetaan usein edetä suhteellisen pitkälle. Korjaukseen ryhdytään usein vasta pääraudoituksen tultua näkyviin. Vaatimuksena on kuitenkin, että liikenneturvallisuus ei saa vaarantua reunapalkista lohkeilevan betonin kappaleiden tai kaidetolppien huonon kiinnityksen vuoksi. Reunapalkkeja ei yleensä uusita erikseen, vaan uusinta suoritetaan sillan peruskorjauksen yhteydessä. Kaiteet uusitaan lähes poikkeuksetta samalla kuin reunapalkkikin. (SILKO 2.211 2008, 1.)

5.1.2 Työn suoritus

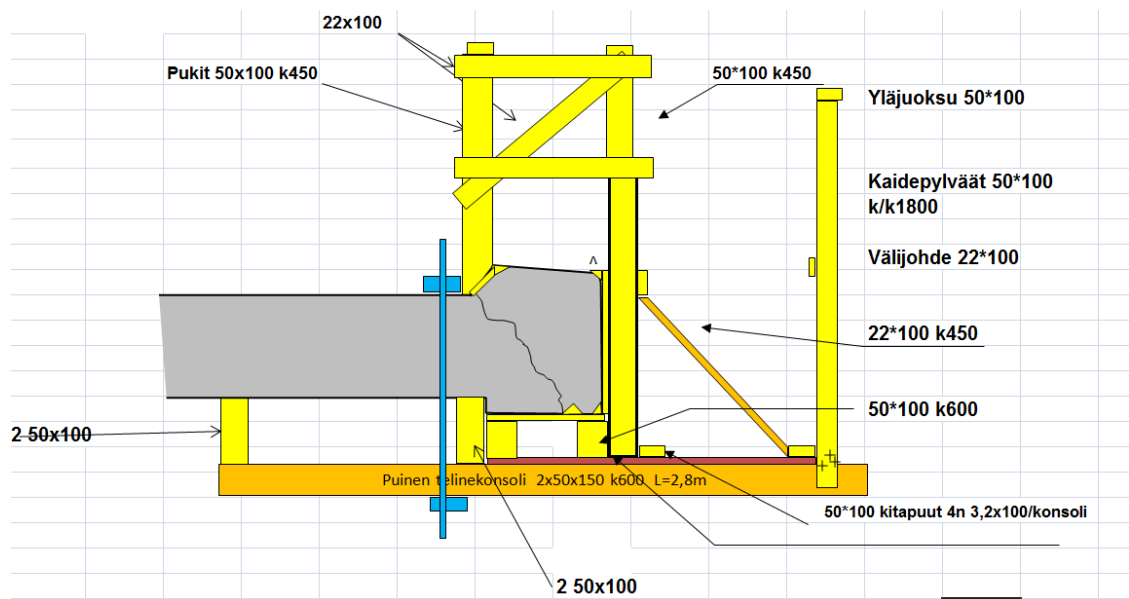
Ennen töiden aloittamista on laadittava liikenteenohjaussuunnitelma sekä lähetettävä liikennehaittailmoitus Liikennevirastolle. Kun liikennejärjestelyt on saatu valmiiksi, voidaan aloittaa vanhojen päällystekerrosten ja mahdollisen suojabetonin poisto reunapalkkien viereltä. Ensin asfaltti rajataan esimerkiksi timanttisahalla, jotta se lähtee siististi irti. Tämän jälkeen päällystekerrokset voidaan poistaa kaivinkoneella tasakärkistä kauhaa käyttäen. (Savon Kuljetus. Työ- ja laadunvarmistusohje)

Telineiden teko alkaa konsoleiden asennuksella. Konsoleille porataan reiät sillankannesta läpi erillisen muottisuunnitelman mukaan, esimerkiksi 600 mm välein. Konsoleiden kiinnittämiseen käytetään kierretankoja, muttereita ja aluslevyjä. Konsoleiden asennuksen jälkeen voidaan rakentaa työtaso ja kaiteet puutavarasta ja vanerista (Kuva 10.). Työtason valmistuttua voidaan poistaa vanha siltakaidede. Kaide pätkitään lyhyemmiksi palasiksi kulmahiomakoneella tai polttoleikkaamalla ja nostetaan

pois esimerkiksi nosturilla varustetulla kuorma-autolla. (Savon Kuljetus. Työ- ja laadunvarmistusohje)



Kuva 8. Valmiit työtelineet alhaalta päin kuvattuna. (Kortelainen Tomi)



Kuva 9. Teline- ja muottisuunnitelma, Ulkkajoen silta, Lieksa.

Vanha reunapalkki puretaan piikkaamalla. Ennen piikkausta piikattava alue rajataan kulmahiomakoneella tai timanttisahalla siistin jäljen takaamiseksi ja halkeilun estämiseksi. Reunapalkin piikkauk-

seen soveltuvia menetelmiä ovat vesipiikkaus (Kuva 10.), piikkaus hydraulisella robotilla sekä koneellinen piikkaus piikkausvasaralla. (SILKO-ohje 2.211, 6). Kaikki huonokuntoinen betoni piikataan pois.



Kuva 10. Vesipiikkausyksikkö sillan kannella. (Romppainen Aleks)

Piikkaus ulotetaan vähintään 20 mm raudoituksen taakse. Piikatun pinnan tulee olla rosainen ja karkea. Vesipiikattu pinta pestään paineella ja muulla tavalla piikattu pinta täytyy suihkupuhdistaa ja pestä painepesurilla. Tartuntapintaan ei saa jäädä yhtään epäpuhtauksia tai irtainta ainesta. Jos käytetään jotain muuta tapaa kuin vesipiikkausta, betoniterästangot tulee puhdistaa ruosteesta piikatun pinnan suihkupuhdistuksen yhteydessä puhdistusasteeseen Sa 2½. Mikäli reunapalkkiin ei kohdistu suolarasitusta, puhdistuksen saa tehdä porakoneen teräsharpalla puhdistusasteeseen St 2. Raudoitusta piikataan esiin sen verran, että nähdään raudoituksen olevan ruosteetonta vähintään 100 mm:n pituudelta tai piikkausraja selvitetään potentiaalimittauksella. (SILKO-ohje 2.211, 6.)

