

Henri Luukkonen

Jyräyksen työnohjaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohdon koulutus

Mestarityö

11.4.2018

Tekijä Otsikko	Henri Luukkonen Jyräyksen työnohjaus
Sivumäärä Aika	31 sivua 11.4.2018
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	rakennusalan työnjohdon koulutus
Ammatillinen pääaine	Infrarakentaminen
Ohjaajat	Työpäällikkö Manu Marttinen (NCC) Lehtori Tapani Järvenpää (Metropolia)
<p>Tässä mestarityössä tutkitaan HAMM HCQ-navigaattorin hyötyjä asfalttipäällysteen tiivistämisessä. Tutkimus rajattiin käsittelemään jyräyksen työnohjausta. Opinnäytetyö toteutettiin kirjallisuustutkimuksena NCC Industry Oy:lle.</p> <p>Tiivistäminen on yksi keskeisimmistä onnistuneen laatuvaatimukset täyttävän asfalttipäällysteen työvaiheista. Tiivistys tapahtuu jyrällä ajamalla vasta levitetyn asfalttipäällysteen yli riittävän usean kerran. Tiivistämisen tarkoituksena on poistaa tyhjätila asfalttipäällysteestä sekä tasoittaa pinta riittävän tasaiseksi.</p> <p>HAMM HCQ-navigaattoria testattiin Liikenneviraston digitalisaatiohankkeeseen liittyvällä työmaalla. Kokemusten ja havaintojen pohjalta laitteiston hyötyjä arvioitiin työnohjauksen kannalta, laitteiston teoreettisia mahdollisuuksia sekä hyötyä tarkasteltiin myös tuotantotehokkuuteen liittyen.</p> <p>Tutkimuksen perusteella pystyttiin huomata, että laitteiston käyttäminen työmaan tiivistyskalustossa parantaa työmaan tehokkuutta, vähentää takuukustannusten mahdollisuutta, auttaa valvomaan työmaata, antaa mahdollisuuden laatudokumentointiin ja mahdollistaa työnlaadun osoittamisen uudella nopealla menetelmällä.</p>	
Avainsanat	HCQ-navigaattori, Tiivistäminen, Jyräys, Asfaltti

Author Title	Henri Luukkonen Work Control of Compaction
Number of Pages Date	31 pages 11. April 2018
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	Infrastructure Site Management
Instructors	Manu Marttinen, Site manager, area level Tapani Järvenpää, Senior Lecturer
<p>The purpose of the thesis was to study the benefits of the HAMM HCQ-navigator in the compacting of the asphalt pavement. The study is limited to handling the work control of the roller. The thesis was produced as a literature research for NCC Industry Oy.</p> <p>Compaction is one of the most important stages of the asphalt pavement meeting the most demanding requirements. Compaction is done by rolling over the newly applied asphalt a sufficient number of times. The purpose of compaction is to remove the void from the asphalt and to smooth the surface sufficiently evenly.</p> <p>The HAMM HCQ-navigator was tested on a site related to the Finnish Transport Agency's digitalization project. The research was based on the experiences and findings on the site. The benefits of the hardware were evaluated from the point of view of the control of the work, the theoretical possibilities of the equipment and the benefits were also examined in relation to production efficiency.</p> <p>As a result of the research it was noted that the use of the navigator in the compaction equipment of the work site improved the efficiency of the site, reduced the possibility of warranty costs, helped to monitor the site, provided the opportunity for quality documentation and enabled the quality of work to be demonstrated by a new, fast method.</p>	
Keywords	HCQ-navigator, Compaction, Rolling, Asphalt

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Asfalttipäällyste	2
3	Asfalttipäällysteen tiivistäminen	3
3.1	Esijyräys	3
3.2	Tiivistysjyräys	3
3.3	Jälkijyräys	4
3.4	Vastuu jyräystoiminnan onnistumisesta	4
4	Jyrätyypit	5
4.1	Täryjyrät	5
4.2	Oskilloivat jyrät	6
4.3	Staattiset valssijyrät	8
4.4	Kumipyöräjyrät	9
4.5	Yhdistelmäjyrät	9
4.6	Jyrän valinta	9
4.7	Tiivistysvaikutus	10
5	Jyräsohje	12
6	Valmiin asfalttipäällysteen laatuvaatimukset	14
6.1	Tyhjätila	15
6.2	Tasaisuus	17
6.3	Kitka	17
7	HAMM HCQ-navigaattori	18
7.1	HCQ-laitteiston kuvaus	19
7.2	Paneeli-PC	19
7.3	DNGSS-vastaanotin	20
7.4	HCM-tiivistysanturi	21
7.5	HTM-lämpöanturi	22
8	Tutkimusmenetelmät	23

9	Tulokset	25
9.1	Informaation laatu	25
9.2	Järjestelmän laatu	25
9.3	Palvelun laatu	26
9.4	Käyttö ja käyttöaikomus	26
9.5	Käyttäytyvyys	26
9.6	Havaitut hyödyt	27
10	Yhteenveto	28
	Lähteet	31

Lyhenteet

Deformaatio	Muodonmuutos. Asfalttipäällyste voi deformoitua siihen johdovista voimista. Yleensä tuloksena on asfalttipäällysteen urautuminen. Urautuminen johtuu leikkausdeformaatiosta.
HCQ	HCQ on lyhenne:”HAMM Compaction Quality:stä”. Termi on kehitetty kuvaamaan kattavaa tuotevalikoimaa tiivisteprosessien suunnitteluun, mittaamiseen, hallintaan, dokumentointiin ja analysointiin
Modulaarinen	Moduuleista koostuva; sellainen, johon voi lisätä ja josta voi poistaa moduuleja
PANK	Päällystealan neuvottelukunta
REMIX	REMIX eli uusiopinta. Menetelmässä vanha asfalttipäällyste kuumennetaan tiellä kulkevilla kuumentimilla, jyrsitään irti, sekoitetaan uuden lisättävän asfalttimassan kanssa ja levitetään takaisin tielle
Tamppari	Asfalttilevittimenperän etureunassa oleva tamppari (engl. stamp knife) leikkaa palkin edessä olevan massan tavoitellun päällystepaksuuden mukaiseksi kerrokseksi ja tekee esitiivistyksen.
Ylityskerta	Tiivistettäessä jyrän kulkemien tiivistyskertojen lukumäärää kutsutaan ylityskerroiksi

1 Johdanto

Tutkimus tehtiin NCC Industry Oy:n digipilottihankkeena, joka on osa Liikenneviraston ”Tieverkon ennakkoiva kunnonhallinta ja tiestötietojen ylläpitojärjestelmän kehittäminen”-hanketta, joka on yksi Liikenneviraston digitalisaatiohankkeen osahankkeista. Hanke sijoittuu vuosille 2016–2018. Hanke koostuu neljästä eri kokonaisuudesta: kunnonhallinnan uudet tiedot, tiestötietojen ylläpito, suunnittelun digitalisointi ja hankinnan digitalisointi. Hankkeen tavoitteina on kehittää uusia automatisoituja tiedonkeruuta tukemaan tieverkoston kunnon hallintaa, päivittää tieverkoston perusrekisterit sekä tietojärjestelmät tukemaan digitalisoitumista suunnittelun, liikenteenhallinnan ja väylänpidon prosesseissa, kehittää sähköinen toimintamalli ja ottaa käyttöön inframallin ja 3D-aineistojen hallintaa ja hyödyntämistä mahdollistavat toimintamallit kattamaan koko väylän elinkaaren, sähköisen toimintamallin kehittäminen sekä urakoitsijoiden raportoinnin kehittäminen digitaaliseksi, mobiiliksi ja ajantasaiseksi. [1]

Päällystyskauden 2017 aikana pilotoitiin tiedontuotantomenetelmiä, joiden avulla tieto valmiin päällysteen laadusta ja suunnitelman mukaisuudesta voitaisiin jatkossa todeta työn aikana automaattisesti kerättävän mittaustiedon perusteella. Pilotit toteutettiin yhteistyönä eri päällystysalan yritysten kanssa. Valtaosa piloteista toteutettiin päällystysurakoitsijoiden kanssa ELY-keskusten kilpailuttamien tienpäällystysurakoiden osana.

