

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Yhdyskuntatekniikka

Teemu Nordlund

SUIHKUINJEKTOINNIN TUOTTAVUUDEN KEHITTÄMINEN

Työn valvoja

Tekniikan Lisensiaatti Reijo Rasmus

Työn ohjaaja

Diplomi-insinööri Annina Peisa

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma, Yhdyskuntatekniikka

Tekijä: Teemu Nordlund
Työn nimi: Suihkuinjektointin tuottavuuden kehittäminen
Sivumäärä: 36+3
Valmistumisaika: 3/2011
Työn valvoja: TkL Reijo Rasmus, TAMK
Työn tilaaja: Lemminkäinen Infra Oy

TIIVISTELMÄ

Tämän insinööriyön tarkoitus oli tuottaa Lemminkäinen Infra Oy:lle dokumentti, johon on koottu keskitetysti suihkuinjektointiprosessin ongelmakohtia ja kehitysmahdollisuuksia. Aineistoa ongelmien kartoittamiseen on kerätty Lemminkäisen henkilöstöltä. Suihkuinjektointiin perehtyneille toimihenkilöille ja työntekijöille pidettiin haastatteluja, joista poimittiin havaittuja ongelmakohtia ja ehdotuksia prosessin kehittämiseksi.

Suihkuinjektointi on maaperän käsittelymenetelmä, jonka toteuttaminen vaatii urakoitsijalta erikoiskalustoa ja erityisammattitaitoa. Suihkuinjektointin yleisin käyttökohte Suomessa on vanhojen rakennusten perustusten vahvistus, johon menetelmä soveltuu vähäisen työnaikaisen tilantarpeen ja alhaisen rakenteille aiheutuvan tärinän puolesta hyvin. Suihkuinjektointin etuna perustusten vahvistuksessa on myös, ettei rakennuksen lattiapintojen yläpuolelle jää tilaa vieviä kuormansiirtorakenteita.

Tämän työn teoriaosa koostuu Lemminkäinen Infra Oy:n suihkuinjektointiprosessin kuvailusta, jota läpikäydessä on kerrottu työtä ohjaavien standardien ja kirjallisuuden osuudesta prosessin toteutukseen. Tässä työssä esitetyn prosessin kuvauksen ei ole tarkoitus olla yksiselitteinen työohje suihkuinjektointin suorittamiseen, vaan sen on tarkoitus antaa suihkuinjektointiin perehtymättömälle lukijalle käsitys suihkuinjektointiprosessin vaiheista.

Kaikki työhön liittyvät tutkimustulokset on kerätty haastatteluista. Nämä tutkimustulokset on jaettu työssä kahteen osaan, eli ongelmakohtiin ja kehitysehdotuksiin. Ongelmakohtia käsittelevä osa on tarkoitettu luetteloksi asioista, joihin Lemminkäisen henkilöstön parissa kaivataan parannuksia. Kehitysehdotukset ovat suuntaa antavia ideoita myöhemmin päätettäviä toimenpiteitä varten.

Avainsanat: pohjarakennus, suihkuinjektointi, perustukset, maaperän käsittely

Tampere University of Applied Sciences
Department of Construction Engineering, Civil engineering

Writer: Teemu Nordlund
Thesis: Increasing the Efficiency of Jet Grouting Process
Number of pages: 36+3
Graduation time: 3/2011
Thesis supervisor: Lich. Tech. Reijo Rasmus, TAMK
Co-operating Company: Lemminkäinen Infra Oy

ABSTRACT

The scope of this thesis was to provide Lemminkäinen Infra Oy with a document containing a list of problems and potential development possibilities within jet grouting process. Material for identifying the problems was gathered by interviewing Lemminkäinen employees, who have experience of jet grouting process at Lemminkäinen Infra Oy.

Jet grouting is a ground improvement method. Its execution requires specialized equipment and professional skills. In Finland, the most common application for jet grouting is treatment of load bearing soils under existing buildings. Execution of jet grouting requires minor amount of space at worksite and causes only slight vibration during work.

A general description of jet grouting process, as executed by Lemminkäinen Infra Oy, is provided in this thesis. The description in question is not meant to be an exhaustive guide to jet grouting, but a general introduction to jet grouting for those who are not familiar with the method.

All research for this thesis was made by interviewing. Results from the interviews are divided in two sections - problems in the process and suggestions for development. Problems are presented as an easily referable list. Suggestions for development are listed as ideas for what to do when considering future enhancements in Lemminkäinen Infra Oy's jet grouting process.

Keywords: foundation engineering, jet grouting, foundation, ground improvement

ESIPUHE

Suihkuinjektointi oli minulle vieras menetelmä aloittaessani sen parissa työskentelyn Lemminkäinen Infra Oy:llä keväällä 2010. Käytännön työjohtotehtävissä aihe kävi kuitenkin tutuksi, ja työnantajan puolelta tehtiin ehdotus opinnäytetyön aiheeksi. Ajatuksena tutkimus tuottavuuden parantamisesta sellaisten töiden parissa, mistä minulla oli hyvin vähän kokemusta, tuntui hieman pelottavalta. Tiivis yhteistyö Lemminkäisellä työskentelevien alan ammattilaisten kanssa auttoi minua kuitenkin tuottamaan työn, jota oli mielenkiintoista tehdä ja jonka työn tilaajakin kokee hyödylliseksi.

Kiitän Lemminkäinen Infra Oy:tä ja esimiehiäni mahdollisuudesta tehdä insinöörityötä työskentelyn ohella. Erityiskiitoksen haluan esittää Annina Peisalle, joka työn ohjaajan roolissaan väsymättä vaati lisäpanostusta työn sisällön parantamiseen ja antoi opastusta työn yksityiskohtien hionnassa silloinkin, kun oma usko työn valmistumiseen alkoi hiipua. Lemminkäiseltä haluan kiittää myös kaikkia niitä toimihenkilöitä ja työntekijöitä, joilta sain arvokkaita haastatteluja työni lähdeaineistoa varten.

Tampereen ammattikorkeakoulusta haluan kiittää Reijo Rasmusta työn valvonnasta, joustavuudesta ja arvokkaista neuvoista työn edistämiseksi sekä kommentteista työn selkeyttämiseksi. Kiitos myös insinöörikoulutukseeni kuuluneiden kurssien opettajille, joita ilman koko tutkinto ei olisi ollut mahdollinen.

Turussa maaliskuussa 2011

Teemu Nordlund

TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRACT.....	3
ESIPUHE.....	4
1 JOHDANTO.....	7
1.1 Työn tausta	7
1.2 Työn tavoitteet.....	7
1.3 Työn rajaus ja tutkimusmenetelmät.....	7
2 SUIHKUINJEKTOINTI YLEISESTI.....	8
2.1 Tausta.....	8
2.2 Menetelmät	8
2.3 Käyttökohteet.....	9
3 SUIHKUINJEKTOINTIPROSESSI.....	10
3.1 Lähtötiedot	10
3.1.1 Tutkimukset	10
3.1.2 Suunnittelu.....	10
3.2 Valmistelevat työt	10
3.2.1 Aloitusedellytysten varmistaminen.....	10
3.2.2 Kaluston sijoitus	11
3.2.3 Paluulietteen käsittely.....	12
3.2.4 Kunnallistekniikan suojaus	12
3.2.5 Tuotannon seuranta ja toteutussuunnitelma	13
3.2.6 Injektointiparametrien valinta	13
3.3 Resurssit ja materiaalit	13
3.3.1 Kalusto.....	13
3.3.2 Materiaalit	14
3.3.3 Työryhmä.....	15
3.4 Toteutus	15
3.4.1 Paikalleen mittaus	15
3.4.2 Poraus	16
3.4.3 Suihkutus.....	17
3.4.4 Työturvallisuus	18
3.5 Laadun varmistus	18
3.5.1 Kaluston mittalaitteet.....	18

3.5.2	Pilarin koko ja lujuus.....	18
3.5.3	Massan laatu.....	18
3.5.4	Suihkutuspöytäkirjat	19
4	SUIHKUINJEKTOINTIPROSESSIN ONGELMAKOHTIA	20
4.1	Tulosten synty	20
4.2	Tiedon välitys ja kommunikointi	20
4.3	Työmaan valmistautuminen ja työn suunnittelu	21
4.4	Kaluston valmistelu ja ylläpito	21
4.5	Varaosien saatavuus	22
4.6	Työmaan siisteys ja järjestys	22
4.7	Työmaan sähköt.....	23
4.8	Pohjatutkimustiedot ja maaperä.....	24
4.9	Suihkutus	25
4.10	Paluulietteen käsittely työmaalla.....	25
4.11	Työturvallisuus	26
4.12	Parametrien seuranta	27
4.13	Lämpötilan nousu suihkuinjektoiduissa rakenteissa	27
5	SUIHKUINJEKTOINTIPROSESSIN KEHITTÄMINEN	28
5.1	Kehitysehdotukset	28
5.2	Tiedon välitys ja kommunikointi	28
5.3	Toteutuksen ja työjärjestyksen suunnittelu.....	28
5.4	Työntekijöiden perehdytyksen syventäminen	29
5.5	Kaluston valmistelu ja hankinta työmaalle.....	29
5.6	Kaluston ylläpito	30
5.7	Varaosien ylläpito.....	30
5.8	Työmaan siisteys ja järjestys	31
5.9	Sähköt.....	32
5.10	Imupumppu ja lietteen keruu.....	32
5.11	Suihkubetoniaseman layout-suunnitelma.....	32
5.12	Kaluston tuntemuksen lisääminen	33
6	LOPPUPÄÄTELMÄT	34
	LÄHDELUETTELO.....	35
	LIITTEET	36

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Suihkuinjektointi on pitkälle erikoistunut injektointimenetelmä, joka sopii haastaviin pohjanvahvistustöihin. Työ voidaan toteuttaa ahtaissa kohteissa tehokkaasti.

Suihkuinjektointi on monivaiheinen prosessi, jonka lopputuotteena on maasta ja injektointiaineesta koostuva maabetonirakenne. Suihkuinjektoinnin nimi viittaa maan leikkaamiseen ja sideaineen sekoittamiseen käytettyyn tekniikkaan, jossa injektointiaine sananmukaisesti suihkutetaan maaperään hyvin korkealla paineella. Injektointiaineena käytetään yleensä vesi-sementtisuspensiota.

1.2 Työn tavoitteet

Tämän työn päätavoitteena oli löytää keinoja suihkuinjektointiprosessin kehittämiseksi Lemminkäinen Infra Oy:llä. Tähän tavoitteeseen pyrittiin kahden osatavoitteen avulla. Ensimmäinen tavoite oli kartoittaa vuosien varrella rutiininomaisiksi käyneistä toimintatavoista prosessin tehokkuutta heikentäviä tekijöitä. Toinen tavoite oli keksiä ja kerätä kehitysideoita tehokkuuden parantamiseksi. Tutkinnan kohteena oli niin kalusto, työtavat ja työturvallisuus, kuin työnjohto, ympäristön huomioiminen ja laaduntarkkailu.

Luvussa kaksi kuvataan lyhyesti suihkuinjektoinnin periaatteet pohjanvahvistusmenetelmänä, ja luvussa kolme kerrotaan suihkuinjektointiprosessin pääpiirteet Lemminkäinen Infra Oy:llä. Henkilöhaastattelujen ja keskustelujen avulla kerättyä tietoa prosessin ongelmakohdista on koottu lukuun neljä.

