



SUIHKUINJEKTOINTILIETTEEN KÄSITTELYN KEHITTÄMINEN

Mika Pykälämäki

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2012
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen

PYKÄLÄMÄKI, MIKA:
Suihkuinjektointilietteen käsittelyn kehittäminen

Opinnäytetyö 37 sivua, josta liitteitä 1 sivu
Huhtikuu 2012

Opinnäytetyö suihkuinjektointilietteen käsittelystä laadittiin Lemminkäinen Infra Oy:n toimeksiannosta. Työn tarkoituksena oli laatia dokumentti suihkuinjektointilietteen hallinnasta ja käsittelystä sekä niihin liittyvistä ongelmista. Työssä pohdittiin myös kiristyvien ympäristösäädösten vaikutusta suihkuinjektointilietteen käsittelyyn ja sen loppusijoittamiseen. Työssä selvitettiin hieman myös maan pilaantumisen vaikutusta lietteen käsittelyyn.

Suihkuinjektointi kuvataan maaperän vahvistusmenetelmänä, joka vaatii urakoitsijalta erikoiskalustoa ja erityisammattitaitoa sen toteuttamisessa. Suomessa suihkuinjektointia käytetään yleisimmin vanhojen rakennusten perustusten vahvistamiseen. Menetelmä soveltuu tähän hyvin vähäisen työnaikaisen tilantarpeen ja alhaisen rakenteille aiheutuvan tärinän puolesta. Lisäksi perustuksia vahvistettaessa suihkuinjektoinnin etuna muihin menetelmiin on, että tilaa vieviä kuormansiirtorakenteita ei tarvitse rakentaa. Suihkuinjektointilietteen käsittelyä ja loppusijoittamista ohjaa vahvasti ympäristölainsäädäntö. Lietteiden käsittely työmaalla vaatii hyvää suunnittelua ja valmisteluita. Lainsäädännössä määritellään lietteiden käsittelyyn liittyvät vaatimukset.

Työn teoriaosuudessa kerrottua menetelmäkuvausta ei ole tarkoitettu työohjeeksi, vaan tarkoituksena oli antaa suihkuinjektointiin perehtymättömälle lukijalle yleiskäsitys suihkuinjektointityöstä ja sen eri vaiheista.

Tutkimusosassa osassa esitetyt tulokset saatiin tutkimalla ympäristönsuojelulakia, lukemalla kirjallisuutta, haastatteleamalla sekä itse pohtimalla. Pohdinnassa arvioitiin lietteiden loppusijoituksen ja hyötykäytön tulevaisuutta ja ympäristölainsäädännön niille antamia mahdollisuuksia.

ABSTRACT

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

PYKÄLÄMÄKI, MIKA:
Development of Jet Grouting Slurry Handling

Bachelor's thesis 37 pages, appendices 1 page
May 2012

This study was made to Lemminkäinen Infra Oy and the purpose was to provide a documentary of handling and processing of jet grouting slurry and what problems the process contains. This thesis also includes the consideration of the influence about the environmental law for slurry control and final placement. Influence of contaminated soil to slurry handling will also be discussed.

Jet grouting is a soil improvement procedure which demands special equipment and professionalism from the contractor. In Finland the most common usage target for jet grouting is treating load bearing soils under older buildings because the procedure demands little working space and causes only small amount of vibration for the surrounding structures.

The description of jet grouting in theoretical section is not meant to be an exhaustive guide. It is a general introduction to jet grouting those who are not familiar with the method.

Research for this thesis was made by interviews, studying environmental law and reading literature about jet grouting. Results are introduced in two sections. There are interview results and my own consideration what happens in future to environmental law and jet grouting slurry.

ALKUSANAT

Tämän selvityksen tekeminen opetti paljon suihkuinjektoinnista, lietteen hallinnasta ja loppusijoittamisesta sekä ympäristölainsäädännöstä. Työn aihe oli vähintäänkin haastava sen laajuuden ja rajattavuuden vuoksi. Opinnäytetyötä aloittaessani minulla oli vain vähän kokemusta suihkuinjektointityöstä. Tämän työn tekemisen aikana tutustuin suihkuinjektointi menetelmiin, lietteen hallintaan ja ympäristölainsäädännön loppusijoitukseen antamiin mahdollisuuksiin. Työn valmistuttua pystyn sanomaan, että tavoitteeseen on päästy, koska työn tekemisen ohella opin paljon aiheesta ja hieman sen vierestäkin. Ongelmiin ei tässä työssä esitetä suoria ratkaisuja, vaan omia ja tutkimuksen aikana esiin tulleita ajatuksia.

Kiitokset Lemminkäinen Infra Oy:sta Jussi Kiurulle, joka antoi tämän haastavan aiheen sekä ohjaajana opasti ja sopivasti painosti työn valmiiksi saamisessa. Lisäksi kiitän Tampereen ammattikorkeakoulusta Reijo Rasmusta, joka jaksoi loppuun asti kannustaa ja uskoa, että työ tulee ajoissa valmiiksi.

Hyvät oli aineet ja tällainen tästä tuli.

Tampereella toukokuussa 2012

Mika Pykälämäki

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRACT	3
ALKUSANAT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
1.1 Tausta	7
1.2 Tavoitteet	9
1.3 Tutkimusmenetelmät ja -rajaukset	9
2 SUIHKUINJEKTOINTI	10
2.1 Menetelmät	10
2.2 Lähtötiedot	11
2.3 Valmistelevat työt	11
2.3.1 Aloitusedellytysten varmistus	11
2.3.2 Perehdyttäminen ja henkilökohtaiset suojarusteet	12
2.3.3 Kalusto ja sen sijoittelu	12
2.3.4 Injektointilietteen käsittelyvalmius	13
2.4 Resurssit ja materiaalit	13
2.4.1 Kalusto	13
2.4.2 Materiaalit	16
2.4.3 Työryhmä	17
2.5 Toteutus	17
2.5.1 Työturvallisuus	17
2.5.3 Poraus ja suihkutus	19
2.5.4 Suihkuinjektointilietteen hallinta	20
2.6 Laadunvarmistus	21
2.6.1 Kaluston mittalaitteet	21
2.6.2 Pilarin koko ja lujuus	22
2.6.3 Massan laatu	22
2.6.4 Suihkutuspöytäkirjat	24
3 SUIHKUINJEKTOINTILIEDE	25
3.1 Lietteiden synty	25
3.2 Ominaisuudet	25
3.3 Käsittelymenetelmät	26
4 YMPÄRISTÖLAINSAÄDÄNTÖ	29
4.1 Historiaa	29

	6
4.2 Tilanne nyt ja tulevaisuuden näkymät.....	30
5 LIETTEEN VASTAANOTTO JA LOPPUSIJOITUS	31
5.1 Yleistä.....	31
5.2 Lietteen vastaanotto.....	31
5.3 Lietteen loppusijoitus nyt	32
5.4 Pohdintaa lietteen loppusijoittamisesta tulevaisuudessa	33
6 YHTEENVETO.....	35
LÄHDELUETTELO.....	36
LIITTEET.....	37