NCC Industry Oy sai hankkeesta osakseen kolme pilotointi kohdetta, jotka olivat; Tiiveyden tarkkailu jyräyksessä, REMIX-työn seuranta ja 3D -koneohjattu jyräys. Tämä tutkimus keskittyy Tiiveyden tarkkailuun jyräyksessä. Pilotoinnissa levitystyöryhmän tiivistyskalustoon asennettiin HAMM HCQ-navigaattori, joka ohjaa jyränkuljettajan työsuoritusta, parantaa jyräksen työnohjausta, päällysteen laaduntarkkailua sekä laatudokumentointia. Tutkimuksessa käydään läpi asfalttipäällysteen tiivistäminen ja laatuvaatimukset, jonka jälkeen pureudutaan jyräksen työnohjauksen nykytilaan sekä tutkittujen laitteiden tuomiin mahdollisuuksiin. Kokemusten ja havaintojen pohjalta arvioitiin laitteiston hyötyjä työnohjauksen kannalta, myös laitteiston teoreettisia mahdollisuuksia sekä hyötyä tarkasteltiin tuotantotehokkuuteen liittyen.

2 Asfalttipäällyste

Hyvältä asfalttipäällysteeltä edellytetään monia ominaisuuksia, kuten esimerkiksi hyvää kulutus- ja deformaatioestävyyttä, tasaisuutta ja pidempää kestoikää. Nämä ominaisuudet saadaan aikaan monen tekijän yhteistyönä, mutta kaikissa niissä päällysteen tiivistäminen näyttelee merkittävää osaa. [2]

Asfalttipäällysteen tiivistäminen onnistuminen edellyttää oikeaa jyräyskalustoa. Jyrien valintaan vaikuttaa mm. päällystetyyppi, päällystepaksuus, lämpötila ja tuuliolosuhteet. Päällysteen tiivistymiseen vaikuttavat jyräyslämpötila, jyräyskaavio sekä jyräyskertojen lukumäärä. Alustan laatu ja kantavuus vaikuttavat tiivistyksen tulokseen: Liian pehmeä alustan laatu ja kantavuus saavat aikaan epätasaisen tiivistystuloksen. [2]

Jyräysmatka yhteen suuntaan mitoitetaan massan lämpötilan ja jäähtymisnopeuden mukaan siten, että levittimen kulkiessa tasaisella nopeudella, joka kohta levitettävää kaistaa tulee jyrättyä yhtä monta kertaa. Liian vähäinen jyräyskalusto aiheuttaa liian pitkiä jyräysjaksoja, liian vähäisiin ylityskertoihin ja liian suureen jyräysnopeuteen, jolloin tiivistys jää vajaatehoiseksi tai pinnasta tulee epätasainen. [2]

Lähtökohtaisesti asfalttimassa koostumuksen tulee olla sellainen, että massa on levitystyömaalla tiivistettävissä tavoitetiiveyteen. Kulutuskerroksissa usein käytettävät massat ovat suhteutettu tiiviiksi ja mastiksirikkaiksi (SMA eli kivimastiksiasfaltti) kestämaan suurien liikennemäärien aiheuttamat rasitteet, niiden tiivistys vaatii luonnollisesti kalustolta enemmän kuin vähäliikenteisten teiden AB-massat. AB-massat tiivistyvätkin verrattain helposti mastiksirikkaisiin massoihin ja niiden vaatimat ylityskerrat vähäisemmät. [2]

Asfalttimassa suhteitetaan vastaamaan käyttökohteen olosuhteita, keskimääräistä vuorokausi liikennettä ja sääolosuhteita. [2]

3 Asfalttipäällysteen tiivistäminen

Tiivistys jaetaan kolmeen päävaiheeseen, jotka ovat esijyräys, tiivistysjyräys ja jälkijyräykseen. Massan jäähtyminen vaikuttaa merkittävästi jyräysvaiheissa käytettävän ajan suuruuteen. [2]

3.1 Esijyräys

Aivan ensimmäisen tiivistyksen tekee asfaltinlevittimen peräpalkkiin sijoitettu palkin tamppari, täry tai yhdistetty tärytamppari joka suorittaa massan esitiivistyksen. Esijyräys tulisi aloittaa välittömästi massan levityksen jälkeen. Esijyräyksen tärkein tehtävä on tiivistyksen lisäksi hidastaa massan jäähtyminen sulkemalla päällysteen huokoinen pinta. Esijyräyksessä jyrän tulisi kulkea aivan asfaltinlevittimen perässä, sillä jyräämätön massa jäähtyy huomattavasti nopeammin, kuin esitiivistyksen saanut pinta. Esijyräykselle riittää 1 ylityskerta. [2]

3.2 Tiivistysjyräys

Pääosa päällysteen tiivistyksestä tapahtuu nimensä mukaisesti tiivistysjyräyksessä. Tärkeää tiivistyksen kannalta on, että massan lämpötila on riittävän suuri. Kolme ensimmäistä ylityskertaa tulisi suorittaa massan lämpötilan ollessa vielä vähintään 115 astetta. Tiivistysjyräyksen riittävät ylityskerrat tulisi suorittaa ennen kuin massan lämpötila on pudonnut alle 75 asteen. Tiivistysjyräyksen ylityskerrat ovat normaalisti 4-8 kertaa. [2]

3.3 Jälkijyräys

Jälkijyräyksen tehtävänä on nimensä mukaisesti tasoittaa ja poistaa massan pinnan epätasaisuudet, jotka ovat voineet syntyä tiivistysjyräyksen aikana. Huonosti jälkijyrätty päällyste on varsinkin sateella erittäin uraisen näköinen ja ajoneuvoille se saattaa aiheuttaa itsestään ohjautumista. Jälkijyräys tulisi suorittaa vielä, kun massa on yli 60 astetta. Jälkijyräys riittää 1-3 ylityskertaa ja ne suoritetaan usein ilman täryä, jotta vältetään päällysteen halkeilulta ja pintaan syntyvältä ns. nimismiehen kiharalta. [2]

3.4 Vastuu jyräystoiminnan onnistumisesta

Oikeanlaisesta jyräyksestä vastaavat jyränkuljettaja ja työnjohtaja sekä hänen esimiehensä. Esimiesten vastaavat myös siitä, että jyränkuljettajat ovat saaneet riittävän työnsä edellyttämän koulutuksen ja perehdytyksen työhönsä. Jyränkuljettaja vastuussa on tiivistyskaluston toimintakunnon tarkastamisesta työn alkaessa ja hänen tulee ylläpitää jyrän toimintakuntoa. [2]

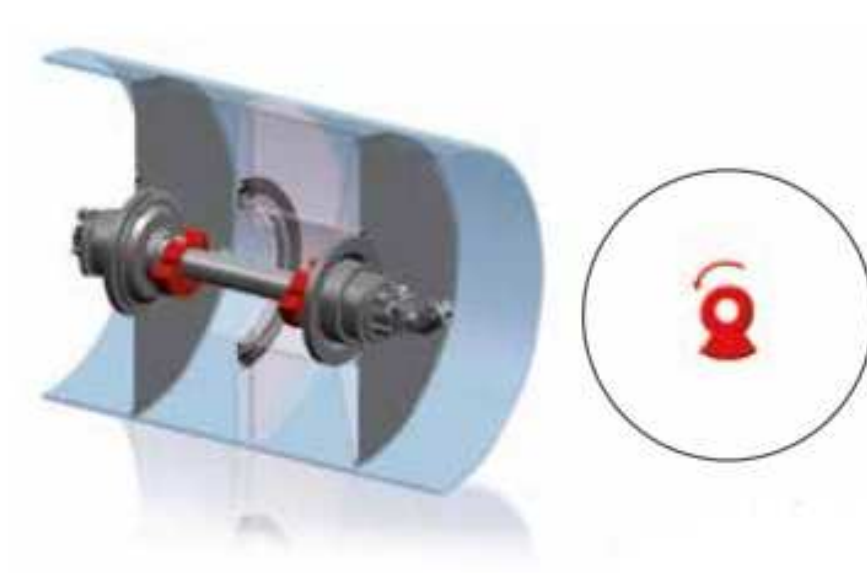
4 Jyrätyypit

Jyrien tiivistysvaikutus perustuu jyrän massan aiheuttamaan puristusvoimaan, massaa muokkaavaan vaikutukseen, värähtelevään massaan, värähtelyn iskunpituuteen, värähtelyn tiheyteen tai näiden ominaisuuksien yhdistelmiin. Asfalttipäällystysten tiivistyksessä käytettävät jyrät voidaan jakaa viiteen pääryhmään; valssijyrät, täryjyrät, kumipyöräijyrät, yhdistelmä- eli kombijyrät ja uusimpana oskilloivat jyrät. Joissain tilanteissa voidaan käyttää lisäksi tärylevyjä, käsijunttia sekä ns. lautakenkiä. Erilaisilla tiivistysväli-neyhdistelmillä on mahdollista saavuttaa hyvän tulos. Jyriä käytettäessä on varmistuttava siitä, että päällystemassan levitysnopeus, tiivistyskalusto ja sen tiivistysteho vastaavat toisiaan, jyräys tapahtuu oikein ja soveltuu kyseessä olevalle päällysteelle. [2]