Suihkuinjektoinnin ammattilaisten ideoita ja näkemyksiä prosessin tuottavuuden kehittämiseksi on esitelty kootusti luvussa viisi. Lopuksi luvussa kuusi pohditaan, mitkä kehitysideat ovat kehityskelpoisia ja mitkä eivät, sekä otetaan kantaa jatkotoimenpiteiden toteuttamiseen.

1.3 Työn rajaus ja tutkimusmenetelmät

Ongelmakohtia tutkitaan prosessin niiltä osin, kuin urakoitsija voi niihin suoraan vaikuttaa. Painopiste on prosessilla kaluston koostamisesta työn suorittamiseen ja laadunvarmistukseen.

Perustiedot suihkuinjektoinnista ja prosessin kuvaus on koostettu aihetta käsittelevistä lähdeeteoksista. Varsinainen tutkimustyö on suoritettu sähköposti- ja puhelinhaastatteluin. Lisäksi tietoa on kerätty työmiehiltä työn lomassa ja tauoilla keskustelemalla.

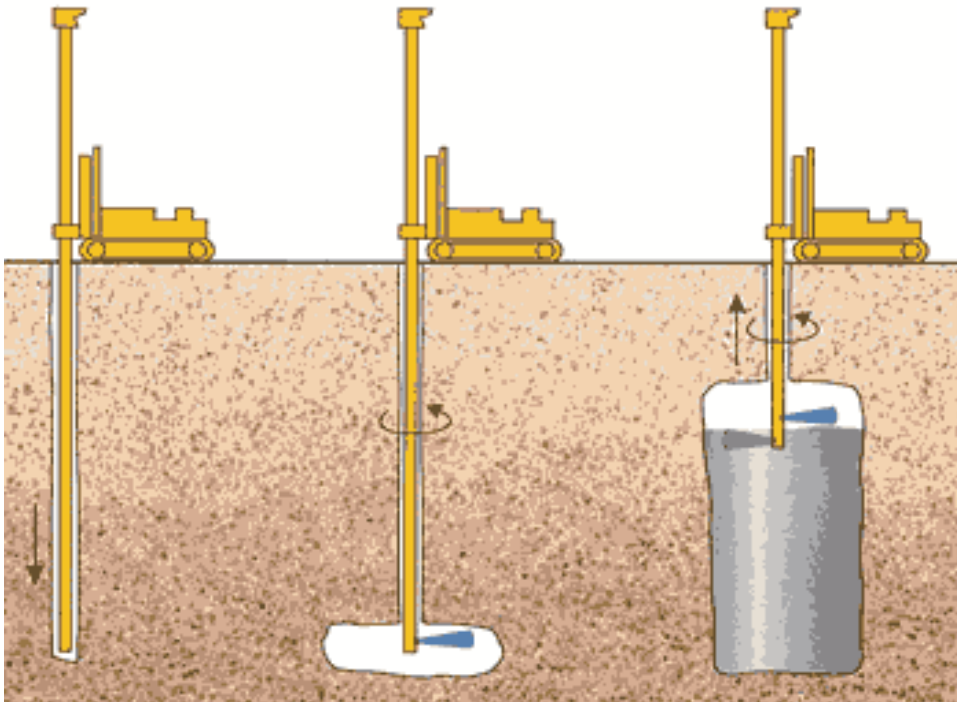
Haastatteluja tehtiin vain Lemminkäinen Infra Oy:n niille toimihenkilöille ja työntekijöille, jotka ovat työskennelleet suihkuinjektoinnin parissa. Haastattelua pyydettiin yhteensä kolmeltatoista henkilöltä, ja haastatteluihin osallistui kuusi henkilöä. Keskimääräinen puhelinhaastattelun pituus oli noin 45 minuuttia.

2 SUIHKUINJEKTOINTI YLEISESTI

2.1 Tausta

Japanilaiset kehittivät 1970-luvun alussa ensimmäisinä menetelmän, joka yhdisti paalutuksen ja maaperän vahvistamisen injektoimalla. Menetelmä tuli tunnetuksi nimellä Jet Grouting, ja Suomessa sitä kutsutaan suihkuinjektoinniksi. (Finnsementti.fi 2010)

Suihkuinjektointi on menetelmä, jossa korkeapaineisella suihkulla leikataan ja osin syrjäytetään maakerros, johon suihku on suunnattu ja johon sekoitetaan sementtisuspensio. Suihkutus tehdään maahan porattujen tankojen kärkiosassa sijaitsevien suuttimien kautta. Pyörittämällä ja nostamalla suihkua saadaan aikaiseksi maabetonilieriö, jossa maa-aines toimii runkoaineena ja sementtisuspensio sitovana ainesosana. Muodostuvaa kappaletta voidaan pitää raudoittamattomana betonirakenteena, jolla on lujuutta 1...20MPa, maaperäominaisuuksista riippuen. Suihkuinjektoidun pilarin läpimitta on tyypillisesti 600...2000 mm ja vedenläpäisevyys luokkaa 10^{-8} ... 10^{-9} m/s. Kuvassa (1) on esitetty suihkuinjektoidun pilarin työvaiheet yksinkertaisimmillaan. (Finnsementti.fi 2010)



Kuva 1. Suihkuinjektointin työvaiheet.

Suihkuinjektointi sopii kaikentyyppisten maakerrosten vahvistamiseen, mutta tehokkuus vaihtelee maakerroksen mukaan. Maa-aineen rakeisuuden kasvaessa myös työn teho kasvaa, kun se taas koheesiomaalajeilla on pienimmillään. (Warner 2004, 33)

2.2 Menetelmät

Suihkuinjektointia tehdään kolmella eri menetelmällä, jotka ovat yksittäisjärjestelmä, kaksoisjärjestelmä ja kolmoisjärjestelmä. Suomessa käytetään yleisimmin yksittäisjärjestelmää,

jossa maa-aineksen hajottaminen ja sementointi tehdään yhdestä nesteestä koostuvalla korkeapainesuihkulla. Käytetty neste on yleensä vesi-sementtiseos eli sementtisuspensio.

Kaksoisjärjestelmässä autetaan sementtisuspension maan syrjäyttämistä paineilmalla tai vedellä. Vettä käyttäessä se suihkutetaan erillisestä suuttimesta. Kolmoisjärjestelmässä puolestaan maamassat syrjäytetään sekä korkeapaineisella vesisuihkulla, että paineilmasuihkulla, kun samanaikaisesti suihkutetaan injektointiainetta omasta suuttimestaan.

Kaksois- ja kolmoisjärjestelmillä saavutetaan yleensä suuremmat pilarikoot, mutta ne vaativat myös monimutkaisemman ja kalliimman laitteiston. (SFS-EN 12716 2007, 5)(Warner 2004, 34) (Liikanen 2008, 4)

2.3 Käyttökohteet

Suihkuinjektointia voidaan soveltaa moneen eri tarkoitukseen pysyvissä tai väliaikaisissa rakenteissa. Suomessa yleisimpiä suihkuinjektointikohteita ovat vanhojen rakennusten perustusten vahvistukset. Muita mahdollisia sovelluksia suihkuinjektointille ovat esimerkiksi heikosti vettä läpäisevät sulkumuurit, pohjan tiivistys, pystykuilut, suihkulamelli-tiivistysseinät, patojen korjaaminen, pilaantuneen maan eristäminen, maan stabiloiminen (esim. louhepenger), maatunnelit ja tunnelitilojen vahvistaminen maan pinnalta, sekä pora- ja kaivinpaalujen levennysjalkojen tekeminen. (SFS-EN 12716 2007, 13)(Liikanen 2008, 6) (Finnsementti.fi 2010)

Kuvassa (2) on käynnissä suihkuinjektointi Tampereen Pakkahuoneen perustusten vahvistamiseksi.



Kuva 2. Tampereen Pakkahuoneen perustusten suihkuinjektointia.

3 SUIHKUINJEKTOINTIPROSESSI

3.1 Lähtötiedot

3.1.1 Tutkimukset

Suihkuinjektointi on maaperän vahvistusmenetelmä. Maaperän ominaisuudet määräävät paljon lopullisen tuotteen laadusta, joten tarkka pohjatutkimus kohteella on tärkeää. Pohjaolosuhteiden lisäksi tulee tietää kohteen muut erityisvaatimukset suihkuinjektointia ajatellen. Erityistä huomiota tulee kiinnittää seuraaviin seikkoihin: (SFS-EN 12716 2007, 11-12)(Liikanen 2008, 8-10)

- Maaperän vesipitoisuus ja pohjavesiolosuhteet
- Työtä rajoittavat rakenteet maan pinnalla (läheiset rakennukset, ilmajohdot)
- Työtä rajoittavat rakenteet maan alla (perustukset, putkistot)
- Niiden rakenteiden sallitut siirtymät, joiden alle suihkuinjektointi suoritetaan
- Ympäristövaatimukset (eritoten paluulietteen käsittely)

3.1.2 Suunnittelu

Pohjatutkimustulosten ja kohteen muiden vaatimusten perusteella riittävän pätevyyden omaava suunnittelija mitoittaa suihkuinjektoitavan rakenteen. Valmis rakenne koostuu yksi kerrallaan suihkutettavista elementeistä. Kun rakenteen (esim. suihkuinjektoidun seinämän) dimensiot ovat selvillä, suunnitellaan injektointikappaleiden (yleensä pilarien) paikat ja mitat. Varsinaisen työn suorittamisen kannalta on edullista, että suunnittelija on koko ajan yhteistyössä suihkuinjektoinnin suorittavan urakoitsijan kanssa, jotta suunnitelmasta tulee toteutuskelpoinen ja taloudellinen. (Liikanen 2008, 10-13)

Suunnittelija laatii kohteen työselityksen. Työselityksestä selviää työjärjestys, injektointikappaleiden mitat, lujuusvaatimukset sekä laaduntarkkailutoimenpiteet (Ratu F1-0223, 2000, 5). Riskikartoituksen laatii urakoitsija tai suunnittelija. Riskikartoituksessa käydään läpi menetelmän riskit kohde huomioiden, ja sen pohjalta suunnitellaan keinot niiden hallitsemiseksi.

3.2 Valmistelevat työt

3.2.1 Aloitusedellytysten varmistaminen

Valmistelevassa vaiheessa joko tilaaja tai urakoitsija hankkii toteutusta varten tarvittavat luvat. Suihkubetoniasemalle varataan riittävästi tilaa työmaalta, ja tilantarpeen mukaan tilaaja tai urakoitsija vuokraa katualuetta. Kohteesta laaditaan tarvittaessa liikennejärjestelysuunnitelma.

Tilaaja tai urakoitsija informoi lähialuetta suoritettavasta työstä ja työn kestosta, sekä tiedottaa työvaiheiden edistymisestä ja alkamisista työmaan vaikutusalueella.