Reunapalkin muotitus aloitetaan piikkauksen jälkeen. Muotit valmistetaan siltapaikalla puutavarasta. Yleensä muottilautana käytetään sahattua raakaponttilautaa, joka on ulkokuivaa eli sen kosteusaste on keskimäärin 20 %. (SILKO-ohje 2.211, 7). Sahattu pinta tulee aina betonia vasten. Ensin tehdään muottipohja. Se kiilataan vanhaa betonipintaa vasten tiiviisti, jottei betoni pääse valussa karkaamaan mistään kolosta. Yleensä tämän jälkeen porataan ja asennetaan tartunnat reunapalkin raudoitukselle. Reikien mitat ja sijainti tarkistetaan työkortista. Poraamisen jälkeen reiät puhdistetaan paineilmalla. Tartunnat kiinnitetään juotoslaastilla tai ankkurointimassalla ja niiden alasvaluminen estetään esimerkiksi alumiinitangoilla. Juotoksen onnistuminen testataan laastin kuivuttua koputtamalla vasaralla kevyesti tartunnan päähän.

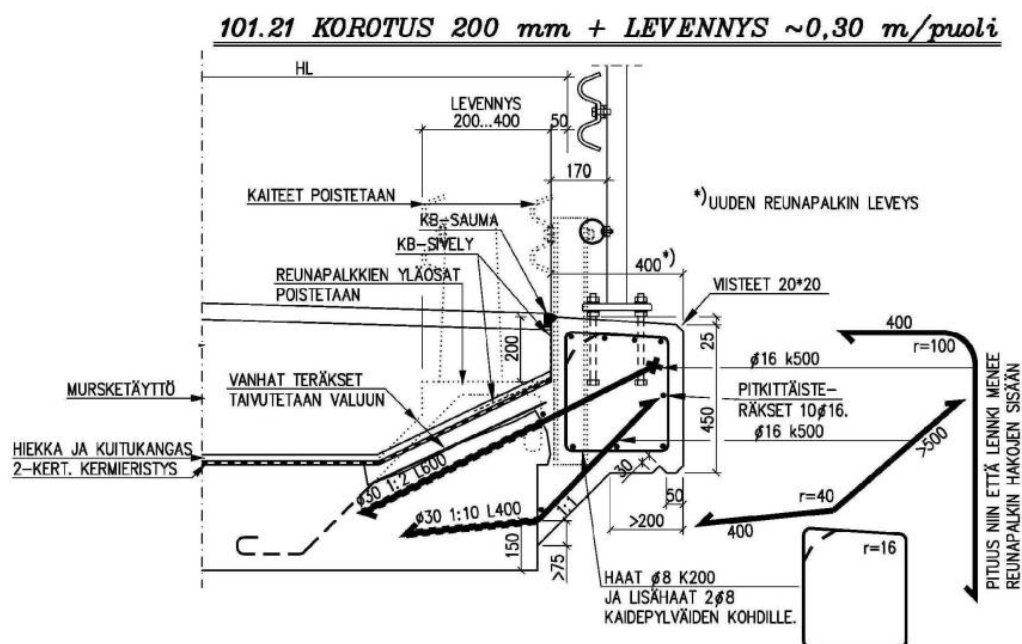


Kuva 11. Reunapalkin muotti, Ulkajoen silta, Lieksa. (Kortelainen Tomi)

Tartuntojen asennuksen jälkeen tehdään seinämuotti. Suolatuilla tieosuuksilla seinämuottiin kiinnitetään muottikangas, joka vähentää pintahuokosia ja parantaa pinnan pakkasuolakestävyyttä. (SIL-KO-ohje 2.211, 7). Ennen muotin loppuun tekemistä suoritetaan raudoitustyö työkortin mukaan.

Työn aikana on kiinnitettävä erityistä huomiota seuraaviin asioihin (Niskanen Jani 2012):

- välitteitä riittävästi ja kiinnitys alumiininauloilla
- jatkospituudet ovat riittäviä
- teräksiä oikea määrä
- suojaetäisyydet riittäviä
- teräksien taivutus
- teräkset sidotaan sinkityillä sidelangoilla riittävän lujasti, jotta niiden paikoillaan pysyminen varmistetaan betonoinnin aikana
- pulttiryhmien sijainti ja lisähaat
- muotin puhdistus raudoitusjätteistä



Kuva 12. Työkortti reunapalkin uusimiseen. (Siltanylund Oy)

Lopuksi asennetaan reunapalkit, muotin sisäreuna ja tuetaan takaseinä. Muotin valmistuttua asennetaan kaidetolppien kohdille pulttiryhmät, viisterimat muotin kulmiin sekä liikuntasaumojen kohtiin esimerkiksi polyuretaanilevyt.

Ennen betonointia on huolehdittava seuraavista asioista:

- Liikennejärjestelyt, turvavaatetus, henkilökohtaiset suojaimet ja Tieturvapätevyudet kunnossa
 - Betonointisuunnitelma on laadittu.
 - Tarkastetaan suunnitelmista saatujen massan rasitusluokkien sopivuus kohteeseen
- Varmistetaan, että edelliset työvaiheet on tehty:
- ympäröivien rakenteiden lämmitys kylmissä olosuhteissa
 - teline ja muotti on tarkastettu (mitat ja tuenta)
 - raudoitus tarkastettu ja dokumentoitu
 - muotti puhdistettu ja tarkistettu
 - pulttiryhmät asennettu
- Selvitetty varabetoniasema ja varakaluston löytyminen työmaalta
 - Rajoitetaan tärinät betonin sitoutumisajaksi, esim. nopeusrajoitukset, louhinnat
 - Betonipintojen ja muotin kastelu (muottilautojen sopiva turvotus) ennen betonointia (Niskanen Jani 2012)

Betonoinnista pidetään pöytäkirjaa. Reunapalkeissa käytetään P-lukubetonia, notkeusvaatimukseen S3-S4. (SILKO-ohje 2.211, 9). Betonikuormista otetaan näytteet, joiden ilmamäärä mitataan ja kirjataan ylös. Valussa muotti täytetään betonilla mieluiten kerroksittain siten, että alkuun betonoidaan korkeussuunnassa hieman yli puoliväliin muottia. Hetken päästä massa on jo jähmettynyt sen verran, ettei se sauvatäryttimellä tiivistettäessä karkaa muotin sisäreunan alta pois muotista.