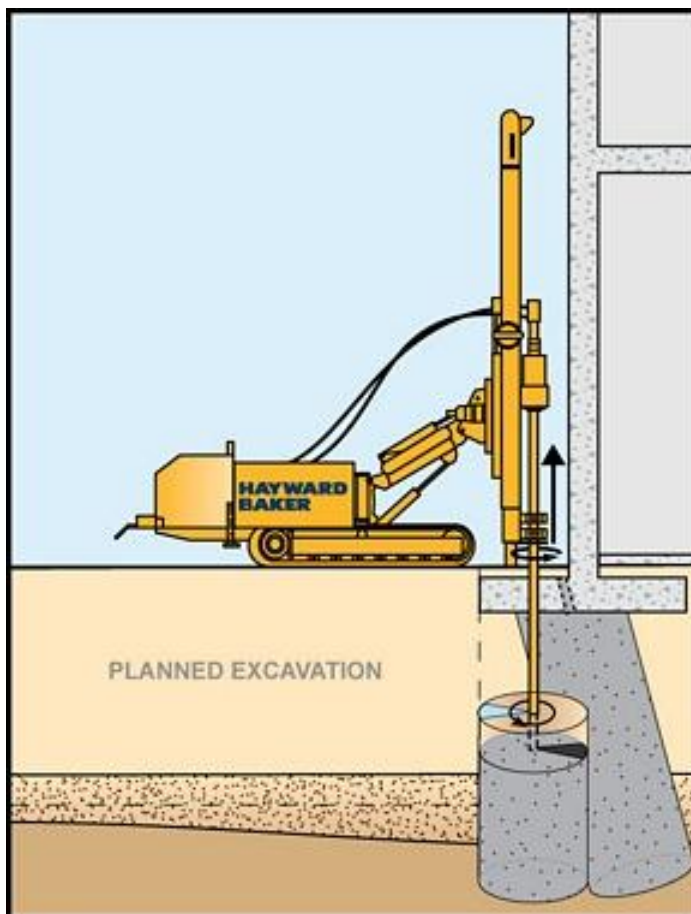
1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Suihkuinjektointi on pitkälle jalostettu injektointimenetelmä, joka sopii erityisesti maaperän vahvistustöihin. Menetelmän lopputuotteena on maasta ja sideaineesta muodostuva maabetonirakenne.

Japanilaiset kehittivät 1970-luvun alussa ensimmäisinä menetelmän, joka yhdisti paalutuksen ja maaperän vahvistamisen injektoimalla. Menetelmä tuli tunnetuksi nimellä Jet Grouting, jota meillä Suomessa kutsutaan suihkuinjektointiksi. (Finnsementti, 2011.)

Suihkuinjektointia on Suomessa käytetty lähinnä vanhojen perustusten korjauksessa, kun normaalin paalutuskaluston käyttö olisi tilanpuutteen takia mahdotonta tai aiheuttaisi ongelmia tärinän ja kuormien muodossa. (Finnsementti, 2011.)



KUVA 1. Kaivannon tuenta rakennuksen perustusten alla (haywardbaker.)

Menetelmä on käyttökelpoinen myös olemassa olevien rakennusten perustusten syventämisessä, leventämisessä sekä painumien rajoittamisessa. Suihkuinjektointia käytetään lisäksi kaivantojen tiivistyksessä: pystysuorissa seinissä tai pohjatiivistyksissä. Kuvassa 2 on pystysuora kaivannon seinä toteutettu tiivistämällä porapaalujen välit suihkuinjektointimalla.



KUVA 2. Kaivannon tuennassa on käytetty porapaalujen ja suihkuinjektointin yhdistelmää. Lisäksi on ankkurointi vaijeriankkureilla. (Lemminkäinen Infra Oy, P-Hämppi, 2010.)

Suihkuinjektointia tehtäessä muodostuu aina suihkuinjektointilietettä. Sillä tarkoitetaan ylimääräistä sementtisuspension eli vesi-sementtiseoksen paluuvirtaamaa, jonka seassa nousee myös maa-ainesta. Lietettä nousee varsinkin suihkutettaessa, mutta mahdollisesti myös poratessa.

Suihkuinjektointiliete on ongelmallinen tuote, koska sen käsittely on kallista ja maankaatopaikat ja jätteenkäsittelylaitokset eivät mielellään ota sitä vastaan. Tehtyjen haastatteluiden perusteella vastaanottaminen loppuisi joillakin kunnallisilla jätteenkäsittelylaitoksilla kokonaan. Tämän vuoksi suihkuinjektointilietteen käsittelylle ja loppusijoitukselle tulisi kehittää uusia toimintamalleja.

1.2 Tavoitteet

Työn tavoitteena oli kuvata suihkuinjektointilietteen hallinnan ja käsittelyn toimintamalleja sekä työmaalla että maankaatopaikalla. Työssä selvitettiin myös maanpilaantuneisuuden vaikutusta lietteen käsittelyyn ja loppusijoitukseen. Näiden lisäksi tarkoituksena oli etsiä ratkaisua tulevaisuuden loppusijoituksen olosuhteisiin kiristyvissä ympäristönormeissa ja pohtia, mitä mahdollisuuksia ympäristölainsäädäntö antaa suihkuinjektointilietteen hyötykäytölle ja loppusijoitukselle.

1.3 Tutkimusmenetelmät ja -rajaukset

Suihkuinjektointilietteen hallintaa ja käsittelyä käsiteltiin niiltä osin, kuin urakoitsija voi työmaalla siihen vaikuttaa. Lietteiden loppusijoitusta ja hyötykäyttömahdollisuuksia on pohdittu ympäristölainsäädännön antamien reunaehtojen kautta.

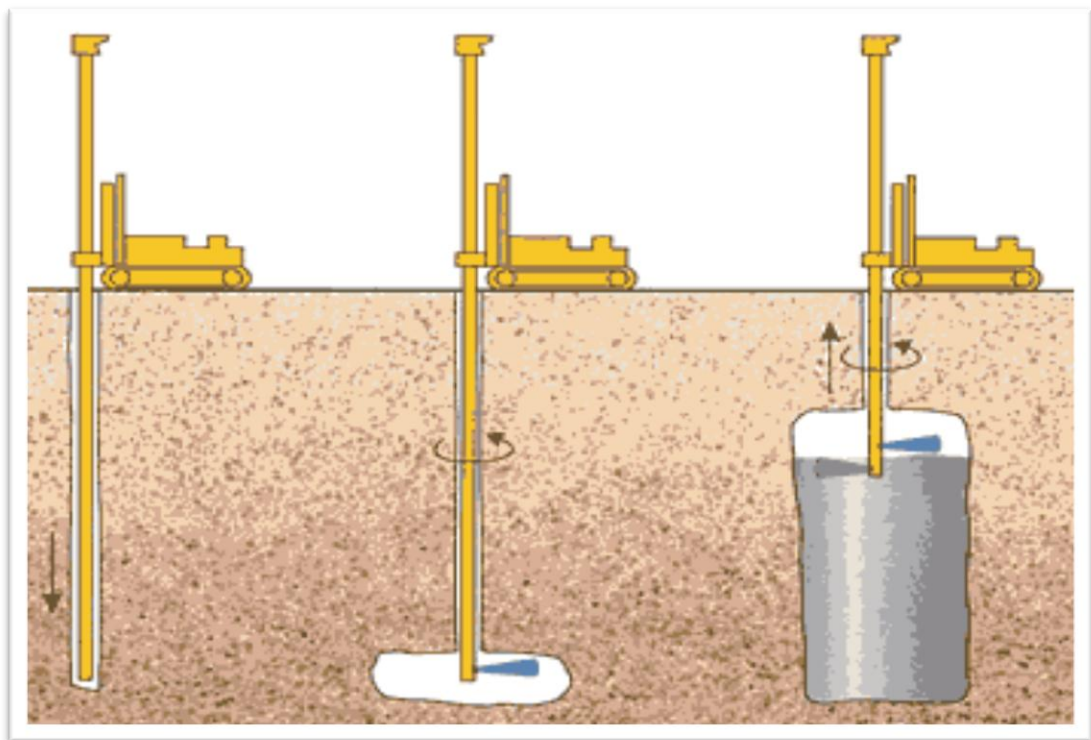
Menetelmäkuvaus ja perustiedot suihkuinjektoinnista laadittiin hyödyntäen aihetta koskevia lähdeteoksia. Varsinainen tutkimustyö tehtiin haastattelemalla ja etsimällä tietoja lähdeteoksia. Työtä varten järjestettiin haastatteluja henkilökohtaisesti ja sähköpostitse sekä tarvittavat tarkennukset tehtiin puhelimitse.