4.1 Täryjyrät

Täryjyrien kirjo on varsin suuri. Raskaimmat täryjyrät voivat painaa yli 10 tonnia ja kevyimmät ns. "talutettavat" täryjyrät painavat vain toista sataa kiloa. Nykyään kaksivalssisten täryjyrien molemmat valssit ovat yleensä täryvalsseja, mutta on olemassa tandemtäryjyriä, joissa vain toinen valssi täryttävä. [2]

Täryjyrän tiivistysvaikutus perustuu jyrän massaan ja jopa pääasiassa täryyn, joka siirtyy jyrän valssien kautta massan rakeisiin hävittäen niiden välisen kitkan tilapäisesti. Tällöin rakeita voidaan siirrellä suhteellisen pienellä voimalla. Täryjyrien massa vaihtelee välillä 1 – 18 t. Raskaampien täryjyrien tiivistysvaikutus ulottuu jopa 30 cm:n syvyyteen, riippuen tiivistettävästä massalaadusta. Täryjyrät ovat erittäin monikäyttöisiä ja soveltuvat useimpien asfalttipäällysteiden tiivistämiseen. Ne vastaavat tiivistysvaikutukseltaan jopa useampikertaista painoluokkaa olevaa staattista jyrää. Täryä ei suositella esijyräykseen. Täryjyrienkin tiivistysvaikutus riippuu jyräysnopeudesta. Yleisimmin käytetään 3 – 5 km/h nopeutta, mutta paksuilla, yli 5 cm kerroksilla 1,5 – 2,5 km/h. Täry kytetään päälle ja pois päältä jyrän ohjauspaneelistä. [2]

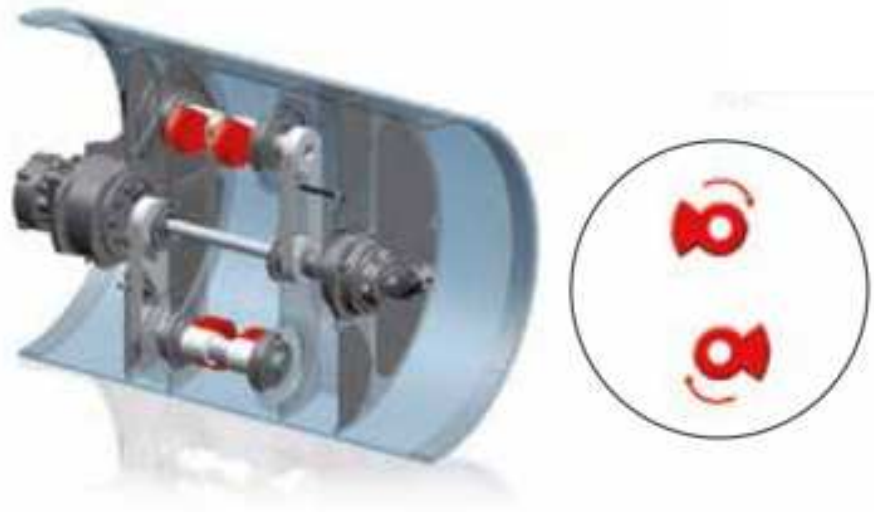


Kuva 1. Täryjyrässä valssin keskellä pyörivä epätasapaino aiheuttaa valssiin nopean pystysuuntaisen liikkeen.

Täryjyrässä valssin keskellä pyörivä epätasapaino aiheuttaa valssiin nopean pystysuuntaisen liikkeen (kuva 1), jonka tuloksena valssin aiheuttama tiivistysenergia suuntautuu tiivistettävään pintaan pystysuoraan saavuttaen suuren syvyysvaikutuksen. Valssi kuitenkin nousee maasta jokaisen tärähdyksen jälkeen ja näin ollen tehokasta tiivistystä tapahtuu vain noin puolet täräytyksen aikaisessa jyräyksessä. [4]

4.2 Oskilloivat jyrät

Oskilloivat eli värähtelevä valssiset jyrät ovat kuin edellä mainitut täryjyrät. Suurimassa osassa oskilloivia jyriä onkin toisessa valssissa täryrumpu ja toisessa valssissa oskilloinnin mahdollistava koneisto.



Kuva 2. Oskilloivassa valssissa kaksi epäsymmetristä akselia pyörii synkronoidusti vastakkaisiin suuntiin pystylinjassa toisiinsa nähden.

Oskilloinnissa kaksi epäsymmetristä akselia pyörii synkronoidusti vastakkaisiin suuntiin pystylinjassa toisiinsa nähden (kuva 2). Tämä saa aikaan valssin nopeasti vuorotellen eteenpäin ja taaksepäin suuntautuvan pyörivän liikkeen, jolloin tiivistysenergia kohdistuu tiivistettävään pintaan tangentiaalisesti. Toisin kuin täryjyrä, oskilloivajyrän valssi ei nouse oskilloinnin aikana päällystettävältä pinnalta dynaamisen jyräyksen hyötysuhde on 100%. Koska valssi on aina yhteydessä päällystettävään pintaan jyrän massasta johdettu staattinen kuorma käytössä koko ajan. Oskilloinnin ansiosta jyrien massan ei tarvitse olla yhtä suuri kuin muilla jyrätyypeillä. [4]

4.3 Staattiset valssijyrät

Pelkästään staattiseen massaan perustuvan tiivistyskaluston käyttö asfalttipäällysteen tiivistyksessä alkaa olla vähäistä täryjyrän yleistyessä, mutta silti perinteinen kolmivalssi on tuttu näky varsinkin katutyömaita päällystäessä. Kolmivalssi sopiikin ominaisuuksiensa puolesta mainiosti etujyräksi. Valssijyrän tiivistysvaikutus perustuu jyrän massan aikaansaamaan joustamattoman puristuksen. Alkuvaiheessa esiintyy myös jossain määrin vaivaavaa vaikutusta valssin työntäessä massaa vallina edellään. Varsinkin pienihalkaisijaisen vedettävän valssin eteen muodostuu massa-aaltoa. Halkaisijaltaan suuri vetävä valssi ylittää vallin helpommin ja pinnasta tulee sileämpi. Jyrän valssit voidaan täyttää vedellä tai hiekalla ja siten muuttaa jyrän viivapainetta. [2]

Valssijyrän syvyysvaikutus on verraten vähäinen, noin 8 cm. Se on riippuvainen sekä jyrän massasta, että kuormitusajasta eli ajonopeudesta. Jyräysnopeuden vähentäminen puolella vastaa kaksinkertaistaa jyrän kuormituksen. Sopiva jyräysnopeus hyvissä olosuhteissa on 10 t kolmivalssijyrällä 3-5 km/h. Kylmällä ja tuulisella ilmalla ja ohuella päällysteellä on jyräysnopeus laskettava jopa alle 3 km/h. Suuri nopeus esimerkiksi 8 km/h edellyttää vähintään 12 ylityskertaa. Valssijyrä soveltuu yksin käytettäväksi päällysteen tiivistämiseen silloin kun päällystekiviaineksen lujuus on hyvä, massan stabiliteetti on riittävä, eikä yhdellä kerralla levitettävän massakerroksen paksuus ole suuri. [2]

Perinteisissä kolmivalssijyrissä on usein kaksi suurihalkaisijaista vetävää takavalssia ja yksi pienempihalkaisijainen etuvalssi. Uusissa kolmivalssijyrissä on yleensä kolme saman kokoista valssia siten sijoitettuna, että etuvalssi peittää takavalssien väliin jäävän alueen, jolloin tiivistysvaikutus on koko jyrän leveydeltä samanlainen. Kolmivalssijyrien kokonaispainot vaihtelevat välillä 4-16 t.