Betonimassa tiivistetään 25–48 mm:n tärytyssauvalla tärytysajan ollessa 200–300 s/m³. Lopuksi tehdään kevyt muottitärytys. Jälkitiivistys on tehtävä massan tärytysajan kuluessa. Mikäli tarkempaa määritystä ei tehdä, jälkitärytys on mahdollista vielä, kun sauva painuu omalla painollaan massaan. Jos käytetään notkistavia lisäaineita, niiden vaikutus tärytykseen täytyy ottaa huomioon. (SILKO-ohje 2.211, 9.)

Yläpinta hierretään ja tasoitetaan lastalla. Hierto on tehtävä ennen, kuin betonimassa alkaa jäykistyä. Pinnan hiertämisen jälkeen se kastellaan sumuttamalla tai ruiskutetaan jälkihoitoaine sekä peitellään pinnat muovilla. Jälkihoitoaine hidastaa betonipinnan kuivumista ja ehkäisee näin halkeilua. Pintojen jälkihoitoaika on vähintään yksi viikko. Varsinaisen jälkihoitoaineen vaikutus vastaa 3,5 vuorokauden kostejälkihoitoa. (SILKO-ohje 2.211, 9). Tämän jälkeen muotti voidaan purkaa.

5.2 Kannen korjaaminen valamalla

5.2.1 Vauriot

Sillan kansilaatan yläpintaa joudutaan korjaamaan seuraavista syistä (SILKO-ohje 2.240, 4.):

- Kansilaatan betoni on rapautunut tai betonin kosteuspitoisuus on liian korkea.
- Kansilaatan pinta on epätasainen, jos betoni on hierretty tai tiivistetty huonosti, muotit ovat antaneet periksi tai juuri valettuun pintaan on aiheutettu painaumia lankuilla tai kävelemällä.
- Eristysalustan viettokaltevuus ei ole riittävä.
- Eristysalustan kloridipitoisuus on liian korkea, minkä takia betoni rapautuu.
- Betoniteräksiä on kannen pinnassa.
- Eristysalustassa on tartuntaa huonontavaa bitumia tai muuta vastaavaa ainetta.

Lisäksi vesivuodoista aiheutuu monenlaisia seuraamuksia, kuten suolaisen veden päästessä raken- teeseen, betoni rapautuu ja korroosio iskee raudoitukseen.

5.2.2 Työn suoritus

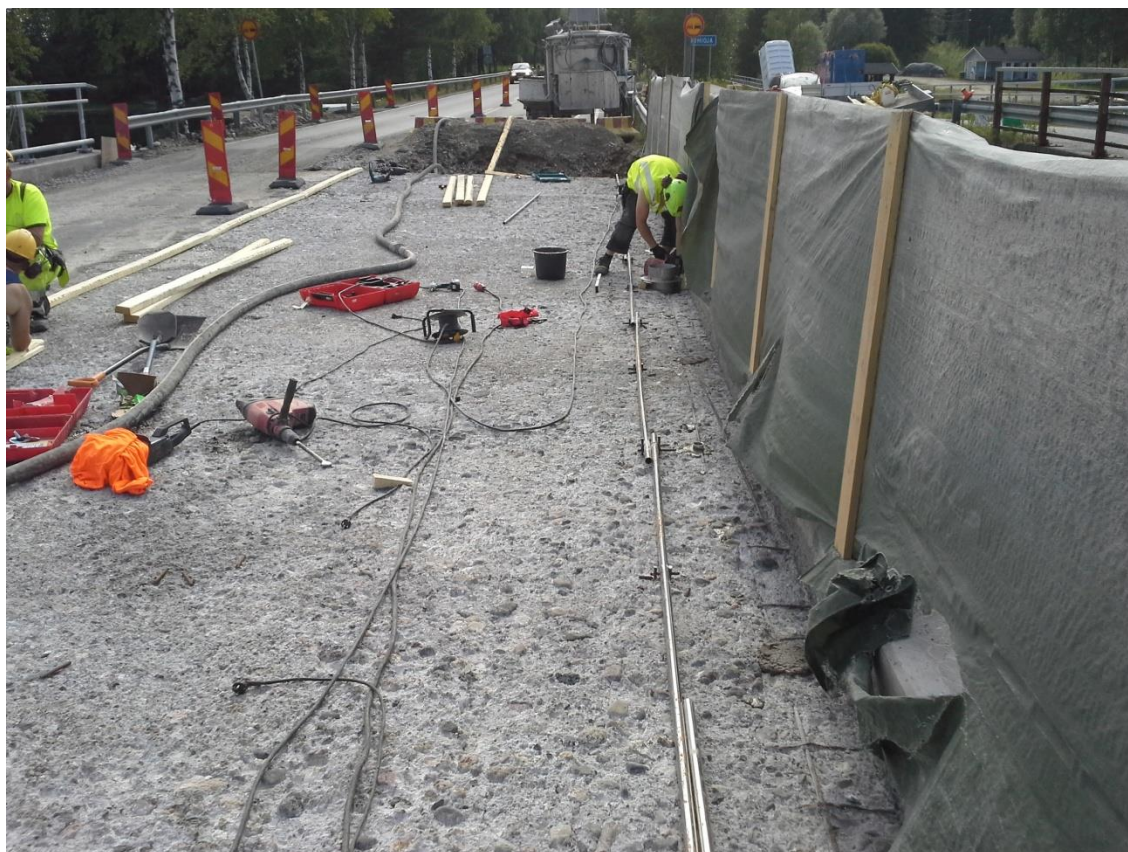
Liikennejärjestelyiden jälkeen korjattava alue rajataan esimerkiksi asfalttileikkurilla. Yleensä kansi käsitellään kaista kerrallaan, jolloin liikenne kulkee vapaasti toisella kaistalla. Asfaltti, suojabetoni sekä vanhat vesieristeet poistetaan kaivinkoneen tasakärkisellä kauhalla. Tämän jälkeen määritetään vanhan betonin vetolujuus, mitataan kannen viettokaltevuudet sekä tarkistetaan vedenpoistolaitteiden, kuten tippuputkien ja pintavesikaivojen toimivuus. Kansilaatan yläpinnan raudoituksen betoni piteen paksuus mitataan. Se määrää mahdollisen jyrsimen käytön, sillä raudoitusta ei saa vaurioittaa. Betonin vetolujuuden on oltava vähintään $1,5 \text{ N/mm}^2$ ja viettokaltevuuden vähintään 1 %. (SILKO-ohje 2.240, 3). Mikäli näihin ei yllätä ja betoni on syvälle asti rapautunutta, kannen yläpinta yleensä vesipiikataan ja tehdään muotoiluvalu. Jos betoni ei ole todella huonoa, voi pelkkä jyrshintä riittää alustan käsittelyksi ennen muotoiluvalua. Mikäli taas betonin vetolujuus on riittävä ja vietto kaltevuudet kunnossa, mutta betonipinta on epätasainen ja siinä on bitumijäämiä, kansi yleensä jyrshintään ja sille tehdään epoksihiekkatasaus.