Suihkuinjektoitavan alueen rakennuksille tehdään painuma- ja halkeamamittaukset ja katselmoinnit sovitun mukaisesti. Rakennuksiin asennetaan mittapisteitä painumien seuraamiseksi. (Ratu F1-0223, 2000, 2) (Liikanen 2008, 18)

Ennen töiden aloitusta suunnitelmien pitää olla sellaisessa vaiheessa, että niistä selviää työjärjestys, suihkuinjektoitavien kappaleiden mitat, sijainnit ja kaltevuudet, poraussyvytydet kantavaan pohjaan, parametrit, lujuusvaatimukset ja painumien seuranta. (Ratu F1-0223, 2000, 5) (Liikanen 2008, 16)

3.2.2 Kaluston sijoitus

Aseman sijoittamisessa tulee erityisesti huomioida kantavuusvaatimukset, siilon korkeus, korkeapainepumpun sijoitus siirron kannalta helppoon paikkaan sekä letkujen pituuksien minimointi ja sijainnit siten, etteivät ne haittaa alueella liikkumista. Optimaalisella kaluston sijoittelulla voidaan vähentää vuokrattavan katualueen tarvetta ja helpottaa työskentelyä asemalla. (Liikanen 2008, 16)

Kuvassa (3) näkyy suspensioaseman siilo, mikseri, välihämmennin ja korkeapainepumppu Tampereen Aleksanterinkadulla. Kuvan asema on sijoitettu kadun reunaan siten, että aseman osat ovat perätysten, eivätkä siten vie ylimääräistä tilaa katualueelta.



Kuva 3. Suspensioasema Tampereen keskusta-alueella.

3.2.3 Paluulietteen käsittely

Suihkuinjektointia tehdessä syntyy aina paluulietettä. Tällä tarkoitetaan porareiästä nousevaa ylimääräisen suspension paluuvirtaamaa, jonka mukana nousee myös maa-ainesta. (Warner 2004, 291)

Paluulietettä nousee runsaasti varsinkin suihkuttaessa, ja lisäksi myös poratessa, mikäli porauksessa käytetään huuhteluun sementtisuspensiota. Paluulietteen keräämiseen ja käsittelyyn pitää olla valmiudet ennen suihkuinjektoinnin aloitusta. Lietteen käsittelyä suunniteltaessa huomioitavia seikkoja ovat lietteenkeruualtaat, lietteen poisvientitapa sekä lietteen jatkokäsittelypaikka.

Useimmiten liete joko imetään tuoreeltaan imuauton kyytiin, joka vie sen jatkokäsittelyyn, tai lietteen annetaan kovettua altaaseen ja kaivetaan kaivinkoneella kuorma-auton kyytiin. (Liikanen 2008, 18)

3.2.4 Kunnallistekniikan suojaus

Rakennetussa ympäristössä on usein kunnallistekniikkaa suihkuinjektoinnin kannalta hankalissa paikoissa. Erityishuomiota kiinnitetään viemäri- ja salaojaputkiin. Suihkutuksessa käytettävä korkea paine voi helposti rikkoa putket ja täyttää ne sementtisuspensiolla. Mikäli näin käy, on vaarana, että suspensio kulkeutuu putkia myöten kaivoihin, koko rakennuksen viemärijärjestelmään ja yleiseen kunnalliseen viemäriverkkoon. Korkean paineen takia suspensio etenee putkistossa hyvin nopeasti.



Kuva 4. Polyuretaanimassalla tukittuja salaojaputkia tarkastuskaivossa.

Viemäri- ja salaojaputkien sekä muun kunnallistekniikan sijainnit selvitetään tarkkaan, eli tehdään johtoselvitys. Kun johtotiedot on hankittu, voidaan putket ja johdot tarvittaessa suojata. Suspension leviäminen viemäriin voidaan estää tukkimalla viemäri huolellisesti esimerkiksi polyuretaanimassalla, kuten kuvan (4) tapauksessa on menetelty.

3.2.5 Tuotannon seuranta ja toteutussuunnitelma

Työvaiheesta laaditaan toteutussuunnitelmat huolellisesti ja suunnittelijan ohjeet huomioiden. Hyvin tehty toteutussuunnitelma helpottaa työnjohdon ja työntekijöiden tehtäviä.

Työn toteutukseen osallistuvien työntekijöiden tulee ymmärtää suunnitelmat ja sitoutua niiden noudattamiseen. Siksi toteutusta ja tuotannon seurantaan koskevat suunnitelmat käydään läpi yhteisesti sisäisissä kokouksissa ennen töiden aloitusta. (Liikanen 2008, 18)

Tuotannon seurannan tuloksista laaditaan tilaajalle vaaditut dokumentit. Yleensä näihin kuuluu ainakin suihkuinjektointipöytäkirja, lujuuskokeiden tulokset, painumamittausten tulokset ja sementtimassan laadunvarmistuspöytäkirjat.

3.2.6 Injektointiparametrien valinta

Injektointiparametreilla tarkoitetaan sementtisuspension vahvuutta, suihkutuksessa käytettävää painetta, suuttimien kokoa ja määrää sekä suuttimien nosto- ja pyöritysnopeutta. Parametrit vaikuttavat suihkuinjektointien kappaleiden halkaisijaan ja lujuuteen. Parametrit määrittää riittävän asiantuntemuksen omaava henkilö, huomioiden sekä kohteen, että laitteiston rajoitukset. Parametrien optimoimiseksi tehdään tarvittaessa koepaalu.

Parametrien oikeellisuuden varmistamiseksi tarvitaan tarkat tiedot kohteen pohjaolosuhteista. Suihkuinjektointitavan rakenteen laatuun vaikuttavia tärkeitä muuttujia ovat muun muassa maatyypin, maan koostumus, maan ominaispaino, raekoko ja jakauma sekä vesipitoisuus.

Parametreja seuraamalla voidaan arvioida veden ja sementin menekkiä sekä varmistua, että suihkutus toteutuu suunnitellusti. (SFS-EN 12716, 12)(Warner 2004, 166)

3.3 Resurssit ja materiaalit

3.3.1 Kalusto

Suspensioaseman peruskokoonpanoon kuuluu korkeapainepumppu, sekoitin, välihämmennin ja siilo. Työmaalle tuotava sementti säilötään siilossa, josta se annostellaan sekoittimelle ruuvikuljettimella. Sekoitin valmistaa vedestä ja sementistä heterogeenistä suspensiota noudattaen määrättyä sekoitussuhdetta. Sekoittimelta suspensio johdetaan välihämmentimeen, jossa suspensio pysyy jatkuvassa liikkeessä saostumisen estämiseksi. Välihämmentimeltä suspensio johdetaan korkeapainepumpulle, jolla pumpataan suspensio poravaunulle ja saadaan tuotettua suihkuinjektointiin vaatima korkea paine. (Liikanen 2008, 22)

Työn suorittamiseen käytettävän poravaunun valintaan vaikuttaa työkohteen tilat ja koneelta vaadittava teho. Sisätiloissa suihkuinjektointi tehdään yleensä sähkökäyttöisillä poravaunuilla

pakokaasujen ja paloturvallisuusriskien välttämiseksi (Liikanen 2008, 22). Kuvassa (5) näkyy pienehkö, sähkökäyttöinen poravaunu kellaritöissä.

Imupumpua (tai letkupumppua) käytetään paluulietteen käsittelyyn. Pumpusta lähtee kaksi letkua, joista toinen poistaa lietettä työpisteeltä ja toinen siirtää sitä määrättyyn paikkaan, yleensä lietealtaisiin.



Kuva 5. Suihkuinjektoitavan kuilun porapaalutusta sähkökäyttöisellä Hütte 202 -poravaunulla.

3.3.2 Materiaalit

Suihkuinjektoinnissa käytetään tavallisesti vedestä ja sementistä koostuvia seoksia. Vesi-sementtisuspension veden ja sementin määrä mitataan punnitsemalla. Vesi-sementtisuhteen tulee olla välillä 0,5...1,5.

Sementtinä käytetään tavallisesti peruslaatuista Portland-sementtiä, joka on yleinen Suomessa käytetty rakennussementti. Sementin täytyy olla standardin SFS-EN 197-1 mukaista, CE-merkittyä ja suomalaisten viranomais määräysten mukaista. Vesitiiviyyden lisäämiseksi voidaan sementin lisäaineena joskus käyttää bentoniittia. (Liikanen 2008, 23)

Juomakelpoinen vesijohtovesi kelpaa yleensä sellaisenaan suihkuinjektioinnissa käytettäväksi. (SFS-EN 12716 2007, 12). Tarvittava vesi otetaan paikallisesta vesijohtoverkosta. Veden käytöstä sovitaan paikallisen vesilaitoksen kanssa, ja vesilinjaan asennetaan vesimittari kulutuksen mittaamiseksi.

Vettä kuluu pääasiassa suspension valmistuksessa ja koneiden pesemiseen. Karkeasti arvioiden vettä tarvitaan noin 20...50 m³ päivässä, riippuen työn laajuudesta. Mikäli lähitöllä ei ole riittävää syöttöä omaavaa vedenjakelupistettä, voidaan käyttää vesisäiliöitä tasaamaan piikkejä kulutuksessa. (Liikanen 2008, 17)

3.3.3 Työryhmä

Työryhmän koko määritetään kohteen ja kaluston tarpeiden mukaan. Yleensä tarvitaan ainakin porari käyttämään poravaunua ja mylläri operoimaan suspensioasemaa. Monesti tarpeellinen lisä työryhmään on apumies, joka avustaa poraria ja mylläriä tekemällä suihkuinjektointia edesauttavia töitä.

3.4 Toteutus

3.4.1 Paikalleen mittaus

Pilarien paikat tulee mitata ja merkata etukäteen. Standardissa SFS-EN 12716 mainitaan porauksen aloituskohdan sallituksi poikkeamaksi 50 mm teoreettisesta, ellei suunnitelma-asiakirjoissa toisin määrätä (SFS-EN 12716 2007, 18). Suoralla linjalla sijaitsevat pilarit voidaan merkitä linjan päistä kiinteästi esimerkiksi nauloilla, jolloin pilarien paikat on helppo mitata linjalankaa ja rullamittaa käyttäen. Kuvassa (6) näkyy leikattuun betonilattiaan merkintämaalilla merkatut paalunpaikat. Merkintä on riittävän kestävä eikä huuhtoudu paluulietteen takia.



Kuva 6. Mittamiehen merkkäamat paalunpaikat.

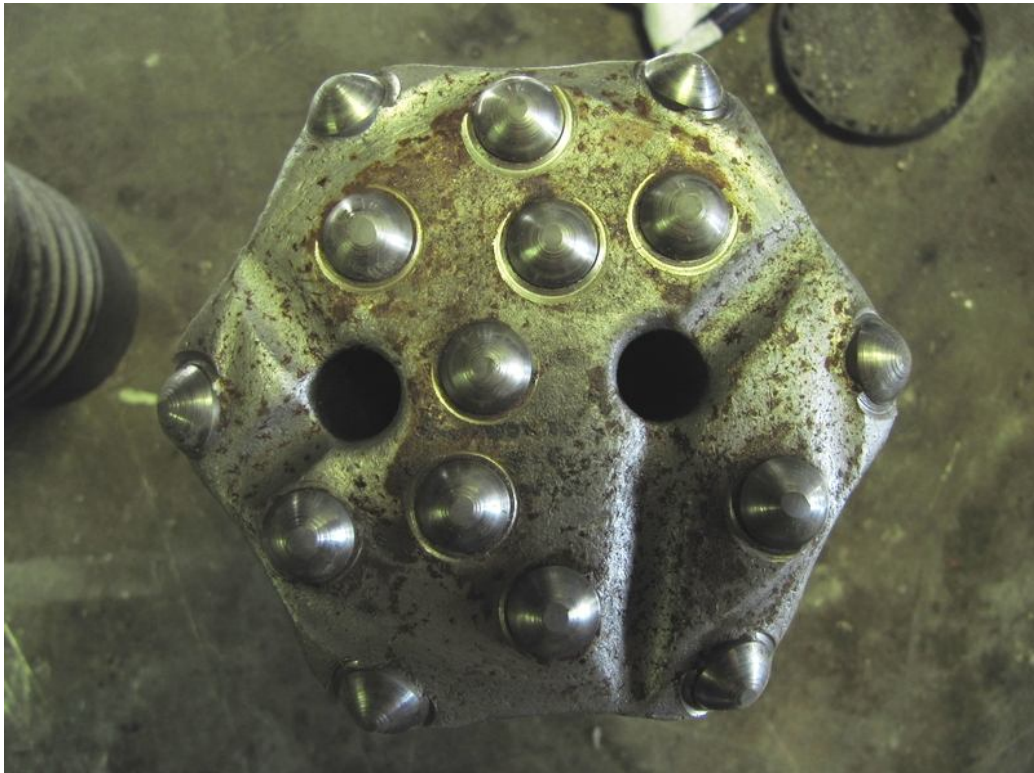
Mikäli pilaria ei tehdä pystysuorana, tulee pilarin astekulma tarkistaa takymetrillä tai muulla luotettavalla keinolla. Standardin SFS-EN 12716 mukaisesti porauksen akselin poikkeama tulee olla alle 2% teoreettisesta aina 20 m syvyyteen asti. Suurempiin syvyyksiin sekä vaakasuuntaiseen injektointiin tulee käyttää eri toleransseja. (SFS-EN 12716 2007, 19)