2 SUIHKUINJEKTOINTI

2.1 Menetelmät

Suihkuinjektointi on menetelmä, jossa korkeapaineisella suihkulla leikataan ja osittain 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. Näin muodostuvaa kappaletta voidaan pitää raudoittamattomana betonirakenteena. (Finnsementti, 2011.)

Suihkuinjektointia voidaan tehdä kolmella menetelmällä: yksittäis-, kaksois- ja kolmoisjärjestelmällä. Näistä yksittäisjärjestelmä on Suomessa yleisimmin käytössä. Yksittäisjärjestelmässä maa-aineksen hajottaminen ja sementointi suoritetaan vesi-sementtiseoksesta eli sementtisuspensiosta koostuvalla korkeapainesuihkulla. Kaksoisjärjestelmässä sementtisuspension lisäksi käytetään paineilmaa tai vettä auttamaan maa-aineksen syrjäyttämiseksi. Vettä käytettäessä se suihkutetaan erillisestä suuttimesta.



KUVA 3. Periaatekuva suihkuinjektoinnin vaiheista (Finnsementti.)

2.2 Lähtötiedot

Käytettäessä suihkuinjektointia maaperän vahvistusmenetelmänä pitää tehdä tarkka pohjatutkimus, koska maaperän ominaisuudet määräävät paljon lopputuotteen laadun. Lisäksi kohteella voi olla suihkuinjektoinnin kannalta muita erityisvaatimuksia, joista tulee olla tietoisia.

2.3 Valmistelevat työt

2.3.1 Aloitusedellytysten varmistus

Toteutusta varten tilaajan tai urakoitsijan tulee hankkia tarvittavat luvat. Suihkubetoniasemalle varataan tila työmaalta. Tarvittaessa tilaaja tai urakoitsija vuokraa katualuetta ja laatii liikennejärjestelysuunnitelman.

Lähialueen asukkaita tulee informoida alueella suoritettavasta työstä ja sen kestosta. Myös työvaiheiden edistymisestä ja alkamisista tiedotetaan työmaan vaikutusalueella. Tiedottamisesta vastaa tilaaja tai urakoitsija. (Liikanen 2008, 18.)

Ennen työn aloittamista pidetään aloituspalaveri, jossa sovitaan työn toteutukseen liittyvät asiat. Aloituspalaveriin osallistuvat työntekijät sekä työnjohtajat. Palaverissa käydään läpi suihkuinjektoinnin aikataulu, kalusto, suunnitelmat, laadunvarmistus, työmenetelmä, olemassa olevat rakenteet ja työturvallisuuteen liittyvät asiat. Seuraavaksi varmistetaan materiaalien hankinnan ja vastaanoton aikataulujen paikkansapitävyys. On tärkeää tarkastaa, että työssä on käytössä uusimmat suunnitelma-asiakirjat kuten urakaohjelma, työselostus, turvallisuusasiakirja ja sen pohjalta tehdyt turvallisuussuunnitelmat, mittaussuunnitelma, paalutaulukko ja sijaintikartta. Näiden lisäksi myös suunnitelmat käydään läpi. Korjauskohteissa suunnitelmien mitat tarkastetaan työkohteessa. Verrataan eri menetelmävaihtoehtoja ja tarkistetaan lopullisen rakenteen laatuvaatimukset.

Aloituspalaverissa käydään läpi vaarallisten aineiden kartoitus. Rakennuttajan vastuulle kuuluu tehdä vaarallisten aineiden kartoitus (esimerkiksi asbesti, kreosootti, lyijy, PCB ja saastuneet maa-ainekset). (Ratu F1-0358, 2010, 3.)

2.3.2 Perehdyttäminen ja henkilökohtaiset suojavarusteet

Työntekijät perehdytetään työkohteeseen, sen olosuhteisiin sekä työhön, esimerkiksi työkohteen välittömässä läheisyydessä oleviin töihin, työturvallisuustoimiin, nousuteiden, nostolaitteiden ja henkilönostimien käyttöön. (Ratu F1-0358, 2010, 3.)

Työntekijän henkilökohtaisia suojavarusteita ovat turvajalkineet, kypärä, silmäsuojaimet, kuulonsuojaimet sekä vähintään 2. luokan heijastava työvaatetus. Suojavarusteiden saatavuus tulee tarkistaa ja suojainten käyttö tulee varmistaa työn teon aikana. Kypärä, silmäsuojaimet, turvajalkineet ja heijastava vaatetus tulee olla puettuna aina työmaalla liikuttaessa.

Tätä työtä tehtäessä eduskunnan käsittelyssä oli lakiesitys kuvalliseen henkilökorttiin liitettävästä veronumerosta. Laki työturvallisuuslain muuttamisesta, jossa veronumeron lisääminen henkilöntunnistekorttiin säädetään, tulee voimaan valtioneuvoston asetuksella säädettävänä ajankohtana. Velvoite pitää työmaalla henkilötunnistetta, johon on merkitty myös veronumero, on arvioitu tulevan voimaan 1.9.2012. Ennen työturvallisuuslain muutoksen voimaantuloa aloitetuilla työmailla on kuuden kuukauden siirtymäaika, jonka kuluessa veronumeron sisältävä henkilötunniste voidaan ottaa käyttöön. Viimeistään se tulee olla henkilöntunnistekortissa 1.3.2013. Syyskuun jälkeen alkavilla työmaille veronumero on oltava tunnistekortissa heti työskentelyn alkaessa. Ulkomaalaiset saavat veronumeron Verohallinnosta, ja samalla he saavat suomalaisen henkilötunnuksen. (Verohallinto 2012.)

2.3.3 Kalusto ja sen sijoittelu

Kaluston sijoittelu suunnitellaan huolellisesti jo valmisteluvaiheessa, sillä silloin tehdään mahdollisia vuokrasopimuksia tarvittavista alueista. Optimaalisella kaluston sijoittelulla voidaan säästää vuokrauskustannuksissa.