5.2.3 Muotoiluvalu

Vesipiikkaus ja jyrshintä aloitetaan mallityöllä. Vesipiikkausta varten määritetään paine, suutin ja vesimäärä. Jyrshintää varten pitää määrittää jyrshintäsyvyys ja terä. (SILKO-ohje 2.240, 6.)

Ennen vesipiikkauksen aloitusta piikattava alue eristetään tai suojataan ympäristöltä, jotteivät sinkoillevat betoninkappaleet tai vesisuihku aiheuta vaurioita ohikulkevalle liikenteelle. Vesipiikkauksella poistetaan huono betoni ennalta määritetyiltä alueilta ja syvyyksiltä. Vesipiikkauksen jälkeen vetokojeilla varmistetaan jäävän betonin riittävä lujuus. Mikäli se ei ole riittävä, piikataan syvemmältä. Lopuksi kansi puhdistetaan harjakoneella ja pestään huolellisesti esimerkiksi painepesurilla.

Jotta muotoiluvalun kaltevuudet saataisiin kohdilleen, asennetaan noin 35 mm putkesta olevat valuhjurit. Valuhjureille tehdään varaukset harjateräksestä 1,5 metrin välein. Kannen päihin tehdään vanerista ja lankusta tiiviit päätytopparit, jotta betonimassa saadaan pysymään halutulla alueella.



Kuva 13. Valuohjureiden ja kuivatuslaitteiden asennusta Louhiojan sillalla. (Romppainen Aleksii)

Kannen kuivatuslaitteina käytettäville tippuputkille porataan reiät suunnitelman mukaisille paikoille ja ne kiinnitetään paikoilleen juotosbetonilla. Reiät suojataan suppiloilla valun ajaksi.

Muotoiluvalun laatuvaatimukset (VTT 2006):

- Valussa käytetään tavoitelujuudeltaan K35 ja pakkasenkestävyydeltään P30 betonia
- Muotoiluvalun on oltava kiinni alustassaan. Vaadittava tarjuntalujuus $\geq 1,5$ MPa.
- Betonin halkeamien leveys ja määrä on rajoitettu. Suurin halkeaman leveys on 0,2 mm. Tämän kokoisten ja pienempien halkeamien yhteenlaskettu pituus yhden neliömetrin alueella ei saa olla yli 0,5 m.
- Yläpinnan vetolujuuden on oltava $\geq 1,5$ MPa.
- Yläpinnan on oltava riittävän tasainen.
- Kallistusten on oltava suunnitellut (viettokaltevuus min. 2 %).
- Valun paksuuden on oltava vähintään 20 mm, mieluummin enemmän.

Ennen betonointia suoritetaan samat toimenpiteet ja tarkastukset kuin reunapalkin betonoinnissakin. Kansi pidetään kosteana valun edellä, joskin sen olisi hyvä hieman kuivahtaa ennen valun aloittamista. Sateella irtonainen vesi puhalletaan pois kannelta ja kovalla vesisateella valaminen ilman sääsuoja ei ole suositeltavaa. Valun alkaessa alustan lämpötilan korkeampi kuin massan lämpötila, jolloin alustan jäähtymisen aiheuttama kutistuminen pienentää kutistumiseroa sauman molemmilla puolilla. Yleinen vaatimus on, että alustan lämpötilan on oltava vähintään $+5$ °C. (VTT 2006).

Betoninmassa tiivistetään tärypalkilla. Tärypalkkia kuljetetaan valuohjureita myöten ja ohjurit nostetaan aina etenemisen mukaan pois valusta. Jos valun paksuus on 100–150 mm, riittää kaksoistärypalkin teho tiivistämään jäykänkin betonin tiiviiksi. Betonikerroksen paksuuden ollessa yli 100 mm, suositellaan sauvatärytystä ennen tärypalkilla ajoa. Sauvatärytystä kannattaa käyttää lisäksi myös ohuiden betonikerrosten tiivistämiseen reuna-alueilla, jonne tärypalkilla ei kunnolla päästä. (SILKO-ohje 2.240, 4.)

Tippuputkilinjan ja reunapalkin välinen vastakallistus muotoillaan välittömästi valun jälkeen. Aurinkoisella tai tuulisella säällä tai korkealujuusbetonia käytettäessä valupinnalle levitetään välittömästi varhaisvaiheen jälkihoitoaine tai muovi veden haihtumisen estämiseksi. (Tiehallinto 2005). Betonin pinta voidaan hiertää heti, kun veden erottuminen on päättynyt ja pinta alkaa kuivua. Pinta hierretään koneellisesti lautashiertimellä, reunat ja muut ahtaat paikat käsin. Hiertämisen jälkeen heti, kun pinta kestää vettä, se kostutetaan vedellä tai levitetään varsinainen jälkihoitoaine ja peitetään muovilla tai pressuilla. Jälkihoidolla ehkäistään betonipinnan halkeilua ja se kestää seitsemän vuorokautta.

5.2.4 Muotoiluvalun jälkeiset toimenpiteet

Seuraavaksi on yleensä vuorossa vedeneristystyöt. Ennen vedeneristystöiden aloittamista eristysalustan on oltava kuiva. Betonin kosteus ei saa ylittää viittä (5) paino-%:a (VTT 2650), mikä voidaan varmistaa ottamalla betonista koepaloja. Vedeneristystöille vaaditaan usein sääsuoja, että työt voidaan varmasti tehdä kuivissa olosuhteissa. Betonipinta on myös hiekkapuhallettava ennen epoksointia vaadittavaan karkeuteen. Mahdollisen epoksoinnin ja kermieristyksen jälkeen voidaan tehdä täytöt ja päällystystyöt.