3.4.2 Poraus

Etukäteen suunnitellussa porausjärjestyksessä määritetään, tehdäänkö suihkuinjektoitavat elementit välittömästi perätysten vai yksittäisinä suihkutuksina erillään toisistaan. Ensin mainitussa menetelmässä elementit tehdään vierä viereseen ennen edellisen elementin sitoutumista, ja jälkimmäisessä jätetään riittävästi tilaa elementtien väliin, jotta ne ehtivät saavuttaa riittävän lujuuden (SFS-EN 12716 2007, 6). Riittävä lujuus viereisen elementin suihkuttamista varten saavutetaan noin vuorokaudessa.

Porausjärjestyksen valintaan vaikuttaa kohde ja käytettävä kalusto. Mikäli kohteessa ei ole erityistä rakenteiden painumien riskiä ja kalusto sallii sementtisuspension käytön porauksen huuhteluaineena, voidaan elementit tehdä tuoreina vierekkäin. Mikäli kohteessa täytyy varoa rakenteiden painumista, jätetään elementtien väliin riittävästi tilaa. Näin vältetään liian suuren maa-alueen saattaminen juoksettuneeseen tilaan. Vettä käytettäessä varmistetaan, ettei vesi kulkeudu sitoutumattomiin paaluihin, sillä se laimentaisi paalujen sementtipitoisuutta ja heikentäisi siten niiden laatua.

Poraus ulotetaan määräsivyyteen käyttäen joko vasaraa tai maaperän salliessa huuhtelua. Huuhtelussa johdetaan joko vettä tai sementtisuspensiota poran kärkeen, jolloin maa poran kärjen alla juoksetuu ja kruunu läpäisee maaperän hiertämällä, ilman vasaran iskuja. Määräsivyyys on suunnitelmissa määrätty, ja yleensä kantavan maakerroksen tai kallion pinnasta noin puoli metriä syvemmälle. Kuvassa (7) näkyy kallioporaukseen tarkoitetun, 100mm halkaisijaltaan olevan porakruunun kärjessä sijaitsevat huuhtelusuuttimet. (SFS-EN 12716 2007, 18)(Liikanen 2008, 25-26)



Kuva 7. Porakruunun huuhtelusuuttimet.

3.4.3 Suihkutus

Kun porakruunu on ulotettu määräsivyyteen, aloitetaan sementtisuspension suihkuttaminen porakruunun yläpuolella olevan suihkumonitorin suuttimista, käyttäen ennalta suunniteltuja parametreja. Parametrien toteutumista tarkkaillaan mittalaitteiden avulla koko suihkutusajan.

Paluuvirtaaman katkeamattomuutta seurataan jatkuvasti. Mikäli korkealla paineella suihkuttaessa paluuvirtaama katkeaa, siihen todennäköisimmät syyt ovat porareian tukkeutuminen, tai suspension leviäminen hallitsemattomasti maaperässä oleviin tyhjätiloihin. Paluuvirtaaman kadotessa paine otetaan välittömästi pois.

Suihkuinjektointi lopetetaan määräsivyyteen tai viimeistään kun suuttimen ja maanpinnan välissä on minimietäisyys paikallisen hydraulisen murtumisen eli maan pettämissen ehkäisemiseksi. Turvallinen etäisyys voi vaihdella pystysuorien reikien 0,5 metristä

vaakatasossa suihkutettavien reikien 2,0 metriin. Suojarakenteet, kuten lattia tai seinä, voivat sallia etäisyyden pienentämisen. (SFS-EN 12716 2007, 19)

3.4.4 Työturvallisuus

Rakennusalan yleisten työsuojeluvaatimusten ohella suihkuinjektioinnissa noudatetaan laitetoimittajien käyttö- ja turvallisuusohjeita. Lemminkäisellä on lisäksi käytössä oma yleisohje työturvallisuudesta suihkuinjektointitöissä, jossa huomioidaan työn erityispiirteet ja käytössä oleva kalusto.

3.5 Laadun varmistus

3.5.1 Kaluston mittalaitteet

Paineita, virtaamia ja muita parametreja seuraavat anturit ja mittarit ovat tärkeitä työkaluja suihkuinjektointitöissä, sillä niiden kertoman tiedon avulla ohjataan muuta kalustoa. Mittalaitteiden tulee toimia riittävän tarkasti ja olla helposti luettavissa. Vaurioitumisen välttämiseksi mittalaitteet suojataan lietteeltä. (Warner 2004, 663)

Poraus- ja suihkutusparametreja osoittavat mittarit ovat jatkuvassa seurannassa työn aikana, jolloin poikkeamiin voidaan reagoida nopeasti. Mikäli jokin parametreista käyttäytyy poikkeavasti, selvitetään syy ja korjataan asia.

Sopiva toleranssi paineanturien tarkkuudelle on noin viisi prosenttia, sillä vakiopaineen seurannan tarkkuutta tärkeämpää on havaita poikkeamat työssä käytettävässä paineessa. Viiden prosentin toleranssi riittää tähän tarkoitukseen, joten tarkempien anturien käyttäminen ei tuo suurta etua eikä ole taloudellisesti järkevää. (Warner 2004, 664)

3.5.2 Pilarin koko ja lujuus

Urakoitsijan tulee osoittaa suihkuinjektoidun rakenteen läpimitta ja lujuus jokaisen työkokonaisuuden osalta (Ratu F1-0223 2000, 3). Suihkuinjektoidun pilarin koko ja muoto voidaan tarvittaessa todeta kaivamalla pilari esiin. Silmämääräinen tarkistus ja rakenteen suora mittaus ovat tehokkaimmat tavat arvioida mittoja. Mikäli pilarien esiin kaivaminen ei ole kohteessa mahdollista, tietoja rakenteen mitoista voidaan hankkia porausnäytteillä. Porausnäytteitä ei tule ottaa ennen riittävän kovettumisajan kulumista. (SFS-EN 12716 2007, 21-22)

Rakenteen lujuuden määrittämiseksi voidaan tarvittaessa tehdä porausnäytteille puristuslujuuskokeet. Puristettavien näytepalojen korkeuden suhde leveyteen on 2,0. Näytteitä koestetaan rakenteesta neljä kappaletta jokaista 1000m³:iä kohden, ellei suunnitelmassa ole toisin määrätty. (SFS-EN 12716 2007, 22)

3.5.3 Massan laatu

Sementtisuspension laatua tarkkaillaan vähintään standardin SFS-EN 12716 määräämällä laajuudella sekä suunnittelijan ohjeiden mukaisesti. Standardi määrää, että työn aikana

suspensiolle tehdään kahdesti työvuorossa ominaispainomittaus sekä päivittäin viskositeetti- ja tihkumiskokeet. Lisäksi pitää varmistua, ettei massan seassa ole suuria rakeita, jotka tukkisivat suihkumonitorin suuttimen. (Liikanen 2008, 29) (SFS-EN 12716 2007, 21)

3.5.4 Suihkutuspöytäkirjat

Työn edetessä kunkin pilarin toteutuneet parametrit kirjautuvat mittalaitteiston muistiin, josta ne luetaan päivittäin ja kirjataan suihkutuspöytäkirjaan. Pöytäkirjasta ilmenee myös kunkin pilarin suihkutuspäivämäärä ja -kellonaika, poraushavainnot, odottamattomat piirteet toteutuksessa ja ylijäämälietettä koskevat mahdolliset huomautukset. (SFS-EN 12716 2007, 23)

4 SUIHKUINJEKTOINTIPROSESSIN ONGELMAKOHTIA

4.1 Tulosten synty

Ongelmien kartoitus tehtiin haastattelemalla Lemminkäinen Infra Oy:llä suihkuinjektioinnin parissa työskenteleviä toimihenkilöitä ja työntekijöitä. Haastatteluja tehtiin kahdessa kierroksessa.

Ensimmäistä haastattelukierrosta varten laadittiin kysymykset, joissa kysyttiin yleisesti ongelmallisiksi koettuja työvaiheita ja mahdollisia ideoita näiden ongelmien välttämiseksi. Nämä kysymykset lähetettiin sähköpostilla henkilöille, jotka olivat suostuneet haastateltaviksi.

Toisen haastattelukierroksen kysymykset olivat laajempia ja perustuivat osittain ensimmäisellä kierroksella saatuihin vastauksiin. Kysymykset kirjoitettiin haastattelurungon muotoon, joka lähetettiin etukäteen sähköpostilla toiselle haastattelukierrokselle suostuneille henkilöille. Toisen kierroksen haastattelut toteutettiin puhelinhaastatteluina, ja niiden keskimääräinen kesto oli 45 minuuttia. Puhelinhaastatteluissa noudatettiin laadittua haastattelurunkoa, ja ne olivat sävyllään keskustelunomaisia. Toisella haastattelukierroksella käytetty haastattelurunko on työn liitteenä.

Sähköposti- ja puhelinhaastatteluiden lisäksi tietoa kerättiin haastattelemalla toimihenkilöitä ja varsinkin työmiehiä työn lomassa, kysymällä tarkennuksia työtapoihin ja kuuntelemalla näkemyksiä toiminnan parantamisesta. Tämä katsottiin sopivaksi tavaksi tiedonkeruuseen tähän työhön, kun tarkoitus oli kerätä kokemusperäistä tietoa suihkuinjektioinnin ammattilaisilta.

4.2 Tiedon välitys ja kommunikointi

Tiedon välitys ja kommunikointi ovat tärkeä osa jokapäiväistä työskentelyä. Keskustelua käydään päivittäin työtovereiden, organisaation eri portaiden, tavarantoimittajien ja aliurakoitsijoiden kanssa.

Haastatteluissa ja keskusteluissa ilmeni, että monet työntekijät ja toimihenkilöt kokevat tiedonvälityksen ja kommunikoinnin ajoittain hankalaksi. Tämän vuoksi kommunikointi muodostuu usein huomaamatta pullonkaulaksi töiden sujuvuudessa. Tiedon haltijalle voi joskus olla vaikeaa arvioida, kenelle mikäkin tieto on oleellista.

Tiedon jakaminen tässä yhteydessä käsittää suunnitelmien ja työohjeiden lisäksi kaikki muut mahdolliset työtä koskevat vinkit, ideat, huolenaiheet ja epäselvyydet.