Staattisten kaksivalssijyrien eli tandemjyrien valssit ovat samankokoiset, joista toinen tai molemmat ovat vetäviä. Kaksivalssijyrien paino vaihtelee välillä 1 – 12 t. Staattisten kaksivalssijyrien lisäksi on myös raskaita kolmivalssijyriä, joiden valssit ovat peräkkäin. [2]

4.4 Kumipyöräjäyrät

Kumipyöräjäyrän eli kumijussin vaikutus perustuu kumipyörien vaivaavaan vaikutukseen jossa se siirtää asfalttimassan kivirakeita edistäen niiden asettumista vierä vieräen ehkäisten holvaantumisen. Kumipyöräjäyriä on 5-pyöräisistä 11-pyöräisiin painoluokan vaihdellussa 5 – 35 t. Kumipyöräjäyrissä on hyvä syvyysvaikutus. Se soveltuu paksujen, jopa 15 – 20 cm päällysteiden tiivistämiseen yhtenä kerroksena. Kumipyöräjäyrillä on valssijyrien viivapainetta vastaavana yksikkönä kosketuspaine (= pyöräkuorma/kosketuspinta-ala). Kosketuspainetta voidaan lisätä lisäämällä pyöräkuormaa lisäpainoin ja/tai nostamalla rengaspainetta. Kumipyöräjäyriä käytetään ensisijaisesti tavoiteltaessa erittäin tiivistä pintaa asfalttipäällysteelle. Kumipyöräjäyriä tapaa eniten lentokentillä tehtävissä päällystyksissä eritoten kiitoradoilla. [2]

4.5 Yhdistelmäjäyrät

Asfalttitöissä käytettävät yhdistelmäjäyrät ovat yleensä tandemtäryyriä, joiden toisen täryvalssin tilalla on kumipyöräsarja. Yhdistelmäjäyrien käyttö päällystystöissä on vähäistä, sillä kumipyörät aiheuttavat päällysteiden liiallista tiivistymistä. Kumipyörien suuri kosketuspaine aiheuttaa päällysteeseen deformaatiota ja urautumista, eikä siksi sovellu varsinkaan pintakerrokseen. [2]

4.6 Jyrän valinta

Jyrän koon ja jyrien määrän valintaan vaikuttaa seuraavat seikat:

- massan laatu
- työmaan koko ja suunniteltu levitysmäärä
- kerrosten levityspaksuus
- sääolosuhteet

Kevytkin jyrä kykenee tiivistämään päällysteen kuin päällysteen, jos levityspaksuus ei ole liian suuri. Pieni jyrä kuitenkin tiivistää hitaammin kuin suuremmat jyrät ja tästä syystä jyrää valittaessa tulee ottaa huomioon massanlaatu, työmaan koko ja levitysnopeus sekä tietenkin sääolosuhteet, jotta päällyste saadaan tiivistettyä sopivien tiivistys lämpötilojen aikana. [3]

4.7 Tiivistysvaikutus

Levitysmäärä on riippuvainen tiivistyskalustosta ja siksi se on suunniteltava tarkasti varsinkin suurilla työkohteilla. Levitysmäärä riippuu kaistan leveydestä, työskentelynopeudesta ja jyräysnopeudesta. Tiivistysnopeus riippuu taas käytettävissä olevasta jyräysajasta, jyrrien lukumäärästä, jyräysnopeudesta ja jyrän leveydestä. Tärkeää on vielä pysyä riittävässä laatuvaatimuksissa.

Seuraavilla kaavoilla voidaan ohjeellisesti laskea Jyräysnopeus F (m^2/h) ja Levitysnopeus M (t/h) työkohteilla.

$$F = \frac{f \times b \times v \times 1000}{n} (m^2/h)$$

F = Jyräysnopeus [m^2/h]

f = Vähennyskerroin (0,75)

b = Tehokas jyräysleveys [m] (90% valssin leveydestä, päälleajon takia)

v = Jyräysnopeus [km/h]

n = Ylityskerrat

$$M = \frac{f \times b \times v \times \delta \times 1000}{n} (t/h)$$

M = Levitysnopeus (t/h)

f = Vähennyskerroin (0,75)

b = Tehokas jyräysleveys [m] (90% valssin leveydestä, päälle ajon takia)

v = Jyräysnopeus [km/h]

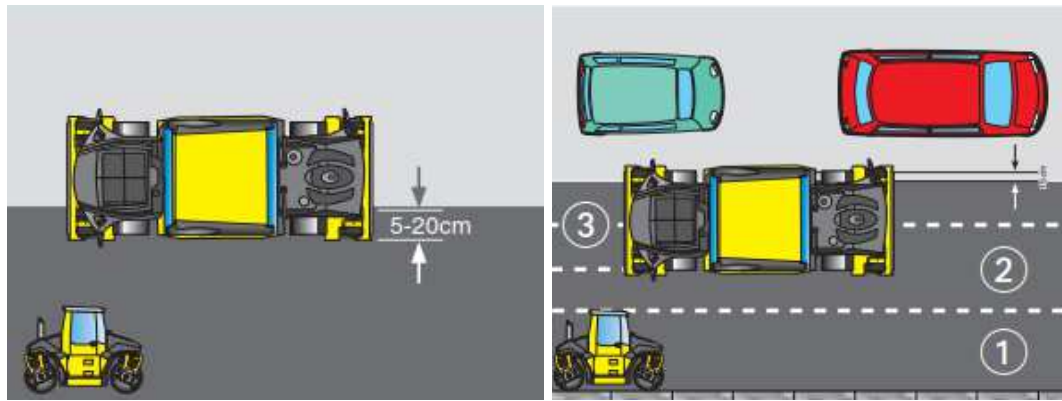
δ = Massan tiheys (t/m³)

n = Ylityskerrat

Suosittelvat nopeudet ja ylityskerrat eri jyräsvaiheissa:

Esijyräys:	4-6 km/h	1 ylityskerta
Tiivistysjyräys:	3-5 km/h	4-8 ylityskertaa
Jälkijyräys:	6-8 km/h	1-3 ylityskertaa

Tarvittavat ylityskertojen määrä voidaan vain etukäteen vain arvioida aiempien kokemusten perusteella tai se on määritettävä tiivistyskokeilla. Jokaisessa työkohteessa ylityskertojen lukumäärä riippuu tiivistysvastuksesta, massan lämpötilasta, levityspaksuudesta, jyräysnopeudesta, jyräyskalustosta ja jyränkuljettajasta. [3]



Kuva 4. Jäähtyneen tai vanhan levityskaistan tiivistäminen. (vas.) Jäähtyneen tai vanhan levityskaistan tiivistäminen liikennöidyllä kaistalla. (oik.)

Jäähtyneen tai vanhan levityskaistan viereen tehtävän uuden levityskaistan tiivistäminen aloitetaan niiden välissä olevan sauman tiivistämisellä. Sauma tiivistetään siten, että valssit ovat pääosin kylmällä päällysteellä ja vain 10-20 cm levitetyllä päällysteellä. Sauman tiivistäminen siten, että valssit ovat pääosin levitetyllä päällysteellä ja 10-20 cm kylmällä päällysteellä aiheuttaa massan pursuamista valmiille pinnalle ja seurauksena on porrastunut ja epäsiisti sauma. Joskus toinen kaista saattaa olla vilkkaasti liikennöity eikä aiemmin mainittua jyräyskaava onnistu voidaan jyräys suorittaa aloittamalla jyräys alimasta reunasta ja jyräämällä sauma viimeisenä (kuva 4). [2]

6 Valmiin asfalttipäällysteen laatuvaatimukset

Asfalttipäällysteelle on urakka-asiakirjoissa määritelty tarvittavat laatuvaatimukset sen mukaan (taulukko 1), millaisia ominaisuuksia päällystyskohde, sen käyttötarkoitus ja liikennemäärät (KVL) edellyttävät. Asfalttinormeissa esitetään numeeriset laatuvaatimukset massamäärälle, tasalaatuisuudelle, koostumukselle, tyhjätilalle, kitkalle, tasaisuudelle, kaltevuudelle sekä kulumis-, deformaatio- ja vedenkestävyydelle. Asfalttipäällysteen tiivistyksen kannalta olennaiset tutkimuskohteet ovat tasaisuus, kitka ja tyhjätila. [5]

Taulukko 1. Laatuvaatimusten esittämisestä käytetty luokitus kaksikaistaisella tiellä tai kadulla.