6 URAKAN LÄPIMENOAIKAAN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT JA KRIITTISET TYÖVAIHEET

6.1 Ajan ja kustannusten optimointi

Aina kannattaa analysoida, onko projektin keston lyhentäminen mahdollista ja onko se kannattavaa. Jos projekti on ylittämässä valmistumisaikatavoitteen, nopeuttaminen on vähintäänkin suositeltavaa, jollei jopa välttämätöntä. Vaikka projekti ei olisikaan aikataulusta jäljessä, voi sen jouduttaminen joissain tapauksissa tuoda merkittäviä kustannussäästöjä. Usein työ on mahdollista tehdä nopeammassa ajassa. Vaikka projektin kokonaisajan lyhentäminen lisää työkustannuksia, säästöä saadaan välillisissä kustannuksissa. Tämän takia saattaa olla hyvinkin kannattavaa lisätä välittömiä kustannuksia, jotta projektin kesto saataisiin lyhyemmäksi. (Pelin 2008, 183–184.)

Kriittinen polku sisältää tehtävät, joissa ei ole pelivaraa, eli näiden tehtävien ajoituksen muutos vaikuttaa suoraan projektin kokonaiskestoan. (Mittaviivan [www-sivut](#)). Toimintaverkko sanelee projektin kriittisen polun. Kun yhtä kriittisen polun tehtävän kesto lyhennetään, se vaikuttaa koko projektin kestoan vastaavasti lyhentämällä sitä. Ajan ja kustannusten optimoinnin tarkoituksena on lyhentää näitä kriittisen polun tehtäviä siten, että projektin kokonaisaika lyhenee ja kokonaiskustannukset samalla alenevat. (Pelin 2008, 184.)

Optimointiin kuuluvat seuraavat vaiheet (Pelin 2008, 184.):

1. Selvitetään tehtävät, joita pystytään lyhentämään ja lyhentämisen vaikutus tehtävän kustannuksiin (aika-kustannusriippuvuus).
2. Selvitetään, minkälaisia säästöjä tuo yhden aikayksikön lyhentäminen (välilliset kustannukset).
3. Mietitään, mitä kriittisen polun tehtävistä on edullisinta lyhentää (pienin kustannusjyrkkyys).
4. Lyhennetään kriittisen polun tehtäviä tehtävä kerrallaan, kunnes aikayksikön lyhentämisestä aiheutuva lisäkustannus on suurempi kuin välillisissä kustannuksissa kertynyt säästö. Eli kun esimerkiksi ylityökorvauksista alkaa kertyä niin paljon kustannuksia, että on edullisempaa vain venyttää projektia ja tehdä normaalipituista työpäivää, tehdään jälkimmäisellä tavalla. Näin saavutetaan kustannuksellinen optimi.
5. Tästä voidaan edelleen jatkaa ja hakea projektin minimikesto, mutta kustannukset nousevat tällöin usein merkittävästi.

Tehtävien kestoja voidaan lyhentää esimerkiksi ylitöillä, urakkatyöllä, lisäresursseilla, paremmilla ja tehokkaammilla koneilla tai vuorotyöllä. Näistä aiheutuu luonnollisesti lisäkustannuksia.

6.2 Optimointi siltojen korjausrakentamisessa

Myös siltojen korjauskorjausrakentamisessa on sellaisia tehtäviä, joita lyhentämällä saadaan lyhennettyä läpimenoaikaa ja samalla myös leikattua kustannuksia. Betonirakenteisten siltojen korjaaminen ajoittuu yleensä mahdollisimman paljon kesäkauteen, jolloin lumesta ei ole haittaa ja betoni saadaan suhteellisen nopeasti kuivaksi ilman lämmittämiä. Työmaiden venyminen pitkälle syksyyn aiheuttaa yleensä merkittäviä lisäkustannuksia, jotka syövät urakoista jääneet katteet nopeasti. Seuraavaksi esittelen siltojen korjausrakentamisen kriittisimpiä työvaiheita ja mahdollisuuksia tehtävien keston lyhentämiseen.

6.2.1 Muotoiluvalun kuivuminen

Jos siltakannen muotoiluvalu joudutaan ajoittamaan aivan loppukesälle tai jopa syksyyn, jolloin lämpötila laskee alhaiseksi varsinkin öisin, betonin kuivuminen hidastuu merkittävästi. Samalla myös vesisateet ja kosteus lisääntyvät, minkä takia kevytrakenteinen, useita viikkoja pystyssä oleva sääsuojavalun ympärillä voi olla kovilla ja vuotaa vettä läpi.

Lämmitystä voidaan ylläpitää esimerkiksi säteilylämmittimillä, tehokkailla hallilämmittimillä tai neste-kiertoisilla pintalämmittimillä, joissa lämmitysletku levitetään betonin pinnalle ja peitetään matoilla. Samalla tulee huolehtia, että ilma pääsee kiertämään sääsuojan sisällä, ettei ilmankosteus nouse liian korkeaksi. Tämä onnistuu jättämällä sääsuojan molemmat päädyt hieman avonaisiksi ja käyttämällä puhaltimia. Kustannuksia aiheutuu polttoaineesta, sähköstä, lämmittimien ja puhaltimien vuokrista ja ylläpidosta sekä mahdollisesta turhasta odotusajasta, jos samaan aikaan ei voida tehdä mitään muuta työtä kyseisellä työmaalla.

Vaihtoehtona on käyttää tavallisen betonin sijasta nopeasti kuivuvaa IT-betonia (kuva 14). Se on helpposti valettavaa, ilman tärytystä tiivistyvää nestemäistä betonimassaa, joka täyttää valumuotin hyvin ja tunkeutuu hyvin tiheänkin raudoituksen väliin. Se kuivuu normaaliolosuhteissa siltakansien vesieristämisessä vaadittavaan max. 5 %:n absoluuttiseen kosteuteen noin kolmessa vuorokaudessa. (Suomen Rakennelujitus Oy:n [www-sivut](http://www.sivut)). Itsetiivistyvä betoni on kalliimpaa kuin tavallinen betoni, mutta kuivumisaika on merkittävästi lyhyempi, joten säästöjä saadaan mm. lämmitystarpeen vähenemisessä.