Kaluston sijoittelussa on hyvä lähteä liikkeelle korkeiden ja painavien kaluston osista, kuten sementtisiilosta ja korkeapainepumpusta. Siilo asettaa korkeutensa sekä painonsa puolesta vaatimuksia korkeuden, kantavuuden ja pinnantasaisuuden suhteen. Korkeapainepumppu tulisi puolestaan suuren painonsa vuoksi sijoittaa paikkaan, josta sitä on helppo lähteä siirtämään. Kokonaisuudessaan suspensioasema tulisi saada mahdolli-

simman tiiviiksi yksiköksi ja lähelle työmaatietä. Näin asemaa on helppo operoida ja siirrossa tarvittavan nosturin koko pysyy kohtuullisena. (Nordlund 2011, 11; Liikanen 2008, 16.)

2.3.4 Injektointilietteen käsittelyvalmius

Tehtaässä suihkuinjektointityötä syntyy aina suihkuinjektointilietettä. Lietteellä tarkoitetaan porareikästä nousevaa sementtisuspensiota, johon on sekoittunut maa-ainesta. Lietettä syntyy pääasiassa suihkutettaessa, mutta myös poratessa, mikäli huuhtelussa käytetään sementtisuspensiota veden sijasta.

Ennen injektointityön aloittamista tulee suihkuinjektointilietteen käsittely suunnitella sekä tarvittavien kaluston ja alaiden olla valmisteltuna työmaalla. Pumppujen toiminta testataan ja varakaluston saatavuus häiriötilanteessa varmistetaan. Käytettäessä vaihtolavaa varastointialtaana, tulee saumojen olla tiivistetty. (Liikanen 2008, 18.)

Suihkuinjektoinnin vaikutusalueella oleva kunnallistekniikka, kuten viemärit, vesijohdot sekä sähkö- ja tietoliikennekaapeli, kartoitetaan ja tarvittaessa kuvataan. Viemärin kunto selvitetään ja tarpeen vaatiessa viemäri suojataan. (Liikanen 2008, 18.)

Suihkuinjektoinnissa käytettävä korkea paine rikkoo helposti putket. Päästessään putkeen suspensio täyttää sen ja etenee putkissa hyvin nopeasti juuri korkean paineen avulla. Putkea pitkin suspensio voi päästä etenemään kaivoihin, rakennuksen viemärijärjestelmään ja myös kunnalliseen viemäriverkkoon. (Nordlund 2011, 12.)

2.4 Resurssit ja materiaalit

2.4.1 Kalusto

Suspensioaseman peruskokoonpanoon kuuluu korkeapainepumppu, sekoitin, välihämennin ja siilo. Työmaalle tuotava sementti säilötään siilossa, josta se annostellaan sekoittimelle ruuvikuljettimella. Kuvassa 4 on suspensioasema, jossa näkyvillä vain siilo

ja korkeapainepumppu. Muu kalusto on sijoitettu katteen alle suojaan. Lisäksi asemalla on yleensä oma polttoainesäiliö.



KUVA 4. Katettu suspensioasema. (Lemminkäinen Infra Oy, Frenckellin patotyömaa 2011.)

Sekoitin valmistaa vedestä ja sementistä heterogeenistä suspensiota noudattaen määrättyä reseptiä eli sekoitussuhdetta. Sekoittimelta suspensio johdetaan välihämmentimeen, jossa suspensio pysyy jatkuvassa liikkeessä saostumisen estämiseksi. Välihämmentimeltä suspensio johdetaan korkeapainepumpulle, jolla suspensio pumpataan poravaunulle ja saadaan tuotettua suihkuinjektioonin vaatima korkea paine. (Nordlund 2011, 13.)

Poravaunun valintaan vaikuttavat kohteessa käytettävissä oleva tila sekä koneelta vaadittava teho. Sisätiloissa kuitenkin käytetään lähes poikkeuksetta sähkökäyttöisiä poravaunuja, jotta vältetään pakokaasuilta ja pienennetään paloturvallisuusriskiä. Poravaunussa tulee olla riittävästi tehoa maaperän ominaisuuksien sekä poraussyvyuden mukaan. Kuvassa 5 on Frenckellin työmaalla Tampereella käytettyä kalustoa.



KUVA 5. Porauskalustoa. (Lemminkäinen Infra Oy, Frenckellin patotyömaa 2011.)

Suihkutuksessa syntyvää injektointilietettä varten työmaalle varataan käytettävissä olevan tilan puitteissa lietteen keruualtaita ja pumppu tai pumppuja, joilla injektointiliete johdetaan työkohteesta keruualtaisiin. Pumppuun liitetään kaksi letkua, joista toisella imetään porausyksikön läheisyydestä lietettä ja toisella johdetaan pumpattu liete keruualtaisiin.

Joillakin työmailla tilaa voi olla niin niukasti, että lietteen keruualtaan tuominen tai tekeminen työmaalle ei ole mahdollista. Tällöin työmaalle varataan säiliöautoja, jotka imevät lietteen porareian läheisyydestä suoraan autoon. Kuvassa 6 on imuauto pumpaamassa lietettä keruulavoilta. Lavat on tiivistetty polyuretaanimassalla.



KUVA 6. Lietteen keruualtaan tyhjennystä. (Lemminkäinen Infra Oy, Frenckellin pato-työmaa 2011.)

2.4.2 Materiaalit

Suihkuinjektoinnissa käytettävä seos muodostetaan tavallisesti sementistä ja vedestä. Vesi-sementtisuhteen tulee olla välillä 0,5...1,5. Sementin ja veden määrä mitataan punnitsemalla.

Suihkuinjektoinnissa käytettävän sementin tulee olla standardin SFS-EN 197-1 ja siitä Suomessa annettujen viranomais määräysten mukaista sekä CE-merkittyä. Tavallisesti käytetään yleissementtiä ja myös SR-sementtiä voidaan käyttää. Vesitiiveyttä voidaan lisätä käyttämällä lisäaineena bentoniittia. (Liikanen 2008, 23; Nordlund 2011, 14.)

Suihkuinjektoinnissa voidaan normaalisti käyttää juomakelpoista vesijohtovettä sellaisenaan (SFS-EN 12716 2008). Työssä tarvittava vesi otetaan paikallisesta vesijohtoverkosta. Asiasta sovitaan paikallisen vesilaitoksen kanssa ja vesilinjaan asennetaan vesimittari, jolla seurataan vedenkulutusta.

Käytettävä vesi kuluu pääasiassa suspension tekemiseen sekä koneiden ja laitteiden pesuun. Työnlaajuudesta riippuen vettä tarvitaan vuorokaudessa 20..50 m³. Jos työalueella tai sen läheisyydessä on jakelupiste, jonka kapasiteetti ei riitä työmaan tarpeisiin, tulisi käyttää vesisäiliötä. Säiliössä oleva vesi toimii reservinä, jolla tasataan työmaan aiheuttamia piikkejä vedenkulutuksessa. (Liikanen 2008, 17.)