LAATUVAATIMUSLUOKKA		
	Nopeusrajoitus (km/h)	
	> 60	≤ 60
	KVL (autoa/vrk)	
A	>5000	>10000
B	2500-5000	5000-10000
C	1500-2500	2500-5000
D	<1500	<2500

Päällystystyön tasaisuutta voidaan mitata tien tasaisuuden mittaukseen kehitetyllä PTM-mittauksella. Valmiin asfalttipäällysteen tyhjätilan voi määrittellä radiometrisesti maatumalla tai päällysteestä porattavilla poranäytteillä. Päällysteen sulan kelin kitkaa mitataan sivukitkan mittausmenetelmällä ajoneuvoon asennetulla mittauslaitteella. [5]

6.1 Tyhjätila

Asfalttipäällysteen tyhjätila on bitumipäällysteisten kivirakeiden väliin jäävien huokosten tilavuus prosentteina tiivistetyn päällysteen tilavuudesta. Päällysteen tiiviyyttä arvostellaan valmiista päällysteestä otetuiden poranäytteiden (menetelmä SFS-EN 12697-8) tai ainetta rikkomattomalla menetelmällä, joita on asfalttibetonille radiometrinen menetelmä (PANK 4113) ja päällystetutkamenetelmä (PANK 4122), sekä tiiviille asfaltille soveltuva pistekohtainen mittaus (PANK 4123). Päällystetutkaa käytetään suuremmilla kohteilla, yleensä yli kilometrin mittaisilla kohteilla tai kohteissa esimerkiksi kaatopaikoilla jossa päällysteen tiiveys on avainasemassa. [1]

Asfalttinormeissa on esitetty asfalttimassojen tilastollisesti lasketut sallitut tyhjätilat eri laatuvaatimusluokissa (taulukko 2). Erityisliikennealueilla kuten esimerkiksi satamissa, huoltamoilla, pihalla sekä pysäköintialueilla tilaaja määrittelee tyhjätiloja koskevat rajoitukset. Poranäytteen tiheys määritetään asfalttimassan tiheys menetelmällä SFS-EN 12697-6 (menettely B) ja tyhjätilan määrityksessä tarvittava asfalttinäytteen kappaleitiheys tutkitaan menetelmällä SFS-EN 12697-6. Asfalttibetonin (AB) ja sidotun asfalttibetonin (ABS) kappaleitiheys määritellään menettelyllä A, kivimastiksiasiastin (SMA) ja kantavan asfalttibetonin (ABK) kappaleitiheys menettelyllä B ja avoimen asfaltin (AA) menettelyllä D. [normit]. Arvostelu suoritetaan tien koko pituudelta. Asfalttinormit taulukossa 43 on esitetty yksittäisten poranäytteiden sallittu tyhjätila päällystelajeittain. [5]

Taulukko 2. Sallittu tyhjättila ajoradalla eri laatuvaatimusluokissa A-D.

Päällyste	Tyhjättila V (til-%)					
	Yksittäinen näyte			Keskiarvo		
	A, B	C	D	A, B	C	D
AB 5 - 8		≤ 7,0	≤ 8,0		≤ 6,0	≤ 7,0
AB 11		≤ 6,0	≤ 7,0		≤ 5,0	≤ 6,0
AB 16 - 22	≤ 5,0	≤ 5,0	≤ 6,0	1,0 - 4,0	≤ 4,0	≤ 5,0
SMA 5 - 22	≤ 6,0	≤ 6,0		2,0 - 5,0	≤ 5,0	
ABS 16 - 22	≤ 6,0			2,0 - 5,0		
ABK 22 - 32	≤ 8,0	≤ 8,0	≤ 8,0	≤ 7,0	≤ 7,0	≤ 7,0
AA 11 - 16	17 - 25			17 - 25		

Uusista päällysteistä tutkitaan myös saumojen tiiviys, pois lukien kuumennetun alustan saumoja. Saumojen tiiviys aina poranäytteiden avulla, vaikka päällyste muuten tutkittaisiinkin päällystetutkamenetelmällä. Poranäytteen tulee sisältää saumakohta kokonaisuudessaan. Saumojen tyhjättilaa verrataan taulukon 43 ilmoittamiin tyhjättila arvoihin. Saumojen kohdalla vaihteluvälin ylärajaan lisätään kaksi prosenttiyksikköä. Sallitun tyhjättilan ylittyttyä on sauma liuostettava. [5] Joissain tapauksissa tilaaja voi vaatia saumojen liuostamisen kaikissa saumoissa näytteen tuloksesta riippumatta.

Riittävän tiivis asfalttipäällyste saadaan, kun jyräkalusto ollaan suhteutettu levitysnopeuden ja sääolojen suhteen. Liian vähäiset ylityskerrat tai liian pitkät jyräsjaksot johtavat siihen, että tiivistys jää tehottomaksi ja sitä kautta tyhjättila liian suureksi.

6.2 Tasaisuus

Tien pintakerrokseen ei saa muodostua sellaisia epätasaisuuksia, joista aiheutuu veden lätköitymistä. Levitystyön aikana pinnan tasaisuutta on tarkkailtava oikolaudalla niin pituus- kuin leveyssuunnassa. Uuden asfalttipäällysteen tasaisuutta mitataan päällystystyön laadunvarmistamiseksi. Kohteet (tiet ja kadut) joissa tarkkaa numeerista tasaisuus arvoa ei kannata mitata noudatetaan oikolautamenetelmää tasaisuuden varmistamiseksi. Oikolautamenetelmän mukaiset tasaisuusvaatimukset ovat esitetty seuraavassa taulukossa ja se löytyy myös asfalttinormeista. [5]

Valmiin asfalttipäällysteen tasaisuutta voidaan mitata myös ajoneuvolla, johon on asennettu PTM-mittauslaitteisto. PTM-tasaisuustiedot kerätään päällysteen pinnasta laseranturin, pystykiihtyvyyssanturin ja ultraääniantureiden avulla. [5]

6.3 Kitka

Valmis asfalttipäällyste ei saa olla liukas. Yksi päällysteen tärkeistä ominaisuuksista päällystetyn alueen käyttäjien kannalta on kitka, päällysteen tuleekin sulalla kelillä täyttää sille Asfalttinormeissa asettamat vaatimukset kitkan osalta. Kitkaa voidaan tutkia sulan kelin sivukitkamenetelmällä (PANK 5201) 3-6 viikon sisällä päällysteen valmistumisesta.

Kitkamittauksilla pyritään paikallistamaan liian alhaisen kitkapinnan omaavat kohdat, jotka voivat esiintyä liian sileänä pintana tai bitumin liiallisena pintaan nousuna. Nämä ilmiöt saattavat johtua liian useasta ylityskerroista tai asfalttimassan suhteutusvirheestä. [5]

7 HAMM HCQ-navigaattori

HCQ on lyhenne:” HAMM Compaction Quality: stä”. Termi on kehitetty kuvaamaan kattavaa tuotevalikoimaa tiivisteprosessien suunnitteluun, mittaamiseen, hallintaan, dokumentointiin ja analysointiin (kuva 5). HCQ-laitteisto on satelliittipohjainen modulaarinen dokumentointi- ja mittausjärjestelmä kaikkien tärkeiden tiivistysparametrien havaitsemiseksi ja lukemiseksi ja yhden tai useamman jyrän tiivistämisen parantamiseksi. Sitä voidaan käyttää päällystysten lisäksi myös maanrakennustöissä. [6]



Kuva 5. HCQ-laitteisto on satelliittipohjainen modulaarinen dokumentointi- ja mittausjärjestelmä.

Tiivistämisen aikana HCQ Navigator luo tiivistettävästä alueesta reaaliaikaisen "tiivistyskartan", joka mahdollistaa jyräkuljettajalle mahdollisuuden tunnistaa riittävät ylityskertojen alueet sekä alueet, jotka vaativat lisää tiivistämistä. Kuljettaja näkee koko alueen tilan, mikä takaa tehokkaan ja homogeenisen tiivistymisen. [6]

HCQ-laitteisto käyttää DGNS-paikannusta jäljittämään kunkin jyrän nykyisen sijainnin. Samanaikaisesti mitataan erilaisia tiivistysprosessin tietoja. HCQ-laitteisto yhdistää mitatut arvot paikkatietoon muodostaakseen tiivistettävän alueen reaaliaikaisen "tiivistyskartan". Jos ryhmään liitetään useita jyriä, ne voidaan yhdistää toisiinsa WLAN-verkon