Normaali kommunikointi tuntuu itsestään selvältä, mutta toisinaan tiedon kulussa on hidasteita. Kun kalustoa tai työtapoja määrätään, voivat syyt määräysten takana toisinaan jäädä epäselviksi työn suorittajille. Tällainen epätietoisuus voi johtaa yllättäviin ongelmiin, kun kokonaisuuden merkitystä ei ymmärretä. Toteutuksesta huolehtivan henkilöstön täytyy tietää, missä mennään nyt ja huomenna, ja heille tarvitsee antaa siihen myös edellytykset.

Epätietoisuus voi johtua esimerkiksi siitä, ettei työnjohto ole käynyt suunnitelmia läpi riittävän yksiselitteisesti toteuttavan henkilöstön kesken, tai ettei työjärjestystä ole suunniteltu riittävän pitkälle. Jos työmiehiä ei ole riittävästi perehdytetty työ- ja toteutussuunnitelmaan, he eivät voi

ottaa niihin kantaa. Tällöin saatetaan törmätä ongelmiin, joita työtä suunnitellessa ei ole osattu huomioida.

Epävarmuus vastuualueista ja valtuuksista sekä asenteet tiettyjä tehtäviä kohtaan voivat johtaa kyseisten tehtävien viivästymiseen. Aina ei tiedetä, kenen tehtävä on soittaa mikäkin puhelu, miten saa toimia, tai miten pitää toimia. Silloin tulee varmistaa oma vastuunsa sen sijaan, että jättäisi tehtävän huomiotta, jottei työ jää tekemättä.

4.3 Työmaan valmistautuminen ja työn suunnittelu

Hankkeen aloituksessa tulee tietää, minne ollaan menossa, millainen työmaa on ja mitä ollaan tekemässä. Nämä tiedot ovat oleellisia kaikille toteutukseen osallistuville, työntekijöistä työnjohtoon ja suunnittelijoihin, jotta kaikki puhuisivat samasta asiasta.

Työmaan valmistelussa suihkuinjektointia varten on paljon muistettavaa ja huomioitavaa. Normaalien tarpeiden kuten veden ja sähkön järjestämisen lisäksi pitää varmistaa, että suihkutettava kohde on mahdollinen tehdä hankitulla kalustolla. Aliurakoitsijoilta tilattavat työt pitää selvittää ja tilata ajoissa.

Varsinkin kaupungin kanssa sovittavat sopimukset, kuten vesi- ja sähkösopimukset sekä katuluvat, tulee hoitaa hyvissä ajoin. Suurissa kunnallisissa organisaatioissa tällaisten asioiden eteneminen saattaa olla hidasta. Voi kestää kuukaudenkin asian alullepanemisesta siihen, kun sopimukset, luvat, asennukset ja kaikki muu kunnallisesta toimijasta riippuva on järjestyksessä. Jos näitä asioita alkaa hoitamaan viikkoa ennen suihkuinjektointin aloitusta, saattaa joutua odottamaan turhaan.

Kaluston ja työmaan valmius eivät aina kohtaa. Työmaan valmistelevat työt (esim. timanttityöt, kaivut) saattavat olla kesken vielä, kun suihkuinjektointi olisi jo määrä aloittaa. Suihkuinjektointikalusto saattaa olla varustelematta tai epäkunnossa.

4.4 Kaluston valmistelu ja ylläpito

Hankittu kalusto voi olla vääränlainen työmaan olosuhteisiin, jos työmaan tarpeet on huolimattomasti kartoitettu. Uudenlainen kalusto tai tutun kaluston uudenlainen varustelu voi aiheuttaa ongelmia kaluston operoinnissa. Varsinkin uudet poravaunut aiheuttavat porareille joskus vaikeuksia.



Kuva 8. Kalustohuoltoa työmaalla.

Suihkuinjektoinnissa työskennellään jatkuvasti sementin parissa, ja sementtiroiskeet voivat sotkea kaluston. Järjestelyt, perushuollot ja kaluston puhdistaminen pääsevät helposti unohtumaan ”tärkeämpien” töiden lomassa.

Suihkubetoniaseman kaluston osien puhdistaminen sementtiroiskeista on merkittävä osa työtä. Tehoton puhdistaminen johtaa ylimääräisiin huoltokatkoihin, kun esimerkiksi suuttimet tukkeutuvat.

Siilon vaa’an toimivuuden kanssa on ajoittaisia hankaluuksia, mikä vaikeuttaa sementtimenekin arvioimista. Sementin syöttö ruuville tukkeutuu toisinaan, todennäköisesti ilman kosteuden vaikutuksesta. Tukkeutuneen syötön avaaminen vaatii piikkaustyötä, ja aiheuttaa väkisininkin katkon suihkuinjektointiin. Siiloon kovettuva sementti on ongelmallista myös kuljetusten kannalta, sillä se lisää siilon painoa huomattavasti.

4.5 Varaosien saatavuus

Joskus varaosat pääsevät loppumaan kesken, ja toimitusajat voivat olla pitkiä. Varaosia odotellessa menetetään arvokasta työaika. Jonkin harvemmin hajoavan osan tapauksessa voi olla, ettei osaa löydy Lemminkäisen omalta keskusvarikolta tai edes koko maasta. Osia voidaan siis joutua tilaamaan ulkomailta, jolloin työt viivästyvät osia odottaessa.

4.6 Työmaan siisteys ja järjestys

Työmaalla letkujen ja johtojen pitäisi olla hyvässä järjestyksessä turvallisen liikkumisen kannalta. Etenkin koneen mukaan liikkuvat johdot, kuten painelinjat, sähköjohdot ja

hydrauliikkaletkut, ovat usein työmaan kulkureiteillä. Tämä vaikeuttaa työmaalla turvallisesti liikkumista, ja lisää riskiä että kyseiset johdat tai letkut tulevat yliajetuiksi ja hajoavat. Johdot pitäisi aina siirtää pois koneen ja työntekijöiden tieltä, kun kone vaihtaa paikkaa. Koneella liikutaan paikasta toiseen jatkuvasti ja letkut liikkuvat sen mukana, joten letkujen pysyvä suojaaminen on hankalaa.

Suihkubetoniaseman sijoituksessa täytyy huolehtia sen kohtuullisen suuresta tilantarpeesta. Asemalla käytettävä raskas laitteisto tarvitsee myös kantavan pohjan, esimerkiksi louhepatjan. Kantavan pohjan lisäksi etenkin sementtisiilon pohjan suoruus tulee varmistaa sen kaatumisen välttämiseksi. Asema sijoitetaan työmaa-alueelle mahdollisimman tiiviisti ja siten, etteivät letkut ja muut johdot häiritse läheistä katualuetta tai työmaaliikennettä.

4.7 Työmaan sähköt

Työmaan sähköistyksen ja muiden perustarpeiden huomiointi on rutiininomainen ja tärkeä osa työmaan valmisteluja. Huolimattomasti valmistautuessa voi silti näidenkin kanssa tulla ongelmia. Sähköjen riittämättömyys työmaalla on turhauttavaa.

Eräiden haastateltujen henkilöiden kokemuksen mukaan verkosta otettu sähkö on luotettavampaa kuin aggregaatin käyttö, ja aggregaattiin pitäisi turvautua vain pakon edessä. Kiinteästä verkosta saadaan virta tasaisemmalla syötöllä, ja aseman laitteisto on melko herkkä häiriöille sähkönsyötössä. Kuvassa (9) on meneillään aseman sähkökaapin vianmääritys Tampereella P-Hämpin työmaalla.

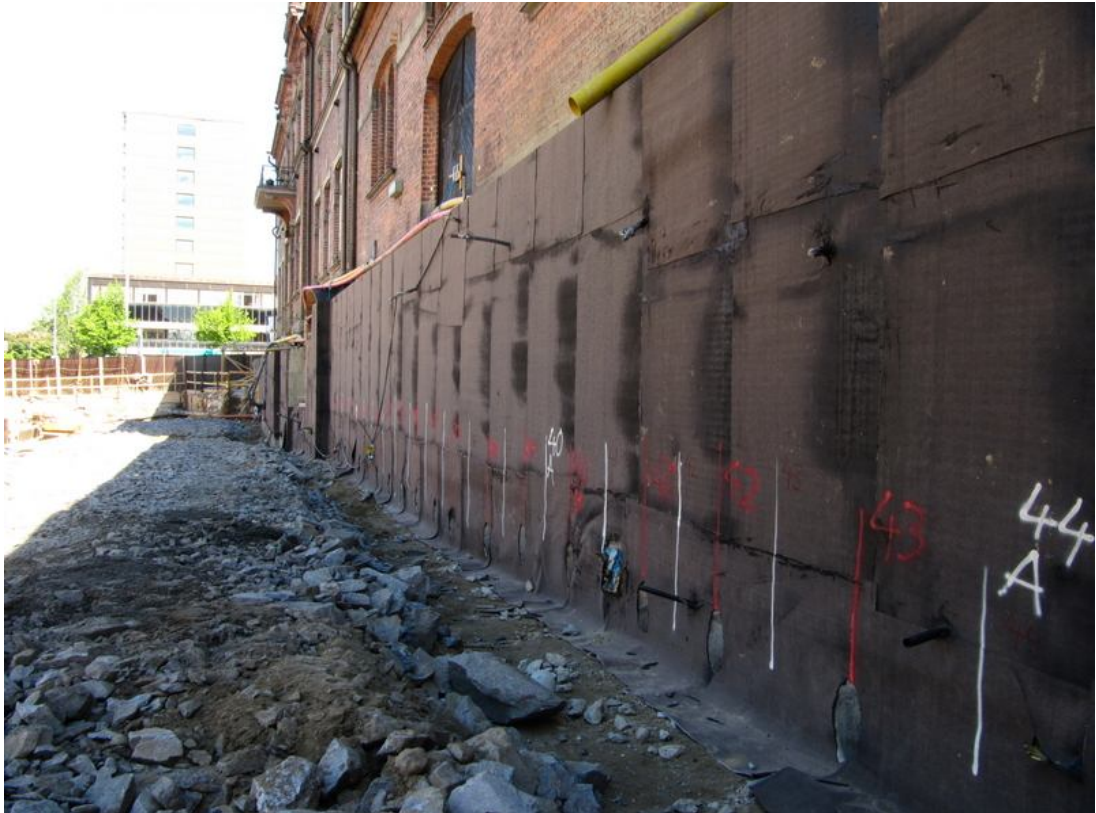


Kuva 9. Sekoitusaseman sähkökaapin tutkintaa.

4.8 Pohjatutkimustiedot ja maaperä

Maaperässä olevat suuret kivet haittaavat porausta ja suihkutusta. Kovan kiven läpi poraaminen on hidasta ja kuluttaa kalustoa. Suihkutuksen aikana suuret kivet aiheuttavat katvealueita eli estävät suspension tasaista leviämistä ja tasalaatuisen paalun syntymistä.

Maaperän tyhjätilat aiheuttavat sementin menekin kasvamista ja vaikuttavat paalujen geometriaan, painumiseen ja kantavuuteen. Varsinkin louhikkoisen maaperän alueella työskennellessä on tyypillistä, että porauksessa ja suihkutuksessa tulee paluuvirtaaman katkeamia, jolloin työ keskeytetään ja varmistetaan, ettei porareikä ole tukkiutunut. Paluulietteen jäädessä maaperän tyhjätiloihin, joudutaan maaperää injektoimaan. Tämä tarkoittaa tyhjätilojen täyttämistä sementtisuspensiolla, jotta suihkuinjektoitava elementti saavuttaisi halutut mitat. Tyhjätilojen täyttämiseen kuluu aikaa ja sementtiä.