2.4.3 Työryhmä

Työryhmän koko määritetään kohteessa tehtävän työn, käytettävän kaluston sekä käytävissä olevien resurssien mukaan. Työryhmään kuuluu kuitenkin vähintään porari operoimaan poravaunua ja mylläri operoimaan suspensioasemaa. Usein työssä on tarvetta ottaa mukaan työryhmään myös apumies, jonka tehtävänä on edesauttaa porarin ja mylläriin työtä.

2.5 Toteutus

2.5.1 Työturvallisuus

Suihkutustyön toteutuksessa on itse porauksen ja suihkutuksen lisäksi muitakin elementtejä, joihin pitää kiinnittää huomiota. Niitä ovat työturvallisuus, paikalleen mittaus sekä työssä syntyvän lietteen hallinta.

Suihkuinjektioinnissa noudatetaan rakennusalan yhteisten työsuojeluvaatimusten ohella laitetoimittajien käyttö- ja turvallisuusohjeita. Näiden lisäksi Lemminkäinen Infra Oy:llä on käytössä oma suihkuinjektointia koskeva yleisohje, jossa huomioidaan käytössä oleva kalusto ja suihkuinjektointityön erityispiirteet.

Suihkuinjektioinnissa laaditaan aina työmaakohtaisesti kartoitus mahdollisista työturvallisuusriskeistä. Riskikartoituksen tarkoituksena on, että voidaan perehtyä työturvallisuusriskeihin kohdekohtaisesti. Näin mahdollistetaan riskien hallinnassa käytettävät työkalut aina työkohteen mukaan.

Yleisimpiä suihkuinjektointityöhön liittyviä turvallisuusriskejä ovat:

- silmävauriot
- paineletkun rikkoontuminen
- kemikaalien aiheuttamat iho- ja limakalvovauriot
- maan nesteytymisestä aiheutuva pilarin sisään putoamisvaara.

Työmailla, joissa tehdään suihkuinjektointia, yleisimpiä työtapaturmia ovat eriaisteiset silmävauriot. Silmät suojataan silmäsuojaimilla, ja niiden käyttö on pakollista aina työmaalla liikuttaessa.

Painelinjan rikkoontuminen aiheuttaa aina vakavan vammautumisen tai loukkaantumisen riskin. Tämän vuoksi painelinja tulisi tarkistaa silmämääräisesti vähintään kerran työvuorossa. Painelinjan liitoskohdat varmistetaan ketjuilla.

Suihkuinjektoidulla pilarilla ei ole valmistuessaan minkäänlaista kantavuutta, vaan maan on täysin nesteytyneessä tilassa. Tämä tarkoittaa, esimerkiksi jos työmaalla oleva henkilö epähuomiossa vasta injektoidun pilarin päälle, hän putoaa pilarin sisään. Henkilö joutuu silloin suoraan kosketukseen voimakkaasti emäksisen sementin kanssa. Tässä korostuu työmaalla toimivien henkilöiden perehdyttäminen ja ulkopuolisten pääsyn estäminen työmaa-alueelle aidoin ja varoituskyltein.

Työmaalla tulee käyttää koko vartalon suojaavaa työvaatetusta, koska suihkutuksessa käytettävä sementtisuspensio on hyvin emäksistä. Sementti on syövyttävä kemikaali, joka ärsyttää voimakkaasti ihoa ja limakalvoja. Jos vesi-sementtiseosta joutuu iholle, tulisi se huuhdella mahdollisimman nopeasti viileällä vedellä. Työvaatteet, jotka on kas-
tunut sementtisuspensiosta, tulisi vaihtaa kuiviin ja puhtaisiin ärsytyksen välttämiseksi.

Työryhmän tulee pystyä kommunikoimaan keskenään ja työnjohdon kanssa koko työn suorittamisen ajan työturvallisuussyistä. Koska työmaalla ei välttämättä ole näköyhteyttä, käytetään kommunikointiin radiopuhelimia. Miehistöllä radiopuhelin on integroitu kuulonsuojaimiin, mutta työnjohdolle riittää kädessä kannettava malli. (Liikanen 2008, 34.)

2.5.2 Paikalleen mittaus

Pilarit tulee merkata ennen työn aloittamista siten, että ne ovat selvästi näkyviä eivätkä huuhtoudu tai peity suihkuinjektointilietteen vaikutuksesta. Standardi SFS-EN 12716 mukaan aloituskohdan sallittu poikkeama on 50 mm teoreettisesta, ellei suunnittelun laatuvaatimuksissa toisin mainita. (SFS-EN 12716 2008, 18.)

Pystysuorasta poikkeavien pilareiden astekulma tarkistetaan takymetrillä tai muulla menetelmällä, jolla voidaan luotettavasti todeta pilarin astekulma. Standardissa SFS-EN 12716 todetaan, että porauksen akselin poikkeama saa olla 20 m syvyyteen asti olla alle 2 % teoreettisesta linjasta. Suuremmissa syvyyksissä ja vaakasuorissa porauksissa tulee käyttää eri toleransseja. (SFS-EN 12716 2008, 19.)

2.5.3 Poraus ja suihkutus

Pilareiden porausjärjestys suunnitellaan etukäteen. Päämenetelmiä porausjärjestyksessä on kaksi, tuore-tuore- ja primääri-sekundääri-menetelmä. Tuore-tuore-menetelmässä pilarit injektoidaan järjestyksessä ilman, että odotetaan viereisen pilarin sitoutumista. Menetelmää voidaan käyttää, jos alueella on paljon pilareita ja kohteen läheisyydessä ei ole rakenteita, joiden painumista tulisi varoa.

Primääri-sekundääri-menetelmä tarkoittaa, että viereisen pilarin injektointia ei voida aloittaa ennen kuin tehty pilari on saavuttanut etukäteen määritetyn lujuuden. Kahden injektoidun pilarin väliin tulee jättää vähintään yksi injektoimaton pilari, jolloin pilarit saavat lujittua häiriintymättä.

Poraus määräsyvyyteen suoritetaan käyttäen vasaraa tai maaperän ominaisuuksien niin salliessa pelkkää huuhtelua. Huuhtelussa johdetaan poran kärkiosan suuttimien läpi vettä tai sementtisuspensiota matalalla paineella, jolloin maa kärjen alla juoksettuu ja porakanget saadaan painettua pelkällä pyörityksellä ilman vasaran käyttöä. Poraus ulotetaan vähintään 0,5 m:n syvyydelle kallioon. Uudella alueella tai kallion pinnan vaihtuessa jyrkästi poraus voidaan ulottaa 2-3 m kallion sisään. (Liikanen 2008, 25.)

Kun poraus on saavuttanut määräsyydyden, aloitetaan suihkutusta asentamalla teräskuula kruunun yläpuolella olevan monitorin pesään. Asennus tapahtuu pudottamalla kuula avatusta jatkoksesta maan pinnalta. Kuula ohjaa suspension suihkutussuuttimille ja estää suspension kulkeutumisen kruununkärjessä olevien suuttimien läpi. Injektointi aloitetaan määritettyjen parametrien mukaan pienellä paineella. Kun suspension paluuvirtaama todetaan normaaliksi, voidaan injektointipaine nostaa tavoitetasolle. Pilari suihkuteetaan parametrejä tarkkaillen tavoitetasoon asti. Turvallisuuksista suihkutusta tulee lopettaa kuitenkin viimeistään 0,5 m etäisyydelle maan pinnasta.