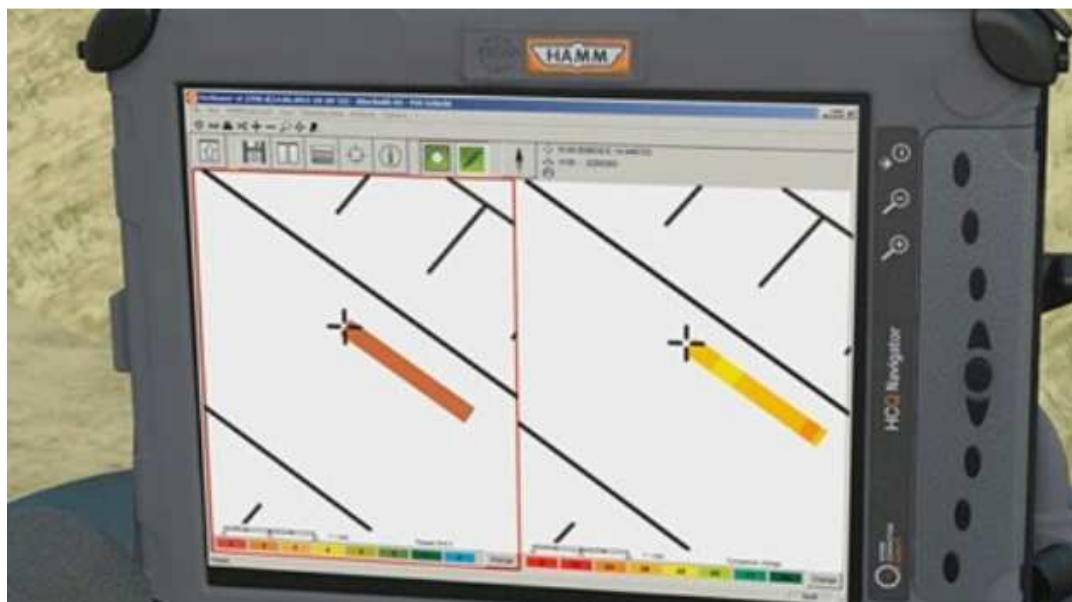
avulla, jolloin jyräkuljettajat näkevät toisensa ohjauspaneelin näytöllä sekä missä määrin päälystettyä on tiivistetty. Lisäksi kaikki tiedot tallennetaan ohjauspaneeliin ja ne voidaan siirtää USB-asetalle myöhempää analysointia ja dokumentointia varten. [6]

7.1 HCQ-laitteiston kuvaus

HCQ-laitteiston hankintaan kuuluu laitteiston esiasennus mahdollistaa järjestelmän sujuvan toiminnan. Keskeisenä ominaisuutena ohjauspaneeli- ja WLAN-antennin mekaanisten asennuksen lisäksi se luo "sähköisen tyyppikilven", jonka avulla ohjelmisto tunnistaa automaattisesti koneen, jossa sitä käytetään ja jossa otetaan huomioon kaikki koneen ominaisuudet. Tämä mahdollistaa sen, että järjestelmä pystyy arvioimaan jokaisen valssin tai akselin erikseen ja havaitsemaan erityispiirteitä, kuten esimerkiksi porrastetun tiivistymisen (ns. linkkuajon). [6]

7.2 Paneeli-PC

Paneeli-PC käytetään kokoamaan, näyttämään ja tallentamaan kaikki mitatut tiedot. Sitä voidaan käyttää myös määrittelemään käyttäjäkohtaisia projekteja tai kerroksia, esimerkiksi dokumentoitavaksi maaperän tiivistämisestä erillisissä kerroksissa. Lisäksi mitatut tiedot voidaan helposti analysoida myöhemmin (Kuva 6). [6]



Kuva 6. Paneeli-PC:n näyttökuva.

Paneeli-PC on asetettavissa jyrän ohjaamoon helposti sille esiasennuksen yhteydessä asennetun telineen avulla. Paneeli-PC:n käyttö tapahtuu kosketusnäytön kautta. Runko on rakennettu vesitiiviiksi ja iskunkestäväksi ja sille on myönnetty IP67-sertifikaatti. Siksi se sopii erinomaisesti käytettäväksi vaikeissa olosuhteissa tai avojoyrissä. [6]

7.3 DGNSS-vastaanotin

Jyrän etäisyydenmittaamiseksi ja paikanmäärittämiseksi HCQ-laitteisto käyttää DGNSS-vastaanotinta (DGNSS = Differential Global Navigation Satellite System), joka asennetaan jyrän katolle magneettisten jalkojen avulla. Käyttämällä ilmaisia satelliittisignaaleja vastaanottimet määrittävät jyrän sijainnin vähintään 90 senttimetrin tarkkuudella (Kuva7).



Kuva 7. DGNSS-vastaanotin jyrän katolle asennettuna.

DGNSS-vastaanotin tulkitsee amerikkalaisten GPS- ja venäläisten GLONASS-navigointijärjestelmien signaaleja. Tämä lisää satelliittisignaalien lukumäärää ja mahdollistaa tarkemman sijainnin määrittämisen. Järjestelmä tallentaa paikkatiedot vielä 16 tuntia työn päätyttyä. Tämä ominaisuus poistaa mahdolliset joutokäyntiajat, joiden vuoksi on määritettävä asema uudelleen, esimerkiksi ennen työn aloittamista aamulla, jos jyräyskalusto on siirretty toiselle työmaalle. Järjestelmä pysyy aktiivisena myös silloin, kun ei ole käytävissä satelliittipaikannussignaaleja, kuten esimerkiksi siltojen alla. Silloin paikannus suoritetaan sisäisellä anturijärjestelmällä ja ohjelmistolla. [6]

7.4 HCM-tiivistysanturi

HCM-tiivistysanturi (HAMM Compaction Meter) käytetään mittaamaan ja osoittamaan maajäykkyyttä maaperän tai asfalttipäällysteiden tiivistämisessä. [6]



Kuva 8. HCM-tiivistysanturi asennetaan jyrän valssin täriseviin rakenneryhmiin.

Anturit on asennettu jyrän valssin täriseviin rakenneryhmiin (kuva 8). Se mittaa maan reagointia pystykiihtyvyyssuodossa ja laskee sen tiivistymisarvoina. HMM-arvo (HAMM

Measurement Value) ilmaisee saavutetun tiivistymisasteen. Se kertoo kuljettajalle, tarvitseeko massa lisää tiivistämistä, tällä tavoin minimoidaan ylistuskertojen lukumäärä ja estetään liiallinen tiivistyminen. HCM-tiivistysanturia voidaan käyttää kaikissa jyrissä, joissa on täryvalssi. HCM-tiivistysanturi pystyy mittaamaan tiivistymisasteen vain täryn ollessa päällä. [6]

7.5 HTM-lämpöanturi

Asfaltin lämpötilalla on tärkeä rooli tiivistämisessä. HTM-lämpöanturi (HAMM Temperature Meter) pitää jyränkuljettajan tietoisena asfaltin lämpötilasta reaaliaikaisesti. Järjestelmä piirtää paneeli-PC:n näytölle värikoodatun kuvan asfalttipäällysteen lämpötilasta jonka perusteella jyränkuljettaja voi päättää, kannattaako päällystettä jyrätä tai miten se kannattaa jyrätä. Se auttaa estämään tiivistymisen aiheuttamaa vaurioita, liian korkeissa tai liian alhaisissa lämpötiloissa. [6]



Kuva 9. HTM-lämpöanturi asennetaan jyrän etuvalssiin.

Lämpötilaa mittaava infrapunälämpötila-anturi asennetaan jyrän etuvalssin runkoon, josta se mittaa lämpötilan n. 1 metrin etäisyydeltä jyrästä eteenpäin ajettaessa (kuva 9). [6]

8 Tutkimusmenetelmät

Kokemuksia ja havaintoja kerättiin syksyn 2017 päällystyskohteella valtatie 25:lta Pikka-lassa osana liikenneviraston digitalisaatiohanketta. Kokemusten ja havaintojen pohjalta arvioitiin laitteiston hyötyjä työnohjauksen kannalta, myös laitteiston teoreettisia mahdollisuuksia sekä hyötyä työnohjauksen ja tätä kautta tuotantotehokkuuden nimissä käytiin läpi. Testijakso jäi valitettavasti varsin lyhyeksi, Pikkalan kohteen ollessa ainut työmaa jossa laitteistoa kokeiltiin. Varsinaisia haastatteluja tutkimukseen ei aiempaan syyhyn vedoten ehditty järjestämään, mutta työmaalla jaettiin mielipiteitä laitteistosta, niin työnohdon, jyränkuljettajien kuin Wirtgen-Groupin asiantuntijan kanssa.