Kuva 10. Pakkahuoneen seinusta valmiina suihkuinjektointia varten.

4.9 Suihkutus

Paluuvirtaaman katkeaminen porareian tukkeutumisen takia voi pahimmillaan aiheuttaa vahinkoja hyvin lyhyessä ajassa. Haastattelujen perusteella tukkeutumisen ja vahinkojen synnyn välinen aika voi kohteesta riippuen olla vain muutamia sekunteja.

Paalujen painuminen heikentää paalujen yläpäiden lujuutta, ja sitä tapahtuu varsinkin hiekkamaissa noin 0...3 tunnin kulutta paalun valmistumisesta. Mikäli paalun yläpää painuu, eikä ole kontaktissa vahvistettavan perustusrakenteen (anturan) kanssa, ei paalu toimi suunnitellulla tavalla.

4.10 Paluulietteen käsittely työmaalla

Kohteesta riippuen paluulietettä voi syntyä hyvin paljon. Lietteen käsittely on nykyisellään melko vaivalloista, kallista ja sotkevaa. Tuote itsessään on hankala ympäristölupien kannalta. Liette pumpataan työpisteeltä lavalle tai altaaseen ja imetään imuauton kyytiin. Imuauto vie lietteen kaatopaikalle, joka laskuttaa vastaanotosta. Lietteen asianmukainen käsittely on välttämätön osa suihkuinjektointiprosessia. Lietteen käsittelyn helpottamiseen tarvitaan tehokkaampia keinoja.

Sementtilietteen työmaa on epäsiisti ja vaarallinen, ja haastattelujen perusteella huonontaa töissä viihtymistä. Syyt lietteen leviämiseen ovat työmaakohtaisia. Aiheuttaja voi olla hankalissa

olosuhteissa, huonoissa pumpuissa, liettelavoissa tai työntekijöiden asenteissa työmaan siisteyttä kohtaan.

Savisen maaperän kohteissa imupumpun teho korostuu. Haastateltavien mukaan savisesta maaperästä nouseva paluuliete on niin paksua, että muunlaisiin kohteisiin sopivilla pumpuilla voi olla hankaluuksia imeä sitä. Lietettä joudutaan tällöin jatkuvasti ohentamaan vedellä, mikä lisää vedenkulutusta ja lietteen tilavuutta. Jos kyseessä on kellarikohde, joudutaan tilojen ahtauden vuoksi kunkin paalun jälkeen siivoamaan työkohdetta jopa muutamia tunteja, ennen kuin töitä voidaan jatkaa. Letkun imupäässä käytettävät siiviläverkot heikentävät imutehoa, mutta ovat välttämättömiä, koska pumpun imuletkuun ei saa päästää isoja kiviä tai liikaa hiekkaa, sillä nämä voivat tukkia ja rikkoa pumpun.

Lietelaitaiden tilavuuden riittävyys pitää varmistaa. Jos altaat pääsevät täyttymään, tuotanto keskeytyy. Altaat vievät työmaa-alueelta melko paljon tilaa, joten lietteen poisto työmaalta tulee suunnitella tehokkaasti alaiden määrän minimoimiseksi.



Kuva 11. Paluulietteen keräämiseen tarkoitettu lava P-Hämpillä.

4.11 Työturvallisuus

Työmailla on usein liian epäsiistiä. Varaosat ja letkut jäävät herkästi lojumaan satunnaisiin paikkoihin. Monesti työmailla ei ole kunnollista paikkaa kaikkien tavaroiden varastointiin. Sotkuisella työmaalla on ylipäättään ikävämpi työskennellä.

Sementti on emäksisyytensä takia terveystarve joutuessaan iholle. Sementin sotkemassa työympäristössä (asemalla ja poravaunulla) sementtiä voi herkästi joutua iholle, normaaleista

suojavälineistä huolimatta. Paras keino sementin aiheuttamien työturvavariskien ehkäisyyn on pitää työpisteet puhtaana sementistä.

4.12 Parametrien seuranta

Yksi tärkeimmistä seurattavista parametreista on nostonopeus. Paineen, suspension ominaispainon ja suspension menekin seuranta työn aikana on ehdottoman tärkeää, mutta nostonopeus on haastateltavien mukaan herkimmin vähälle huomiolle jäävä tekijä. Se kuitenkin vaikuttaa huomattavasti syntyvien paalujen geometriaan. Liian suuri nostonopeus aiheuttaa maaperään kohdistuvan leikkausvaikutuksen vähenemistä, jolloin pilarien halkaisija voi jäädä liian pieneksi. Toisaalta liian hidas nostonopeus tulee kalliiksi, kun sementtimenekki kasvaa ja aikaa kuluu enemmän.

Nostonopeutta voidaan tarkkailla työn suorituksen aikana mittalaitteen näytöstä ja varmistaa mittalaitteiden tarkkuus manuaalisesti sekuntikellon avulla. Jälkikäteen nostonopeus voidaan todeta mittalaitteiston tallenteista.

4.13 Lämpötilan nousu suihkuinjektoiduissa rakenteissa

Suihkuinjektoinnilla tuotetaan massiivisia betonirakenteita, joissa lämpötilan kohoaminen on voimakasta. Nykyisellään lämpötilaylitysten vaikutusta alennetaan käyttämällä yleissementtiä ja varsinkin SR-sementtiä. Rapid-sementin käyttöä suihkuinjektoinnissa ei suosita voimakkaan lämmöntuottoriskin vuoksi.

5 SUIHKUINJEKTOINTIPROSESSIN KEHITTÄMINEN

5.1 Kehitysehdotukset

Kaikki haastateltavat henkilöt olivat kiinnostuneita kehittämään suihkuinjektointiprosessia Lemminkäinen Infra Oy:llä. Ongelmakohtien lisäksi haastatteluissa esitettiin muutamia konkreettisia kehitysideoita suihkuinjektointiprosessin tehostamiseen.

5.2 Tiedon välitys ja kommunikointi

Työmaalla syntyvät käytännön vinkit ja kehitysajatukset kannattaa kertoa eteenpäin, jolloin muutkin voivat hyödyntää ideoita. Työmiehet voivat kertoa ajatuksiaan työnjohdolle. Työnjohdon tehtävä on välittää tietoja sekä työmiehiltä päälliköille, että päälliköiltä työmiehille. Työnjohdon kannattaa lisäksi keskustella työmiesten kanssa töiden etenemisestä ja seuraavista vaiheista säännöllisesti, jolloin molemmilla osapuolilla on paremmat edellytykset tuoda esiin huolenaiheita, ideoita ja muita ajatuksia.

Työmaan kommunikointireittien on oltava selvät. Henkilöstön tulee tietää, kenen puoleen kääntyä missäkin asiassa. Esimerkiksi varaosia tarvittaessa täytyy tietää, kuka voi tilata varaosia ja kenen velvollisuuksiin se kuuluu. Vastuualueiden selvittäminen onnistuu parhaiten kysymällä, jos on epävarma. Myös yksinkertainen lista, jossa on listattuna työmaan yleisiä tehtäviä ja kenen ne kuuluu hoitaa, voi auttaa.

Yleiseksi käytännöksi on ehdotettu säännöllisesti pidettävää työmaan sisäistä palaveria, johon osallistuu ainakin työmaan työntekijät, työnjohto ja vastaava työnjohto. Jokainen tällaiseen palaveriin osallistuva voi etukäteen miettiä, millaisiin asioihin haluaa selkeyttä. Säännölliset palaverit olisivat myös sopiva hetki vertailla työsaavutuksia ja -tavoitteita, antaa palautetta sekä työntekijöille että työnjohdolle ja käsitellä muita mahdollisia huolenaiheita. Henkilöstön huomiointi tällä tavoin voi parantaa yleistä työmotivaatiota.

5.3 Toteutuksen ja työjärjestyksen suunnittelu

Toteutussuunnitelma on hyvä muistilappu työmaan valmisteluista. Toteutussuunnitelman laatiminen hyvissä ajoin auttaa varmistumaan, ettei työmaan valmisteluissa jäädä jälkeen ja että kaikki tarpeelliset resurssit ovat hankinnassa. Toteutussuunnitelman tekemisestä vastaa työnjohto ja vastaava työnjohto. Laadintaan kannattaa ottaa mukaan myös työntekijöiden edustaja, jotta kalusto ja toteutustapa saadaan optimoitua työn varsinaisen suorituksen kannalta.

Työjärjestyksen suunnittelu on työnjohdon ja vastaavan työnjohdon tehtävä. Työjärjestyksestä pohtiessa on hyvä kuunnella myös työmiesten kommentteja, sillä heillä voi olla tarjota näkökulma, jota työnjohto ei yksin osaa huomioida. Kalustolle käytettävissä olevat tilat, toisistaan riippuvat työvaiheet ja muut vastaavat seikat kannattaa tarkistaa monelta osajalta, jotta vältetään myöhempää viivästyksiä.

Maaperillä, joissa paalujen yläpäät painuvat herkästi, täytyy työjärjestyksen suunnittelussa huomioida myös paalujen yläpäiden korjaustoimenpiteet. Vaihtoehtoina on joko jälkitäyttö tuoreeseen massaan tai yläpään uudelleen suihkutuspaine seuraavana aamuna. Uudelleen suihkutuksessa tarkoitus on porata jonkin verran kovettuneen paalun sisään ja suihkuttaa määräkosteuteen uudelleen, ennen kuin paalu saavuttaa loppulujuuttaan. Molempien keinojen tarkoitus on tuottaa yhtenäinen paalu.

5.4 Työntekijöiden perehdytyksen syventäminen

Toteuttavan henkilöstön perehdyttäminen työmaahan ja työkohteen erityispiirteiden läpikäynti on automaattisesti osa urakan ja sen työvaiheiden aloitusta. Rutiinomaisuutensa lisäksi perehdyttäminen on tärkeä osa toteutusta. Työntekijöiden on hyvä ymmärtää, miten työ suoritetaan ja minkä vuoksi.

Kun työnjohto käy kohteen läpi toteuttavan henkilöstön kanssa perusteellisesti ja osapuolten välillä käydään avointa keskustelua, saavutetaan yhteisymmärrys työn toteuttamisesta todennäköisesti paremmin. Tällainen kanssakäyminen voi myös parantaa työntekijöiden motivaatiota työtänsä kohtaan.

Työsuunnitelman läpikäynti työntekijöiden kanssa antaa myös työntekijöille mahdollisuuden kommentoida työjärjestystä, mikä voi olla eduksi, sillä työntekijät arvioivat työvaiheiden järjestystä ja toteuttamiskelpoisuutta eri näkökulmasta kuin työnjohto.

5.5 Kaluston valmistelu ja hankinta työmaalle

Kaluston valmistelu on aloitettava samanaikaisesti työmaan muun valmistelun kanssa. Koneita ei kuitenkaan kannata viedä työmaalle pitkäksi aikaa odottamaan ennen töiden alkamista. Työmaan vastaavan mestarin ja työnjohtajan tehtävänä on huolehtia yhteistyössä Lemminkäisen keskusvarikon esimiehen kanssa, että työmaa ja kalusto ovat valmiina töihin silloin kun pitää.