Injektoinnin aikana tulee porareistä nousevaa paluuvirtaamaa tarkkailla koko suihkutuksen ajan. Mikäli lietettä ei nouse tai massan pinta vajoaa syvemmälle reikään, tulee suihkutusta keskeyttää. Suihkuinjektointiliete kulkeutuu herkästi maaperässä oleviin tyhjiin tiloihin, ja näin ollen aiheuttaa hetkellistä pinnan vajoamista. Työnjohdon tulee aina tapauskohtaisesti arvioida saatavilla olevan tiedon perusteella vajoamisen syy. Työmaa-alueella mahdollisesti olevat viemärit tms. tekniikka tulee tarkastaa välittömästi. Liette kerääntyy viemärin pohjalle, ja sinne joutuessaan saattaa tukkia sen kokonaan. Mikäli liete pääsee alueella oleviin putkistoihin, tulee ne puhdistaa välittömästi lietteestä. Putkiston puhdistuksen onnistuminen voidaan tarkistaa kuvaamalla. Näin voidaan varmistua, että putkistoon ei jää tukoksia. (Liikanen 2008, 33.)

2.5.4 Suihkuinjektointilietteen hallinta

Suihkuinjektointia tehtäessä syntyy aina suihkuinjektointilietettä, jota kutsutaan myös paalulietteeksi. Liette on porareistä nousevaa sementtisuspensiota, johon on sekoittunut maa-ainesta. Syntyvä liete johdetaan letkupumpuilla suorituspaikalta sille varattuihin altaisiin. Kuvassa 7 näkyy suihkuinjektointilietettä lavalle kerättynä. Lavan toinen pää voidaan nostaa korkeammalle, jolloin kiintoaines kerääntyy helpommin lavan toiseen päähän. Tämä helpottaa kiintoaineen imemistä lavalta ja vähentää huuhtelutarvetta.



KUVA 7. Suihkuinjektointilietettä lavalla. (Lemminkäinen Infra Oy, Jyväskylän kaupungintalo 2010)

2.6 Laadunvarmistus

Ennen varsinaista suihkuinjektointityötä tehdään lähes jokaisessa kohteessa koepilarointi. Työn aikana mitataan esimerkiksi siirtymiä, painumia ja pohjaveden korkeutta. Siirtymä- ja painumamittaukset suoritetaan mittaussuunnitelman mukaisesti. Mittauksia tehdään tarpeen mukaan myös viereisissä rakennuksissa. (Ratu F1-0358, 2010, 5.)

2.6.1 Kaluston mittalaitteet

Suihkuinjektointiprosessia seurataan erityisesti suihkuinjektointiin tehdyllä laitteistolla, joka mittaa suihkutuksen-, nosto-, pyörimisnopeutta, virtaamia sekä muita parametreja erilaisilla antureilla ja mittareilla. Suihkuinjektointiparametrien seuraaminen suihkutuksen aikana on olennaista tulosten laadunvalvontaa varten.

2.6.2 Pilarin koko ja lujuus

Urakoitsijan tulee pystyä osoittamaan valmiin suihkuinjektoidun rakenteen läpimitta ja lujuus. Suihkuinjektoidun pilarin läpimitta on tyypillisesti 600 – 2 000 mm. Lujutta tälle rakenteelle tulee maaperänominaisuuksista, vesi-sementtisuhteesta ja sementtityypistä riippuen 1 - 20 MPa. Tarvittaessa pilari voidaan kaivaa esiin pilarin koon ja muodon toteamiseksi. Mikäli esiin kaivaminen ei ole mahdollista, voidaan tietoja hankkia poraamalla pilarista näytteitä. Näytteitä ei tule kuitenkaan porata ennen kuin, riittävä lujuus on saavutettu. (SFS-EN 12716 2008, 21-22; Finnsementti 2011.)

Tarvittaessa porausnäytteille voidaan tehdä puristuslujuuskoe rakenteen lujuuden määrittämiseksi. Koestettavien näytepalojen korkeuden suhde leveyteen tulee olla 2,0. Ellei suunnitelmissa toisin mainita, tulisi suihkuinjektoidujen rakenteiden puristuslujuus määrittää koestamalla neljä rakenteesta otettua näytettä jokaista 1000 m³ kohti. (SFS-EN 12716 2008, 22.)

2.6.3 Massan laatu

Sementtisuspension laadun tarkkailua suoritetaan standardin SFS-EN 12716 ja suunnittelijan ohjeiden mukaisesti. Standardin mukaan massalle tulee tehdä ominaispainomittaus, joka suoritetaan kahdesti työvuoron aikana. Lisäksi päivittäin tehdään viskositeetti- ja tihkumiskokeet. Tihkumiskokeessa mitataan vedenerottumista vesi-sementtimassasta pitämällä sitä kolme tuntia sylinterissä, jonka halkaisija 60 mm ja tilavuus on 1000 cm³. Tihkuvan vesikerroksen paksuus mitataan sylinterin päältä. Kuvassa 8 on viskositeetikokeessa käytettävä suppilo. (SFS-EN 12716 2008, 21; Liikanen 2008, 29.)



KUVA 8. Viskositeettikokeessa (Marsh-koe) käytettävä suppilo. (Liikanen 2008, 29)

Massan paluuvirtaamaa seurataan silmämääräisesti ja kuvaus dokumentoidaan. Ylijäämälietteelle tehdään säännöllisesti tiheysmittaus. Mikäli mittaus tulos on poikkeava tai odottamaton, saatujen tulosten syy tutkitaan. Lisäksi suihkuinjektointilietteestä otetaan säännöllisesti edustavat näytteet ja tehdään puristusko. (SFS-EN 12716 2008, 21.)

Sementtinä käytetään vain ja ainoastaan standardin SFS-EN 197-1 mukaista sementtiä ja näin ollen sementin laatua ei tarvitse erikseen tarkastaa. Massassa käytettävä vesi otetaan lähtökohtaisesti kunnallisesta vesijohtoverkosta. Sieltä otettavan veden voidaan olettaa soveltuvan sellaisenaan suspension valmistukseen.

2.6.4 Suihkutuspöytäkirjat

Suihkuinjektointityön aikana automaattinen mittalaitteisto tallentaa injektointiparametrit pilarikohtaisesti laitteiston muistiin. Nämä tiedot luetaan päivittäin ja kirjataan suihkutuspöytäkirjaan. Pöytäkirjasta ilmenee parametrien lisäksi pilarikohtaisesti toteutuspäivämäärä ja -kellonaika, odottamattomat piirteet sekä ylijäämälietettä koskevat huomautukset. (SFS-EN 12716 2008, 23.)

3 SUIHKUINJEKTOINTILIEDE

3.1 Lietteän synty

Suihkuinjektointiliete on sementtisuspension paluuvirtaamaa, johon on sekoittunut maa-ainesta. Korkealla paineella maahan johdettu sementtisuspensio ei jää kokonaan maaperään, vaan osa nousee porakankien ja maan väliin jäävän tyhjän tilan kautta takaisin maanpinnalle. Matkalla maanpinnalle siihen sekoittuu hienorakeista maa-ainesta, ja näin ollen sementtisuspensio muuttuu suihkuinjektointilietteenä.