Kuva 14. Kannen muotoiluvalu IT-betonilla. Sokojoen silta, Lieksa. (Kortelainen Tomi)

6.2.2 Kannen käsittely yhdessä osassa – Kiertotien tekeminen

Tehtiinpä siltakannelle sitten muotoiluvalu tai epoksi-hiekkatasaus, joudutaan se tekemään kahdessa osassa, kaista kerrallaan, jotta liikenne pääsee jatkuvasti kulkemaan vähintään toisella kaistalla. Tästä aiheutuu mm. seuraavia asioita:

- Betonin ja epoksin kuivumisajat kokonaisuudessaan vähintään tuplaantuvat, kun molemmat puolet käsitellään ja kuivatetaan eri aikaan.
- Kannen hiekkapuhallus-, vesipiikkaus- ja vesieristystöissä käytetään yleensä aliurakoitsijoita. He joutuvat käymään kohteella kahteen kertaan, mikä lisää kustannuksia. Lisäksi joitain aliurakoitsijoita voi olla vaikea saada juuri haluttuun aikaan paikalle, mikä lisää odotusaikoja.
- Sääsuojat joudutaan pystyttämään ja purkamaan kahdesti.

Jotta kannen käsittely voitaisiin tehdä yhdessä osassa, täytyy paikalle järjestää kiertotie. Erittäin vähäliikenteisillä teillä myös tien sulkeminen vähäksi aikaa sillan kohdalta voi olla mahdollista Ely-keskuksen erityisluvalla. Paras vaihtoehto kiertotieksi on vaihtoehtoinen yhteys sellaisella päätiellä, jolla on olemassa valmis rinnakkaisyhteys. Tällaista kiertotietä voidaan käyttää niin, ettei liikenteelle, asutukselle tai muunlaiselle maankäytölle aiheuteta kohtuutonta haittaa. Mikäli järkevää vaihtoehtoa yhteyttä ei ole olemassa, joudutaan kiertotie tekemään. Kiertotielle on asetettu monia vaatimuksia, mm. päätiellä sen on oltava vähintään 7 metriä leveä ja joissain tapauksissa päällystetty. Jos kiertotien geometria sallii 80 km/h nopeusrajoituksen, on suojausena käytettävä kaidetta. (Tiehallinto 2008, 31–32.)

Kiertotien kustannuksia kannattaa vertailla niihin lisäkustannuksiin, joita syntyy, kun siltakansi joudutaan tekemään kahdessa osassa. Joissain tapauksissa kiertotien tekeminen voi olla hyvinkin kannattavaa ja joka tapauksessa se nopeuttaa projektin läpimenoaikaa.

6.2.3 Muut keinot

Muita tapoja lyhentää projektin läpimenoaikaa voivat olla esimerkiksi:

- Ylityöt
 - Ylitöiden teettämällä saadaan nopeutettua projektia
 - Ylityöstä maksetaan korotettua korvausta työntekijöille
 - Kalenterivuodessa saadaan teettää ylityötä enintään 250 tuntia, jonka lisäksi voidaan paikallisesti sopia korkeintaan 80 ylityötunnin teettämisestä. (Työsuojeluhallinnon [www-sivut](#))
 - Lähinnä aikataulun kuromiseen. Aikataulua ei tulisi suunnitella niin, että ylitöitä joudutaan tekemään.

- Vuorotyö
 - Esimerkiksi keskellä kesää voidaan tehdä töitä myös yöaikaan ilman, että tarvitaan edes lisävalaistusta.
 - Saadaan nopeutettua projektin läpimenoaikaa huomattavasti.

- Lisäresurssit
 - Palkataan lisää työntekijöitä projektiin.
 - Tiettyyn rajaan asti voidaan lisäresursseilla nopeuttaa selvästi aikataulua, mutta loputtomiin niillä ei ole enää järkevää kuroa aikataulua suhteessa kuluihin.
 - Järkevää sellaisiin työvaiheisiin, joissa lisämiehitykselle on selvä tarve.

7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Työmenekkien selvittämiseksi kerättiin tietoja vuonna 2014 toteutuneista Savon kuljetus Oy:n sillankorjauskohteista Savo-Karjalan alueelta. Aluksi valittiin työvaiheet, joiden työmenekit haluttiin selvittää. Tämän jälkeen ruvettiin keräämään työmailta toteutuneita kestoja ja määriä työvaiheittain. Saadut luvut syötettiin opinnäytetyön tekijän luomaan työmenekkilaskuriin ja laskettiin laskurilla saatujen työmenekkien keskiarvot. Myös työntekijöitä haastateltiin niin, että heille annettiin kuvitteellisen sillankorjauskohteen määrät kullekin työvaiheelle ja pyydettiin arvioimaan niihin kuluva aika. Ilahduttavasti heidän arvionsa osuivat pääsääntöisesti hyvin lähelle työmailloin oikeasti toteutuneita kestoja. Työntekijöiden arviot otettiin huomioon lopullisen työmenekin laskentaan, vaikka pääpaino olikin todellisilla toteutumilla. Selvitettyjen työmenekkien otanta on suhteellisen pieni, jokaisella työvaiheella alle 10 sillankorjauskohdetta, joten työmenekkejä kannattaa tarkentaa vielä tulevina vuosina uusilta kohteilta saaduilla tiedoilla työmenekkilaskuria apuna käyttäen.

Opinnäytetyössä saadut työmenekit listattiin työvaiheittain yhteen Excel-taulukkoon. Näiden yleisimpien työvaiheiden mukaan luotiin yleisaikataulupohja Planet+ 6.4 – ohjelmistolle, jota on helppo tarpeen tullen muokata tietynlaiseen kohteeseen sopivaksi. Aikatauluun tarvitsee vain syöttää määrät ja resurssit sekä luoda riippuvuudet tehtävien välille. Työmenekkejä ja aikataulupohjaa voidaan käyttää hyväksi tulevien työmaiden aikataulutukseen sekä kustannusten arvioimiseen.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kerätä Savon Kuljetus Oy:n sillankorjauskohteilta toteutuneita määriä ja aikoja työvaiheittain, sekä selvittää niiden perusteella työmenekit yleisimmille työvaiheille. Lisäksi toiveena oli, että työssä käsiteltäisiin myös sillankorjauskohteen läpimenoaikaan vaikuttavia tekijöitä ja niiden taloudellisia vaikutuksia. Tässä vaiheessa voidaan todeta, että tavoitteeseen päästiin.