Kaikki haastateltavat olivat yhtä mieltä siitä, että poravaunut pitää varustella porarin itsensä toimesta tai yhteistyössä hänen kanssaan. Uusia laitteita tai menetelmiä kokeillessa, tulee porari sitouttaa niihin ja selvittää kokeilujen syyt, jottei porarille tule kaluston kanssa yllätyksiä. Käynnissä oleva työmaa ei ole paras paikka uuteen kalustoon tutustumiseen.

Porari kannattaa ottaa mukaan miettimään kalustotarpeita ja kaluston sopivuutta jo työmaalle tuotavaa kalustoa suunnitellessa. Poravaunu varusteineen on porarin työväline, ja porari tietää parhaiten varusteiden toimivuuden koneessa. Sama pätee suihkubetoniasemaan ja sitä operoivaan mylläriin, vaikka aseman varustelussa on yleensä vähemmän vaihtuvuutta kuin poravaunuissa. Työmiehet tietävät parhaiten koneiden mahdollisuudet ja rajoitukset, joten heidän on yleensä hyvä olla mukana työtapojen ja -järjestyksen suunnittelussa.

Työmaalle tuotavan kaluston on oltava työkuunnossa. Kaluston kunto varmistetaan työmaalla pidettävällä kaluston alkukatselmuksella. Alkukatselmuksessa tarkastetuista asioista ja mahdollisista puutteista laaditaan pöytäkirja.

Huoltotyöt ovat hankalampia suorittaa työmaalla kuin varikolla ja laiterikot jarruttavat työn edistymistä. Kaluston pitää tarkistaa ja huoltaa työmaiden välissä. Lisäksi työmaan loppuessa kalustolle pidetään loppukatselmukset, joissa kootaan koneista vikalistat. Vikalistat ohjaavat varikolla tehtäviä huoltotöitä. Huolto- ja korjaustöiden suoritukset kirjataan huoltokirjaan ja tarkastetaan varikolla töitä ohjaavan esimiehen toimesta.

5.6 Kaluston ylläpito

Työmaalla jokainen voi omalta osaltaan vaikuttaa kaluston ylläpitoon pitämällä tavarat hyvässä järjestyksessä ja huoltamalla koneita säännöllisesti. Työn ohessa tehtävä jatkuva huolto vähentää konerikkoja ja remontin tarvetta, eikä hidasta itse työn suorittamista oleellisesti, varsinkaan verrattuna remonttikatkoihin.

Sementin parissa käytettävän kaluston puhtaana pitäminen vähentää kulumista ja edistää työtä pitkällä aikajänteellä. Oman työympäristön ja -välineiden siistinä pitäminen on pitkälti asennekysymys, jota pitää korostaa.

Kaluston ylläpidosta pitää olla selkeät ohjeet. Huomioitavat ominaispiirteet kaluston eri osien huoltotoimenpiteissä pitää olla toteuttavan henkilöstön tiedossa, ettei ainakaan epätietoisuus aiheuta väärästä huollosta johtuvia remonttikatkoja ja lisätöitä.

Jokaisen työmaan jälkeen koneet tulisi huoltaa ja korjata niissä havaitut viat, vaikka seuraava työmaa olisikin odottamassa koneita. Haastatteluissa tuli esille näkemys, että huolellinen remontti hyvissä olosuhteissa on muutaman päivän viiveen uhallakin parempi vaihtoehto kuin toimimaton tai temppuileva kone uudella työmaalla.

Suihkubetoniaseman puhdistusvälineiden, esimerkiksi painepesurin, riittävydestä voi varmistua keskustelemalla asemaa operoivan myllärin kanssa. Aseman kalustoa pitää pestä vähän väliä suutinten tukkeutumisen välttämiseksi. Tehoton puhdistaminen johtaa ylimääräisiin huoltokatkoihin. Talvella pitää muistaa lämmitys, etteivät aseman vettä sisältävät osat pääse jäätymään.

5.7 Varaosien ylläpito

Työnjohdon ja työmiesten pitää olla aina tietoisia työmaalla olevista varaosista. Perusvaraosien pitää olla hyllytavaraa työmaalla. Isompia varaosia pitää olla Lemminkäisen keskusvarastossa aina saatavilla.

Yksi ehdotus varaosien saatavuuden varmistamiseen oli, että jokaisella koneella olisi oma, aina koneen mukana kulkeva remonttikontti. Kontissa pidettäisiin kyseisen koneen eniten tarvitsemia varaosia ja koneen huoltamiseen tarvittavat työkalut. Varaosien välitön saatavuus vähentäisi varaosien puutteista johtuvia katkoja ja varaosien etsimistä. Varaosien pitäminen omilla paikoillaan helpottaisi myös varaosien määrän seuraamista. Kun toiseksi viimeinen varaosa otetaan käyttöön, täytyy tilata uusia. Kaikkiin tilanteisiin ja varaosatarpeisiin ei välttämättä voi varautua, mutta siihen tulee pyrkiä.

Tavanomaisten varaosien muistamiseen voisi olla avuksi yksiselitteiset, konekohtaiset varaosalistat. Listoista selviäisi koneen nimi, varaosien nimikkeet ja selkeät ohjeet uusien osien hankintaan. Kyseisen listan voisi pitää aina koneen mukana ja verkkolevyllä tai intranetissä. Lista olisi apuna myös tarkistaessa työmaan varaosatilannetta ja -tarpeita.

Nykyisellään työmaalla olevat varaosat ovat listattuina hajanaisesti eri paikoissa, osittain vain eri henkilöiden muistien varassa. Työnjohto voi selvittää ja laatia työmaalla olevista varaosista pöytäkirjan heti työmaan alussa, jota ylläpitämällä varaosatilannetta on helppo seurata. Näin saatettaisiin vähentää varaosien loppumisien aiheuttamia katkoja, kun varaosatarpeet ovat ajoissa selvillä.

Selkeästä varaosapöytäkirjasta näkisi vilkaisemalla, mitä osia on tarpeeksi ja mitä tarvitsee tilata. Pöytäkirjan ylläpito vaatisi myös, että työmiehet muistavat informoida työnjohtoa osien menekistä. Työmiehiltä kannattaa muutenkin tiedustella säännöllisesti, mitä varaosia tarvitaan ja miten paljon. Heillä on kokemusta osien kulumisesta ja tärkeydestä, sekä todennäköisesti ajantasainen tieto työmaan varaosatilanteesta.

Varaosien kulumista kuvaavan tilaston laatiminen, ylläpitäminen ja seuraaminen loisi edellytykset priorisoida työmailla mukana pidettäviä varaosia. Usean työmaan varaosamenekkien järjestelmällinen seuranta voi pitkällä aikavälillä tuottaa hyödyllistä tietoa varaosien kulumisesta eri koneissa ja olosuhteissa. Koneikon sattuessa merkattaisiin muistiin hajonneen osan lisäksi asiaan vaikuttavia perustietoja, kuten konetyyppi ja pohjaolosuhteet. Kun tällaisia tietoja on kertynyt tarpeeksi, voidaan ehkä paremmin ennakoida uusien työmaiden varaosamenekkiä, olosuhteet huomioiden. Konkreettinen tilasto on muistia tehokkaampi työkalu varaosatarpeita arvioidessa.

5.8 Työmaan siisteys ja järjestys

Yleinen järjestely ja puhtaanapito työmaalla on pääasiassa viitseliäisyyskysymys. Tavaroiden pitäminen omilla paikoillaan ja kaluston puhdistaminen työn ohella helpottaa työskentelyä, nopeuttaa tavaroiden löytämistä ja vähentää huoltokatkoja.

Kaikelle tarpeelliselle irtotavaralle tulee olla lähellä työpistettä oma paikka, johon se on helppo laittaa ja josta se on helposti saatavilla. Esimerkiksi poravaunun vierellä voi pitää työtasoa, ettei työkaluja ja muita tavaroita jouduta laskemaan maahan tai poravaunun telan päälle.

Kellarikohteissa työalueen puhtaanapito on, ahtaiden tilojen vuoksi, usein edellytys työn suorittamiselle. Muissakin kuin sitä välttämättä vaativissa kohteissa olisi hyvä ottaa päivittäinen, tai ainakin viikoittainen, työalueen siivous yleiseksi rutiinitoimenpiteeksi. Siisti työmaa parantaa töissä viihtymistä, pienentää tapaturmien riskiä ja auttaa pitämään kaluston kunnossa, kun esimerkiksi letkut ja johdot pidetään sivussa kulkureiteiltä.

Letkujen varastointiin auttaisi letkutelineet, joita ei olisi vaikea tehdä omalla keskusvarikolla tai työmaalla. Muillekin tarpeellisille työ- ja huoltotarpeille tulee olla helppokäyttöiset, tukevut ja mahdollisimman vähän tilaa vievät telineet, joita voi valmistaa Lemminkäisen keskusvarikolla.

5.9 Sähköt

Tavallinen suihkubetoniasema vaatii toimiakseen yhden 63A-työmaakeskuksen. Näin pientä syöttöä käyttäessä ollaan kuitenkin aivan riittävyyden rajoilla, ja ihanteellista olisikin ottaa asemalle aina oma 125A-työmaakeskus. Lisäsähkön tarve korostuu talviolosuhteissa, kun pitää varmistaa lämmityslaitteiden toimivuus. Aggregaattien käyttöä kannattaa välttää, mikäli mahdollista, sillä niiden tuottama sähkövirta on joskus aiheuttanut ongelmia aseman kohtuullisen herkkien sähkölaitteiden toimivuudessa.

Eräs haastateltava ehdotti, että avuksi sähköjen suunnitteluun voisi laatia aseman ja liittyvien laitteiden sähköistä sapluunanomaisen sähkösuunnitelman, josta ilmenisi kaikkien koneiden sähköntarve. Kyseisen suunnitelman voisi aina uuden työmaan yhteydessä antaa työmaan sähköt asentavalle sähkömiehelle. Suunnitelma helpottaisi myös vianmääritystä mahdollisissa ongelmatilanteissa.

5.10 Imupumppu ja lietteen keruu

Mikäli lietepumppu ja -lava ovat riittävän kokoisia ja käyttökunnossa, lietteen leviämisen ei pitäisi olla ongelma. Pienellä vaivannäöllä lietteen ohjaamisen eteen, kuten pitämällä lietteelle kaivetut urat avoimina työn aikana, voidaan hallita sen leviämistä ympäriinsä.

Tehokkaampien imupumppujen hankkimista voisi tutkia mahdollisena tapana tehostaa työskentelyä savisen maaperän kohteissa. Tarve olisi pumppuille, jotka eivät ole herkkiä hajoamaan imuun joutuvien isojen kivien tai muiden esineiden vaikutuksesta, jolloin imutehoa ei tarvitse heikentää letkun päässä pidettävällä siivilällä. Tällaisia ovat ainakin imuautoissa käytetyt pumput. Savisen maaperän kohteissa paluuliete voidaan imeä auton kyytiin suoraan reiältä. Imuautojen käyttö on kuitenkin kallista, joten omien tehokkaiden pumppujen hankintaa tulisi harkita.

Eräs imuauton kuljettaja kertoi keinon, joka hänen mukaansa helpottaa tuoreen lietteen imemistä lietelavalta. Jos lava on pituussuunnassa kallistettu, kiintoaine kasautuu paremmin toiseen päähän. Kiintoaines on tällöin helpompi imeä kyytiin lavalta, mikä nopeuttaa työskentelyä ja vähentää lavan huuhteluun tarvittavan veden määrää.