Lietteän määrään vaikuttavat pääasiassa syrjäytetyn maamassantilavuus ja suihkutettavan pilarin halkaisija. Esimerkiksi Frenckellin patotyömaalla syntyi lietettä n. 1 m³/paalometri suihkupilarin halkaisijan ollessa 1000 mm (Jussi Kiuru). Lietteen massan osuus kasvoi yli 130 %:iin maahan suihkutetusta suspension massasta.

Lietteän noustessa maanpäälle sekoittuu lietteeseen runsaasti kaluston pesuvettä ja maa-ainesta. Kaluston pesemisen lisäksi vedellä notkistetaan letkupumpun imupään ympärillä olevaa lietettä, jonka sitoutuminen on alkanut. Lisäksi lietteän määrää voi nostaa tukkeutunut injektointireikä, joka aukaistaan huuhtelemalla. Porauksessa voidaan käyttää päältälyövää-, uppovasaraa tai pelkkää huuhtelua. Näistä kolmesta menetelmästä huuhtelumenetelmässä syntyy eniten injektointilietettä.

3.2 Ominaisuudet

Suihkuinjektointilietteen ominaisuudet riippuvat pitkälti injektoitavan maaperän ominaisuuksista. Suihkutettavan vesi-sementtiseoksen viskositeetti on melko alhainen eli hyvin juoksevaa. Viskositeetti on suure jolla kuvataan nesteen tai kaasun vastustuskykyä virtaukselle. Mitä alhaisempi viskositeetti nesteellä on, sitä juoksevampaa se on, ja mitä korkeampi se on, on se sitä jäykempää. Koheesiomaakohteissa maaperästä nouseva liete saattaa olla niin jäykkää, että sitä joudutaan ohentamaan vedellä. Koheesiomaista massaan sekoittuva hienoaines voi jäykistää massaa huomattavasti. Lietteen viskositeet-

tia voidaan pienentää lisäämällä siihen vettä, jolloin se notkistuu ja käsiteltävyys paranee. Toisaalta toimenpide lisää työmaan vedenkulutusta ja kasvattaa lietteen tilavuutta. Kitkamailla lietteen viskositeetti ei kasva siinä määrin, että sitä pitäisi notkistaa lisäämällä siihen vettä. Kitkamailla lietteeseen sekoittuu hiekkaa ja kiviä, jotka päästessään nykyisin käytettäviin pumppuihin voivat tukkia tai rikkoa pumpun.

Injektointimassan sitoutuminen alkaa melko nopeasti massan sekoituksen jälkeen, mikä vuoksi massaa ei saisi pitää hämmentimellä pitkään. Massa tulee käyttäen ennen kuin sen sitoutuminen alkaa, normaalisti aikaa on puolesta tunnista tuntiin. Massan sitoutumisen alkamiseen vaikuttaa lämpötila, sementtityyppi ja vesi-sementtisuhde. Esimerkiksi +5 °C lämpötilassa sitoutuminen alkaa myöhemmin ja on hitaampaa, kuin +25 °C:ssa. Myös korkea vesipitoisuus hidastaa sementin sitoutumista.

Suihkuinjektointilietteen sisältämä sementti on hyvin emäksistä, ja se on terveysriski päästessään kosketukseen ihon kanssa. Tämän vuoksi työmaa pidetään siistinä sementistä ja lietteen keruujärjestelmä kunnossa.

3.3 Käsittelymenetelmät

Suihkuinjektointilietteen hallintamenettelyjen tulee olla sellaisia, että ne minimoivat haitalliset ympäristövaikutukset (SFS-EN 12716 2008, 178). Suihkuinjektointilietteen voidaan antaa sitoutua työmaalla ja ajaa sitoutunut liete pois kuorma-autolla, tai se voidaan ajaa pois tuoreena imuautolla. Sitouttaminen on kustannuksiltaan halvempi, mutta toisaalta se on työlämpi. Jos liete ajetaan pois tuoreena, tulee maankaatopaikalla tai muussa loppusijoituskohteessa olla allas, jossa liete voidaan sitouttaa.

Ulkona työskenneltäessä tilaa on normaalisti enemmän kuin sisätiloissa. Silti tila tai sen puute luo haasteita lietteen hallintaan. Jäljempänä on käyty läpi perusratkaisut ulko- ja sisätiloissa suoritettavaan suihkutukseen.

Suihkuinjektointilietettä voi tulla kohteesta riippuen hyvinkin paljon. Siksi lietteenkäsittely suunnitellaan huolellisesti ja järjestelmä pidetään kunnossa. Esimerkiksi lietettä varten kaivetut ojat pidetään auki ja varmistetaan, että lietteen keruualtaan tilavuus on riittävä syntyvän lietteen määrään nähden. Kuvassa 9 on käynnissä lietteen johtamista varten kaivetun ojan huoltotoimenpiteet. Frenckellillä lietettä syntyi n. 3 - 5 m³/h.



KUVA 9. Lietteenkeruujärjestelmän huoltamista suihkutuksen aikana.

Riippumatta siitä työskennelläänkö sisällä vai ulkona, kaivetaan työkohteen välittömään läheisyyteen maahan ura, jolla ohjataan maasta nouseva suihkuinjektointiliete sitä varten kaivettuun altaaseen. Tästä altaasta suihkuinjektointiliete voidaan pumpata letkupumpulla joko lietettä varten kaivettuun isompaan varastointialtaaseen tai tiivistetylle vaihtolavalle. Altaiden koko ja määrä tulee mitoittaa siten, että suihkutusta voidaan jatkaa, vaikka kuljetuksessa tulisi katkos, esimerkiksi tapahtuisi auton hajoaminen tai sattuisi jokin muu perustavaa laatua oleva häiriö, joka keskeyttäisi hetkellisesti kuljetuksen. Kun työskennellään ahtaissa tiloissa tai lietettä syntyy muuten runsaasti, voidaan imuauto joutua pitämään koko työvuoron ajan kohteessa pumppaamassa. Mikäli varas-

tointi tilaa ei ole mahdollista järjestää työmaalle, voidaan joutua pitämään useampi imu-auto ajossa ja pumppaamaan liete kohteesta suoraan auton kyytiin.

Pumpattaessa liete työkohteesta suoraan imuauton kyytiin, tulee huomioida aikataulussa vastaanottajan aukioloajat, eli kuinka myöhään lietettä voidaan ajaa pois työmaalta. Jos työmaalla on tilaa varastointi altaalle, voi suihkutusta jatkaa vielä vastaanottajan sulke-misajan jälkeenkin. Kaikkia varastointi altaita ei kannata suihkuttaa täyteen lietettä, että aamulla voidaan heti jatkaa suihkutusta. Lietteen sitoutuminen pitää ottaa huomioon, kun lietettä varastoidaan yön yli työmaalla.

4 YMPÄRISTÖLAINSÄÄDÄNTÖ

4.1 Historiaa

Järjestäytyneen luonnonsuojelutyön voidaan katsoa alkaneen 1920-luvun byrokratisoitumisesta: ensimmäinen luonnonsuojelulaki säädettiin 1923 ja seuraavana vuonna perustettiin valtion luonnonsuojeluvalvojan virka. Ensimmäiset valtion luonnonsuojelualueet perustettiin vuonna 1938. Luonnonsuojelualue levisi myös kansalaisyhteiskuntaan: vuonna 1938 perustettiin Helsingin luonnonsuojeluyhdistys ja sen perustalta kasvoi vähitellen Suomen luonnonsuojeluliitto.