Siltojen korjausrakentaminen on usein suhteellisen ennalta arvaamatonta, mikä tarkoittaa, ettei kaikkia vaurioita ja niiden laajuutta voida tietää, ennen kuin vanhaa rakennetta aletaan purkamaan. Tällaiset seikat tuovat usein muutoksia aikatauluun. Tässä opinnäytetyössä selvitetty työmenekit ovat keskiarvomenekkejä, jotka on selvitetty kesällä 2014 työn alla olleista kohteista. Joissain työvaiheissa, esimerkiksi reunapalkin muottityössä, voi olla suuria vaihteluja kohteesta riippuen. Yhdessä kohteessa voi tulla vain pieni reunapalkin korotus, kun taas toisaalla reunapalkkiin saattaa tulla lisäksi myös levennys. Tämä tarkoittaa sitä, ettei kyseinen työmenekki täsmää välttämättä jokaisessa kohteessa. Tällaisissa tilanteissa aikataulun suunnittelijan tulisi huomioida poikkeama ja muuttaa työn kestoa arvioimaansa suuntaan.

Saatuja työmenekkejä testattiin jälkeinpäin luomalla yleisaikataulu viime kesänä korjatulle, Nurmeksessä sijaitsevalle Tamppinkosken sillalle. Aikatauluun syötettiin toteutuneet määrät työvaiheittain ja kussakin vaiheessa töissä ollut todellinen työryhmän koko. Yli kaksi kuukautta kestäneen korjauksen Planet+ 6.4 -aikatauluun projektin päättymispäiväksi saatiin 9.9, kun todellinen päättymispäivä oli viikkoa myöhemmin. Suurin poikkeama tuli huomattavasti keskimääräistä työläämmästä reunapalkin muottityöstä, jossa mukana olleista kirvesmiehistä kaksi oli kaiken lisäksi ensikertalaisia. Tämä

tietenkin hidastaa myös muiden työtahtia, kun kokemattomampia työntekijöitä pitää välillä opastaa. Kaiken kaikkiaan tässä opinnäytetyössä selvitettyillä työmenekeillä saadaan luotua melko tarkka yleisaikataulu normaalille sillankorjauskohteelle. Työmenekit ovat hyvin paikkansa pitäviä ja käyttökelpoisia yleisaikatauluun.

Työvaiheista tarkempaan käsittelyyn otettiin ainoastaan reunapalkin uusiminen ja kannen korjaaminen, eikä puurakenteisia siltoja käsitelty tässä työssä ollenkaan. Syynä on se, että muutoin työstä olisi tullut liian laaja. Samasta syystä myös tarkempi kustannusvertailu projektin läpimenoaikaan vaikuttavista seikoista jätettiin tekemättä. Työssä käy kuitenkin ilmi huomionarvoisia seikkoja siitä, mitä kaikkia lisäkuluja projektin pitkittyminen tosiaan aiheuttaa.

Tätä opinnäytetyötä tehdessä sain perehtyä sillankorjauksen laatuvaatimukseen vieläkin tarkemmin, kuin niihin työn ohessa normaalisti ehtii perehtyä. Tämä helpottaa tulevaisuudessa työmaiden valvontaa omalta kohdaltani ja auttaa keskittymään olennaisiin asioihin. Lisäksi projektin pitkittymisen aiheuttamissa kustannuksissa tuli esiin sellaisia asioita, joita muutoin ei välttämättä tulisi edes ajatella. Aikataulussa pysymisen tärkeys korostui näitä asioita läpikäydessä selvästi.

Opinnäytetyön oheistuotteena saatiin myös työmenekkilaskuri, jonka avulla voidaan tulevissakin urakoissa kerätä tietoa tehtävien kestoista ja samalla tarkentaa joitain työmenekkejä, mikäli tähän nähdään tarvetta.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

BETONI SILLANKORJAUSMATERIAALINA. Betonirakenteet. SILKO-ohje 1.201 11/07. Tiehallinto 2007. [viitattu 2.3.2015]. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio1/s1201_2007.pdf

Blomberg, Olli 2005. *Montusta monialaosajaksi*. Savon Kuljetus Oy:n neljä vuosikymmentä. Kuopio: Offsetpaino L. Tuovinen Ky.

Junnonen, Juha-Matti 2010. *Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta*. Tampere: Tammenprint Oy.

Lindberg, R., Koskenvesa, A., Sahlstedt, S. 2012. *Aikataulukirja. 12.painos*. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Mittaviiva. Laskentaesimerkki. [viitattu 9.2.2015]. Saatavissa: http://www.mittaviiva.fi/ratufLOW/3_2_laskentaesimerkit.html

Niskanen, Jani 2012. *Reunapalkin uusiminen/korottaminen*. Työ- ja laadunvarmistusohje. Savon Kuljetus Oy.

Pelin, Risto 2008. *Projektihallinnan käsikirja*. 5.painos. Jyväskylä: Gummerus.

REUNAPALKIN UUSIMINEN. Betonirakenteet. SILKO- ohje 2.211 06/08. Tiehallinto 2008. [viitattu 3.3.2015]. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio2/s2211_08.pdf

Siltojen ylläpito [verkkodokumentti]. Tiehallinto [viitattu 16.2.2015]. Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/siltojenyllapito2009.pdf>

Suomen Rakennelujitus Oy. *Itsetiivistyvä betoni*. [viitattu 23.3.2015]. Saatavissa: <http://www.rakennelujitus.fi/wp/toimialat/itsetiivistyva-betoni>

Tierakennustyömaat [verkkodokumentti]. Tiehallinto [viitattu 24.3.2015]. Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2200053-v-08-tienrakennustyomaat.pdf>