5.11 Suihkubetoniaseman layout-suunnitelma

Suihkubetoniaseman kalustosta on esitetty laadittavaksi layout-suunnitelma, joka toimisi aseman asemapiirroksena ja jota voisi käyttää osana työmaasuunnitelmaa. Valmiiksi laadittu standardinomainen piirros olisi apuna suunnittelussa aseman tilantarvetta ja sijoitusta.

Suunnitelman yhteydessä voitaisiin esittää ainakin seuraavat asiat:

- aseman eri laitteiden sähköntarpeet standardinomaisen sähkösuunnitelman muodossa,
- selkeä lista asemalle tarvittavasta kalustosta,
- aseman kaluston kuluviimmat varaosat, mukaan lukien letkut ja johdot,

- aseman kaluston yleisimmät viat ja korjaustoimenpiteet,
- aseman kaluston dimensiot yksilöitynä ja
- aseman vähimmäistilantarve kokonaisuutena.

5.12 Kaluston tuntemuksen lisääminen

Suihkuinjektointikaluston tunteminen on oleellista jokaiselle sen kanssa työskentelevälle, myös työnhoudolle. Vaikka työnhoudon ei tarvitse tuntea kalustoa niin hyvin, että osaisi huoltaa sitä, yleisten teknisten ominaisuuksien ja säätöjen tuntemus on paikallaan.

Jokaisen suihkuinjektointimiehistön jäsenen tulisi kyetä huoltamaan omasta työvälineestään ainakin yleisimmät viat. Porarien tulee tuntea poravaunut, myllärien aseman kalusto ja apumiesten tulee tuntea molemmat. Mitä laajemmin miehistön jäsenet tuntevat koneiden korjaustoimenpiteet, sitä vähemmän tarvitaan erityisiä remonttityömiehiä.

Jean-Lutz -mittalaitteiston kalibrointi kullakin koneella pitää saada kuntoon. Tätä voisi edesauttaa esimerkiksi koulutus aiheesta työnhoudolle ja muille asianomaisille, kuten remonttimiehistölle.

6 LOPPUPÄÄTELMÄT

Tutkimuksen tarkoitus oli listata ongelmia, joita Lemminkäisen henkilöstö kokee suihkuinjektointiprosessissa olevan, jotta niitä olisi helpompi tarkastella. Suihkuinjektointiprosessin ongelmien kartoitus tuotti kohtuullisen paljon tuloksia, mikä osoittaa henkilöstön halukkuutta korjata ongelmat. Ongelmiin ei tämän työn teon yhteydessä tuotettu valmiita, heti sovellettavaksi sopivia ratkaisuja. Ehdotuksia erilaisten ongelmien ratkaisemiseksi ja toiminnan kehittämiseksi tehtiin yllättävän paljon.

Kehittämissuositukset olivat osittain uusia ideoita ja osittain ajatuksia tuttujen toimintatapojen tehostamiseksi. Toiminnan kehittäminen vaatii paljon pieniä parannuksia, eikä niinkään yksittäisiä suuria toimenpiteitä.

Kommunikointireittien tehostaminen ja yksikön sisäisen keskustelun lisääminen nousivat eräänlaiseksi teemaksi ongelmien kartoituksessa. Vaikkei yrityksen sisäisessä kommunikoinnissa sinänsä ole mitään suurta selkeää solmukohtaa, kommunikoinnin tehostaminen koetaan tarpeelliseksi.

Suihkuinjektointi on laaja prosessi, jonka toteutuksen mahdollistaa lukuisten osapuolten yhteistyö. Täten toiminnan kehittäminenkin vaatii pitkäjänteisyyttä. Mahdolliset muutokset toiminnassa, asenteissa tai dokumentoinneissa tapahtuvat askel kerrallaan. Muutosten syntyminen vaatii koko henkilöstön sitoutumista kehitysprosessiin.

Osoittamalla kiinnostusta henkilöstöä ja heidän mielipiteitään kohtaan, voidaan mahdollisesti parantaa yleistä työmotivaatiota ja sitouttaa henkilöstö Lemminkäinen Infra Oy:n pohjarakennusosaston toimintaan paremmin. Mikäli henkilöstön jäsen tuntee oman työnsä vaikutuksen laajempaan kokonaisuuteen, hän on luultavasti motivoituneempi tekemään työnsä kunnolla kuin tehtäviensä merkitystä ymmärtämätön henkilö.

LÄHDELUETTELO

Finnsementti.fi [www-sivu]. [viitattu 20.7.2010] Saatavissa: <http://finnsementti.fi/index2.html>

Liikanen Toni, 2010, Insinööri työ: Suihkuinjektioinnin työsuunnittelu, sivut 1-38

Mäkelä Harri, 1991, RIL 174-5-1991 Korjausrakentaminen V, Perustukset – pohjarakenteet, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, Helsinki

Warner James, 2004, Practical handbook of grouting: soil, rock, and structures, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2007, SFS-EN 12716: Pohjarakennustyöt. Suihkuinjektointi. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki

Henkilöhaastattelu: Kiuru Jussi, 10.9.2010

Sähköpostihaastattelu: Perkiö Kimmo, 8.9.2010

Sähköpostihaastattelu: Risku Pipsa, 5.10.2010

Puhelinhaastattelu: Takkinen Risto, 5.11.2010

Puhelinhaastattelu: Perkiö Kimmo, 9.11.2010

Puhelinhaastattelu: Merikallio Tarja, 19.11.2010

Puhelinhaastattelu: Paavola Sami, 25.11.2010

Puhelinhaastattelu: Risku Pipsa, 3.12.2010

LIITTEET

Liite 1: Tutkimushaastattelu suihkuinjektioonin tuottavuuden kehittämisestä, haastattelurunko

TUTKIMUSHAASTATTELU

liittyy Teemu Nordlundin insinööriyöhön aiheesta

SUIHKUINJEKTOINNIN TUOTTAVUUDEN KEHITTÄMINEN

Arvoisa vastaanottaja,

Haastattelun kysymykset on tarkoitettu puhelinhaastatteluun valmistautumiseen. Tutustu kysymyksiin rauhassa ennen (erikseen sovittavaa) puhelinhaastattelua. Puhelinhaastattelu äänitetään, ja sitä käytetään lähdemateriaalina allekirjoittaneen insinööriyössä, jonka aihe on "Suihkuinjektioinnin tuottavuuden kehittäminen".

Tämä on haastattelujen toinen kierros. Haastateltavien määrä on kasvanut ensimmäisestä kierroksesta ja kysymykset on tarkemmin mietitty. Tämän haastattelun laatimisessa on hyödynnetty ensimmäisten haastatteluiden vastauksista kerättyä tietoa. Haastateltavien määrän kasvattamisen vuoksi tämän haastattelun kysymykset ovat myös osittain päällekkäisiä ensimmäisen haastattelun kanssa.

Osa kysymyksistä voi vaikuttaa itsestänselvyyksiltä. Pyydän silti pohtimaan niidenkin kohtien merkitystä. Kysymysten tarkoitus on kirvoittaa kritiikkiä rutinoituneita työtapoja kohtaan ja herättää ideoita niiden tehostamiseksi, mikäli mahdollista. Tässä vaiheessa oleellisinta on tunnistaa ongelmallisiksi koettuja kohtia koko suihkuinjektointiprosessissamme, myös vähäiseltä tuntuvia asioita. Lisäksi on enemmän kuin tervetullutta jakaa ajatuksia epäkohtien parantamisesta.

Tämän haastattelulomakkeen kysymykset esitetään samanlaisina usealle Lemminkäisen suihkuinjektioinnin parissa työskentelevälle toimihenkilölle ja työntekijälle. Pohdi kysymyksiä omien kokemustesi ja parhaan tietosi mukaan – jokaiseen kohtaan ei odoteta jokaiselta syvällistä vastausta.

Haastattelu alkaa seuraavalta sivulta.

Terveisin,

Teemu Nordlund

HAASTATTELUKYSYMYKSET

Alla on listattuna suihkuinjektointiin liittyviä asioita, jotka voivat vaikuttaa työn sujuvuuteen. Kerro ajatuksiasi näihin liittyen. Minkä kanssa on ollut ongelmia, ja minkälaisia? Mikä on aiheuttanut katkoja työn suorittamiseen, ja miksi? Listassa on mukana esimerkkejä, joita myös saa kommentoida.

Haastateltavan tiedot

Nimi ja asema Lemminkäinen Infralla sekä työkokemus suihkuinjektioinnista.

1. Valmistautuminen ja työmaan perustaminen

- Kohde ei ole valmiina suihkutusta varten silloin, kun suihkutusta on määrä aloittaa.
- Poraustavan ja porakoneen laitteineen on päättänyt joku muu kuin konetta todellisuudessa käyttävä porari (Koneen käyttäjä mukaan varusteluun, että tietää missä mennään).
- Aseman laitteet eivät saa riittävästi sähköä, jolloin tapahtuu ylikuumentumista ja vikavirtasuojien laukeamista (Asema vaatii noin 125A keskuksen).
- Siilon suoristamiseen ja suoruuden varmistamiseen ei ole käytössä toimivaa tapaa tai välinettä (esim. vatupassi siiloon ja tunkki siilon jalkojen alle).

2. Kalusto ja varaosat

- Työmaalle tuotu kalusto ei ole kunnossa (tarkempi tarkistus sekä kalustokeskuksella että työmaalla ennen töiden aloitusta).
- Työmaalla ei ole välineitä kaluston kunnolliseen puhdistukseen tai huoltotöihin (riittävätehoinen painepesuri, työkalut liekan purkamiseen/kasaamiseen).
- Kaluston reistaillessa työmaalla ei ole tarvittavia varaosia hyllyssä.
- Kalustokeskuksessa ei ole tarvittavia varaosia hyllyssä, vaan ne täytyy tilata. Toimitusajat ovat pitkiä.
- Siilon vaaka kaipaa parannusta.
- Jean Lutz -mittalaite ei aina toimi täysin, vaan esim. näyttää nostonopeuden väärin verrattuna manuaaliseen seurantaan.

3. Työmaan järjestys ja siisteys

- Työmailla on sotkuista, varsinkin letkut ja johdot lojuvat missä sattuu (esim. teline letkuille, enemmän panostusta järjestelyyn).
- Sementti leviää ympäriinsä asemalla/työmaalla ja sotkee kalustoa sekä työaluetta tarpeettomasti.

4. Toteutus ja työturvallisuus

- Joskus porarien työtarkkuus saattaa herpaantua, mikä voi aiheuttaa vahinkoja (esim. paluuvirtaaman tarkkailun unohtuminen).
- Työjärjestyksen suunnittelu hyvissä ajoin ja läpikäynti ennen töiden aloitusta olisi hyvä ottaa käytännöksi (työnjohtajan tehtävä).
- Kohteiden tiedot (maaperätiedot, poraustavat, suihkutusparametrit) ovat paljolti ihmisten muistien varassa (Tietoja voisi kerätä systemaattisesti yhteiseen tietolähteeseen, esim. Y-asemalle tai intraan).

5. Ympäristö- ja laatuasiat

- Paluulietteen käsittely on kallista ja hankalaa sekä käsitellä että hyödyntää.
- Öljyjen ja muiden ympäristölle haitallisten nesteiden varastointiin yksinkertaistusta (esim. tynnyri- ja kanisteritelineet tekoon Sammonmäkeen)

6. Muuta

- Työmailla syntyneitä kehitysideoita ja huomattuja epäkohtia on hyvä tuoda pääkonttorin ja kalustokeskuksen tietoon.
- Muuta suihkupaalutukseen liittyvää, mistä löytyisi kehitettävää.