HAMM HCQ-navigaattoria tutkittiin myös viiden osa-alueen avulla, joiden perusteella voitiin arvioida järjestelmän hyötyjä. Osa-alueiden vaikutuksesta syntyy laadun ja käyttäjätyytyväisyyden summa eli nettohyöty. Nettohyöty voi olla positiivista tai negatiivista ja vaikuttaa järjestelmän käyttöön ja käyttäjätyytyväisyyteen.

Tutkimuksessa arvioidut osa-alueet:

- **Informaation laatua** mitattiin tarkkuuden, ajantasaisuuden, merkityksellisyyden ja johdonmukaisuus. Yksittäiset vaikutukset mitattiin päätöksenteon, työn tehokkuuden ja työn laadun kannalta.
- **Järjestelmän laatua** mitattiin helppokäyttöisyyden, toiminnallisuuden, luotettavuuden perusteella. Järjestelmän laadun yksittäiset vaikutukset mitattiin työympäristön laadun ja työn suorituskyvyn perusteella. korkean järjestelmän laadun voidaan odottaa lisäävän käyttäjätyytyväisyyttä, joka johtaa positiivisiin vaikutuksiin tuottavuuden osalta.
- **Palvelun laatua** mitattaessa keskityttiin järjestelmän tarjoajan tarjoamaan perehdytykseen ja asiantuntevuuteen laitteen käyttöönoton yhteydessä.
- **Käyttö ja käyttöaikomus**, Tutkimuksen tärkeänä osa-alueena HAMM HCQ-navigaattorin hyötyjä tutkittaessa on käyttö ja käyttöaikomus, jonka kautta voi tutkia laitteen käyttöä työnohjauksen osalta.

- **Käyttäjättyvyisyys**, käyttäjättyvyisyys on yksi tärkeimmistä mittareista, kun tutkitaan laitetta tai järjestelmää. Käyttäjättyvyisyyttä mitataan informaation laadun, järjestelmän laadun ja palvelun laadun avulla.

9 Tulokset

Tulokset pohjautuvat tutkimusmenetelmät-osiossa esitettyjen osa-alueiden arvioimiseen sekä työmaalla tehtyihin kokemuksiin ja havaintoihin.

9.1 Informaation laatu

HAMM HCQ-navigaattori luo tarkan ja yksinkertaisen kuvan päällysteen tiivistysprosessista jonka tulkitseminen on helppoa värikoodauksen avulla. Jyränkuljettajat pystyvät reaaliaikaisesti seuraamaan päällysteen tiivistymistä sekä muiden jyrrien liikkeitä paneeli-PC:stä. (kommunikointia voisi parantaa jyrienvälisellä radioyhteydellä.) HCQ-navigaattori tallentamat tiedot päällystyskohteesta voidaan siirtää toiselle tietokoneelle. Tiedoista voidaan osoittaa päällysteen riittävä ja homogeeninen tiivistyminen jo ennen kuin päällysteestä otetaan poranäytteitä. Laitteiden yleistyessä tämä saattaa jopa osin korvata poranäytteet tai vähentää otettavien näytteiden lukumäärää.

9.2 Järjestelmän laatu

HCQ-navigaattorin käyttöönotto ei sinänsä vaadi toimiakseen juurikaan laitteistoon perehtymistä. Jos laitteiston osat ovat valmiiksi asennettu jyrään, niin saadaan muutamalla painalluksella järjestelmä luomaan kuvaa tiivistysprosessista paneeli-PC:n näytölle. Kuitenkin, jos järjestelmästä halutaan saada kaikki mahdollinen hyöty irti ja pystyä muokkaamaan laitteiston asetuksia käyttäjällä sopiviksi tulee laitteistoon perehtyä enemmän. HAMM toimittaa laitteiston mukana 100-sivuisen käyttöohje-kirjasen, johon on paneuduttava, jos aikoo työskennellä laitteiston parissa. HCQ-navigaattorin käytön oppiminen sekä käyttäminen ovat helppoa, sillä paneeli-PC:n käyttöjärjestelmänä toimii useille tuttu Windows-käyttöjärjestelmä ja sitä kautta valikoiden käyttäminen pitäisi olla tuttua. HCQ-navigaattorin toimivuuden kannalta testijakson aikana pystyi huomaamaan, että vaikka päällystystyömaalla muodostuisi katvealueita (esim. sillanaluset, kalliot ja tunnelit) pystyy järjestelmä luomaan kuvaa tiivistysprosessista, joka luo luotettavuutta tiivistystuloksiin.

9.3 Palvelun laatu

Wirtgen-Group tarjoaa perehdytys- ja käyttöönotto palveluja. Testijakson aikana asiantuntija oli perehdyttämässä henkilöstöä pikaisesti päällystystyömaalla. Perehdytys oli pätevää, jos HCQ-navigaattori otetaan pysyvästi käyttöön yrityksessä, on mahdollista ja järkevää järjestää jyränkuljettajille ja toimihenkilöille ns. perehdytyspäivä, jossa käytäisiin läpi järjestelmän yleiset asiat ja käyttöönotto. Näin perehdytys olisi mahdollisimman tehokasta ja järjestelmästä saisi kaiken hyödyn irti. NCC Industry Oy hankkii levityskalustonsa myös Wirtgen-Groupilta ja tätä kautta on voinut huomata, että myös huoltopalvelu toimii.

9.4 Käyttö ja käyttöaikomus

HCQ-navigaattorin tärkein käyttökohde on päällystystyömaan tiivistysprosessin työnohjaus, jonka tarkoituksena on lisätä työtehokkuutta ja tiivistyksen laatua. Laitteistoa on mahdollista käyttää myös laatudokumentointiin, sillä laitteen keräämät tiedot voidaan tallentaa ja niitä voidaan analysoida jälkikäteen esimerkiksi mahdollisten reklamaatioiden yhteydessä.

Laitteiston käyttöönotto työmaalla onnistuu helposti laitteiston komponenttien yksinkertaisen asennuksen takia. Paneeli-PC ja DGNSS-vastaanotin asetetaan niille kuuluville paikoilleen ja niihin kytketään johdot. Laite kytketään päälle, jolloin se on käyttövalmis. Järjestelmä paikantaa jyrän satelliittien avulla ja tallentaa jyrästietoja.

9.5 Käyttäjätyytyväisyys

Kuten aikaisemmin mainittu käyttäjätyytyväisyys on yksi tärkeimmistä mittareista hyvän järjestelmän mittarina. Onnistunutta järjestelmää on helppoa sekä mielekästä käyttää ja ennen kaikkea sitä tulee käytettyä, eikä se tule olemaan käyttämätön ominaisuus.

Pikkalan testikohteella oli työvuoron alussa havaittavissa muutosvastarintaa jyränkuljettajien keskuudessa uuden järjestelmän takia. Sen kuvailtiin esimerkiksi olevan turha ja uusi tapa seurata tai valvoa työntekijän tekemisiä. Kun Wirtgen-Groupin asiantuntija oli perehdyttänyt jyränkuljettajat laitteeseen, alkoi mielikuva toimivasta järjestelmästä muodostumaan. Testin perusteella järjestelmän kanssa työskenteleminen toisi varmuutta päällysteen tiivistykseen, vähentäisi turhia ylityksiä, auttaisi seuraamaan päällysteen tiivistysvaikutusten tilaa. Jyränkuljettajat olivat varsin tyytyväisiä ja odottavat järjestelmän

yleistymistä. Työnjohdon mielestä järjestelmä on mainio lisäämään tiivistystyön tehokkuutta sekä hyvä apu edistämään tiivistyksen laadunvarmistusta. PC-paneelista tietokoneeseen siirrettävä data on sellaisenaan vaikea selkoista ja vaatii käsittelyä, jos sitä mie-
lii käydä läpi.

9.6 Havaitut hyödyt

Tutkimuksen perusteella pystyttiin huomata, että laitteiston käyttäminen työmaan tiivistyskalustossa parantaa työmaan tehokkuutta, vähentää takuukustannusten mahdollisuutta, auttaa valvomaan työmaata, antaa mahdollisuuden laadudokumentointiin ja mahdollistaa työnlaadun osoittamisen uudella nopealla menetelmällä.

Seuraavassa listauksessa esitetään HCQ-navigaattorista hyväksi havaittuja ominaisuuksia.