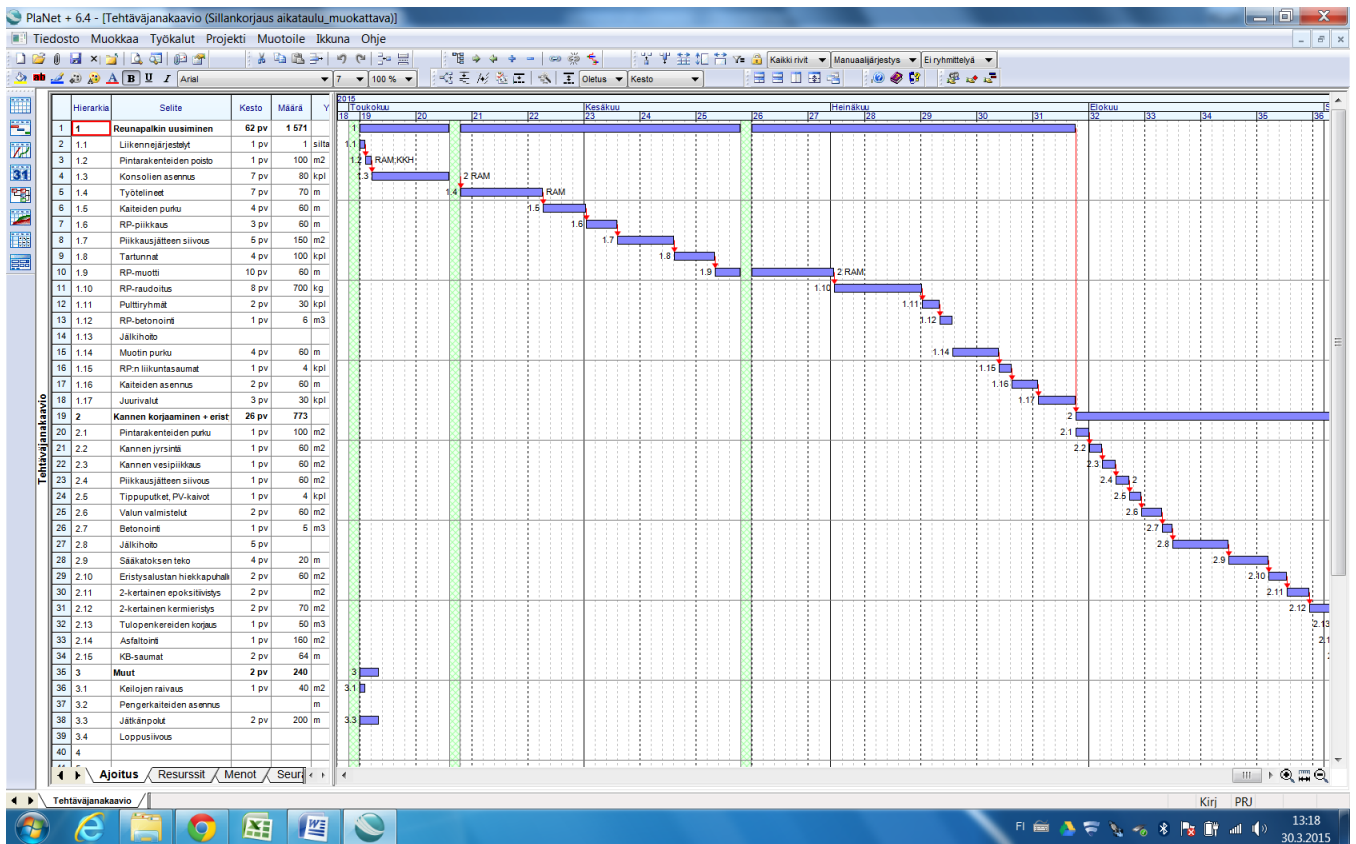
Työsuojeluhallinnon www-sivu [viitattu 24.3.2015]. Saatavissa: <http://www.tyosuojelu.fi/fi/tyoaikakirjanpito#rajat>

VEDENERISTYKSEN ALUSTAN KUNNOSTUS. Betonirakenteet. SILKO- ohje 2.240 10/07. Tiehallinto 2007. [viitattu 9.3.2015]. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio2/s2240_2007.pdf

VEDENERISTYSALUSTAN KOSTEUDEN MITTAUSMENETELMÄT JA KRITERIT. VTT-S-08802-09. VTT 2009. [viitattu 20.3.2015]. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/vedeneristysalusta_kosteus_selostus_2009.pdf

VTT. Muotoiluvalun ongelmat ja laatuvaatimukset. 2006. [verkkajulkaisu]. [viitattu 20.3.2015]. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/muotoiluvaluselostus_2006.pdf

LIITE 1 YLEISAIKATAULU



Kuva 1. Yleisaikataulu Planet+ 6.4.

LIITE 2 TYÖMENEKKILASKURI

Aikojen keräystaulukko - Microsoft Excel

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	Reunapalkin uusiminen			Siltäkannen korjaaminen										Muut					
	Työvaihe	Määrä	Kesto/h	Työryhmä	tth/yksikkö	Yksikkö	Työvaihe	Määrä	Kesto/h	Työryhmä	Työmenekki	Yksikkö	Työvaihe	Määrä	Kesto/h	Työryhmä	Työmenekki	Yksikkö	
4	Esim.		60	16	2	0,33	Asfaltin leikkaus				#JAKO/01	m	KB-saumojen teko				#JAKO/01	m	
5							Pintarakenteiden purku kaivinkoneella				#JAKO/01	m2	Keilojen teko				#JAKO/01	m2	
6							Vetokokeet				#JAKO/01	kpl	Keilojen raivaus				#JAKO/01	m2	
7							Kannen vesipiikkaus				#JAKO/01	m2	Paikkaukset				#JAKO/01	m2	
8							Piikkausjätteen siivous				#JAKO/01	m2	Mantteli				#JAKO/01	m2	
9							Kannen jyrstä				#JAKO/01	m2	Pengerkaiteiden teko				#JAKO/01	m	
10							Epoksihiekkatasaus				#JAKO/01	m2	Jatkänpolut				#JAKO/01	m	
11							Tippuputkien asennus				#JAKO/01	kpl							
12							Kannen raudoitus				#JAKO/01	kg							
13							Betonointi				#JAKO/01	m3							
14							Jälkihoito				#JAKO/01	m3							
15							Säasuojan teko ja purku				#JAKO/01	m							
16							- Betonoinnin valmistelu				#JAKO/01	m2							
17							-Vajuu				#JAKO/01	m3							
18							Muotin purku				#JAKO/01	m2							
19							RP:n liikuntasauaman teko				#JAKO/01	m2	Sillan vedeneristys				#JAKO/01	m2	
20							-Saumamassaus liikuntasaumaan				#JAKO/01	kpl	Eristysalustan hiekkapuhallus				#JAKO/01	m	
21							-ACME-profiilin asennus				#JAKO/01	kpl	Halkeamien imeytys				#JAKO/01	m2	
22							Siltakanteen asennus				#JAKO/01	m	Epoksointi				#JAKO/01	m2	
23							Kaiteiden juurivalut				#JAKO/01	kpl	2-kertainen kermieristys				#JAKO/01	m2	
24											#JAKO/01	m2	Kumbitumisviely				#JAKO/01	m2	

Kuva 2. Työmenekkilaskuri Excel-muodossa