- Jyränkuljettajalle helppokäyttöinen ja yksinkertainen apu varmistamaan tiivistyksen onnistuminen.
- Jyränkuljettaja pystyy seuraamaan asfalttipäällysteen tiivistysastetta, lämpötilaa ja ylityskertoja paneeli-PC:n näytöltä yksinkertaisen värikoodatun näkymän avulla.
- Järjestelmä yhdistää kaikkien työmaalla operoivien jyrrien keräämät tiedot yhdelle näkymälle, joten jokainen jyränkuljettaja on perillä toistensa tekemisistä.
- Työnjohto pystyy seuraamaan tiivistysprosessia ja sitä kautta todeta, että tiivistys tapahtuu oikein ja laatuvaatimusten puitteissa.
- Työnjohto pystyy valvomaan työmaan edistymistä reaaliajassa omalta tietokoneeltaan.
- Järjestelmän keräämät työmaakohtaiset tiedot tallentuvat paneeli-PC:lle. Niistä voidaan todeta tiivistyksen onnistuminen. Tietoja voidaan käyttää laadudokumentteina.
- Takuukorjauksien välttäminen. Heikkoihin kohtiin voidaan reagoida ja ne voidaan korjata heti.

10 Yhteenveto

Tämä mestarityö tehtiin NCC Industry Oy:lle. NCC Industry Oy osallistui kesällä 2017 Liikenneviraston ”Tieverkon ennakoiva kunnonhallinta ja tiestötietojen ylläpitojärjestelmän kehittäminen”-hankkeen ”Digitalisaatio tienpäälystystöissä”-osahankkeeseen jonka yhtenä aihealueena oli ”Tiiveyden tarkkailu jyräyksessä”. Osahankkeen tarkoituksena oli koekäyttää yhden päälystysyksikön tiivistyskalustoon asennettavaa Wirtgen-Groupin kehittämää HAMM HCQ-navigaattoria. Mestarityön tavoitteena oli selvittää mitä hyötyjä HAMM HCQ-navigaattori tarjoaa asfalttipäälysteen tiivistyksessä. Tutkimus rajattiin käsittelemään aihetta työnohjauksen näkökulmasta. Yhteenvedossa käydään ensin läpi jyräyksen nykytilaa ja siihen liittyviä ongelmia, jonka jälkeen nykytilaan pohjautuen tuodaan esiin HCQ-navigaattorin hyötyjä.

Tutkimuksen tekijä on työskennellyt yhdeksän päälystyskautta asfalttialalla kahdessa Suomen suurimmista asfalttiyrityksistä. Työkokemusta on työmaalta lähes jokaisesta tehtävästä aina lapiomiehestä perämieheen, kaksi viimeisintä kautta on kulunut työnjohdon piirissä. Kokemusta ja näkemystä siis löytyy. Aikaisempaan kokemukseen perustaen tiedettiin, että uuden asfalttipäälysteen tiiveyttä ollaan voitu arvostella valmiista asfalttipäälysteestä käyttämällä päälystetutkaa tai poranäytteistä tutkimalla.

Jyräkuljettajille ei ole olemassa erillistä koulutusta tai edes perehdytystä siihen, kuinka tiivistys tulisi toteuttaa. Asfalttipäälysteen tiivistyksestä kertovaa kirjallisuutta löytyy suomeksi vain INFRA Ry:n julkaisema Asfaltin tiivistysopas, joka pohjautuu asfalttinormeihin. Kyseinen teos on kuitenkin usealle jyräkuljettajalle vieras. Uusi jyräkuljettaja on siis saanut oppinsa kokeneemilta kuljettajilta ja/tai oppinut tekemällä. Tässä tapauksessa ennen kuin uusi jyräkuljettaja on oppinut työhönsä, on hän saattanut aiheuttaa vääränlaisella tiivistämisellä eri asteisia rakenteellisia vaurioita alentaen päälysteen laatua. Päälystystyömaalla työnjohto on joutunut vain luottamaan siihen, että jyräkuljettajat ovat osanneet hommansa ja tehneet työnsä asfalttinormien laatuvaatimusten puitteista, sillä harvalla työnjohtajalla on aikaa pitää kirjaa esimerkiksi ylityskerroista tai tiivistyslämpötilasta. Valmiin asfalttipäälysteen laatu saattaa silmällä näyttää moitteettomalta, mutta tyhjätilan arvioiminen ei niin onnistu. Asfalttipäälysteen laadusta on siis voitu varmistua vasta päälystyön valmistuttua poranäytetulosten jälkeen tai hieman nopeammin päälystetutkan avulla.

Tiivistyksen epäonnistuminen voi johtaa laajoihin takuukorjauksiin. Mahdolliseen takuukorjaukseen tarvittavien työkoneiden siirtäminen työmaalle, materiaalikuljetukset sekä työ nostavat työmaahan kohdistuvia kustannuksia. Myös takuukorjauksista johtuvat aikataulumuutokset ja laskutuksen siirtyminen haittaavat yrityksen toimintaa. Nykyiset urakat ovat tiukasti kilpailtuja, eikä näin ollen oikein kestä ylimääräisiä kustannuksia, jos meinataan pitää työmaa tuoton puolella.

HCQ-navigaattori on modulaarinen mittaus- ja dokumentointijärjestelmä, joka asennetaan tiivistyskalustoon. HCQ-navigaattori koostuu paneeli-PC:stä johon on liitetty satelliittivastaanotin, tiivistysanturi sekä lämpöanturi. Järjestelmä siirtää tiivistysprosessin aikana keräämänsä tiedot reaaliaikaisesti jyränkuljettajille sekä työnjohdolle. HCQ-navigaattorin avulla jyränkuljettajat pystyvät mm. välttämään yli – ja alitiivistämisen, reagoimaan välittömästi päällysteen heikkoihin kohtiin ja korjaamaan ne ja varmistumaan asfalttipäällysteen tiivistysprosessin tilasta. Tiivistysnäkyvän avulla myös työnjohto pystyy valvomaan työmaan edistymistä, puuttumaan mahdollisiin työvirheisiin sekä ohjaamaan jyränkuljettajia työssään.

Tutkimuksen perusteella voidaan siis huomata, että HCQ-navigaattorin käyttäminen työmaan tiivistyskalustossa parantaa työmaan tehokkuutta, vähentää takuukustannusten mahdollisuutta, auttaa valvomaan työmaata, antaa mahdollisuuden laatudokumentointiin ja mahdollistaa työnlaadun osoittamisen uudella nopealla menetelmällä.

Asfalttipäällysteen tiivistyksen nykytilaa pohdittaessa HCQ-navigaattorin kaltaisten järjestelmien toivoisi yleistyvän. Lisäksi keväisin tulisi varmistaa varsinkin uusien jyränkuljettajien ammattitaito. Jyräykseen perehdyttämisen lisäksi tulisi jokaiselle jyränkuljettajalle jakaa INFRA Ry:n julkaisema Asfaltin tiivistysopas ja antaa yksi painos jokaisen päällystysyksikön huoltoautoon luettavaksi koko porukalle, jos HCQ-navigaattori otetaan pysyvästi käyttöön yrityksessä, tulisi jyränkuljettajille ja toimihenkilöille järjestää perehdytyspäivä laitteiston käyttämiseen.

Mestarityö antoi hyvin uutta näkökulmaa päällysteen tiivistykseen. Vaikka allekirjoittanut onkin pitkään työskennellyt päällystyksen parissa ei tiivistys ollut kovin tuttua. Mestarityön aikana tuli opittua paljon uutta ja mielenkiintoista tiivistyksestä ja on myös mukava huomata, että asfalttiala kehittyy digitaalisempaan suuntaan. Vaikean työstä teki se, ettei

asfalttialasta tai varsinkaan tiivistyksestä ole olemassa paljoakaan materiaalia. Mielestäni tutkimus ylittää tavoitteisiinsa ja sen avulla voidaan HCQ-navigaattorin kannattavuus.

Lähteet

- 1 Liikenneviraston kotisivut, www.liikennevirasto.fi/hankkeet/digitalisaatiohanke/tie-verkon-kunnonhallinta#.WnGLddJI_IU, luettu 4.1.2018.
- 2 INFRA ry, Pohjola Pertti, Asfaltin tiivistysopas 2013, 1. painos, 2013, Helsinki.
- 3 Dipl. In. H.-J. Kloubert, BOMAG GmbH, Basic principles of asphalt compaction, 1. Edition 02/2009, Germany.
- 4 WIRTGEN-GROUP – kotisivut, www.hamm.eu/en/technologies/oscillation/, luettu 12.11.2017.
- 5 PANK ry, Asfalttinormit 2011, 2011.
- 6 WIRTGEN-GROUP – Kotisivut, www.hamm.eu/en/technologies/hcq/, Luettu 14.11.2017.