Suomen ympäristölainsäädäntöä uudistettiin 2000-luvun taitteessa Euroopan unioniin liittymisen johdosta. Tavoitteena oli yhtenäistää lainsäädäntö vastaamaan yhteisön lainsäädäntöä ja vähentää hajanaisuutta. Hallituksen esityksen pohjalta hyväksytty ympäristönsuojelulaki tuli voimaan 1.3.2000.

Suomen ympäristöhallintoon sisältyvät ympäristöministeriö, Suomen ympäristökeskus ja alueelliset ympäristökeskukset. Suomen ympäristölainsäädäntöön sisältyy muun muassa:

- vesilaki
- ilmansuojelulaki
- maankäyttö- ja rakennuslaki
- naapuruussuhdelaki
- melulaki
- ympäristövahinkolaki
- öljyvahinkolaki
- maa-aineslaki
- kaivoslaki
- ydinvastuulaki
- jätelaki
- kemikaalilaki. (Ympäristönsuojelulaki YSL 86/2000).

Kansallisen ympäristönsuojelulainsäädännön kehittäminen on vahvasti sidoksissa EU-lainsäädäntöön, jonka sisältöön maat pyrkivät vaikuttamaan.

4.2 Tilanne nyt ja tulevaisuuden näkymät

Ympäristönsuojelulain eri pykäläitä on päivitetty lähes vuosittain sen laatimisen jälkeen. Viimeisimpänä muutoksena on 1.5.2012 voimaan astuva muutos ympäristönsuojelulain 12§ eräät toiminnot. Päivittäminen on lähinnä tekstin ja sanamuotojen tarkennusta sekä viilausta. Toisinaan katsotaan tarpeelliseksi isommat muutokset lainsäädäntöön, jolloin laaditaan kokonaisia lakeja, ja samalla kumotaan edellinen voimassa oleva laki.

Kuten aikaisemmin mainittiin, ympäristölainsäädäntökin vaatii jatkuvaa tarkastelua ja päivittämistä, jotta se vastaisi aikakauden asettamiin haasteisiin. Tulevaisuuden lainsäädäntöön on hankala ottaa kantaa, mutta trendi on ollut kiristynyt ja todennäköisesti jatkuu sellaisenaan. Tarkennukset ja päivitykset tapahtuvat pikkuhiljaa, ja maanrakennusala-la toimivien tuleekin pitää itsensä ajan tasalla.

5 LIETTEEN VASTAANOTTO JA LOPPUSIJOITUS

5.1 Yleistä

Jätteenkäsittelylaitokselle kuljetettavan lietteen täytettävä kaatopaikkakelpoisuusvaatimukset. Mikäli liete on niin pilaantunutta, tai jostain muusta syystä se ei täytä näitä vaatimuksia, rakennuttaja kuljettaa liete sellaiseen paikkaan, jossa sitä voidaan käsitellä. Tähän työhön otettiin tarkasteluun jätteenkäsittelylaitokset Tarastenjärvi (Tampere) ja Ämmässuo (Helsinki).

Molemmat laitokset ovat lopettamassa lietteen vastaanottamisen nestemäisessä muodossa. Tarastenjärvellä vastaanotto loppuu, kun maisemointityöt etenevät suljetun penkan päälle ja tiivisrakenteet ovat tehtynä. Tarkempaa aikataulua työn etenemisestä ei osattu kertoa. Ämmässuolla puolestaan lietteen vastaanotto loppuu 1-2 vuoden kuluessa.

Sitoutunutta betonijätettä vastaanottaa jätteenkäsittelylaitosten lisäksi esimerkiksi Rudus Oy, Toivonen yhtiöt Oy ja J.Syrjänen Oy. Nämä yritykset ottavat vastaan vain hyödynnäiskelpoista jätettä. Rudus Oy toimii ympäri Suomea, Toivonen yhtiöt Oy toimii Pirkanmaan alueella sekä pääkaupunkiseudulla Juvanmalmin siirtokuormausasemilla ympäristölupien ehtojen mukaisesti ja J.Syrjänen toimii Forssan alueella.

5.2 Lietteiden vastaanotto

Haastatteluiden perusteella liete on hankala tuote, josta ei oikein välitetä. Vaikka valtioneuvoston päätös kieltää nestemäisen jätteen vastaanottamisen, voi molemmille laitoksille lietteen kuljettaa toistaiseksi nestemäisenä. Tämä vaatii paikalliselta ELY-keskukselta erikoisluvan sen vastaanottamiseen, ja tämä lupa on työmaakohtainen. Haastatteluiden perusteella vastaanottaminen loppuisi joillakin kunnallisilla jätteenkäsittelylaitoksilla kokonaan. Tämän vuoksi suihkuinjektointilietteiden käsittelylle ja loppusijoitukselle tulisi kehittää uusia toimintamalleja.

Frenckellin patotyömaalla todettiin maaperä lievästi pilaantuneeksi. Tästä huolimatta liete täytti sitoutuneena kaatopaikkakelpoisuusvaatimukset ja ELY-keskus myönsi Tarastenjärvelle luvan vastaanottaa lietettä. Jätteenkäsittelylaitoksille vietävät pilaantuneen maan lietteet, jotka täyttävät kaatopaikkakelpoisuusvaatimukset, sitoutetaan ja peitetään jätepenkereeseen.

Molemmat laitokset ottaisivat lietteen mieluummin valmiiksi sitoutettuna, jolloin heidän ei tarvitsisi hakea erityislupia ja se helpottaisi heidän käsittelytoimenpiteitään. Ämmäsuolla ehdotettiin, että liete kuljetettaisiin tulevaisuudessa suoraan betonijätettä kierrätäville tahoille (esimerkiksi Rudus Oy). Kierrätettävän lietteen on oltava puhdasta, esimerkiksi Rudus ei ota lainkaan vastaan pilaantuneita betonijätteitä.

5.3 Lietteiden loppusijoitus nyt

Lietteiden loppusijoitus riippuu pitkälti sen ominaisuuksista ja työmaan sijainnista. Kaatopaikat ovat jonkin verran hyödyntäneet kaatopaikkakunnostus ja -rakennustöissä sitoutunutta lietettä. Lietteet, joita ei pystytä hyödyntämään, ajetaan asianmukaiselle loppusijoitusalueelle ja penkataan. Ympäristönsuojelulain mukaan jätettä tai muuta ainetta ei saa jättää tai päästää maaperään siten, että seurauksena on sellainen maaperän laadun huononeminen, josta voi aiheutua vaaraa tai haittaa terveydelle, ympäristölle tai viihtyvyydelle.

VTT on tehnyt vuonna 2000 Lemminkäinen Oy:n tilauksesta tutkimuksen suihkuinjektointilietteiden maankaatopaikkakelpoisuudesta ja arvioinnin sen hyötykäyttömahdollisuuksista. Tutkimuksessa otettiin näytteitä kahdelta Lemminkäisen työmaalta. Toinen työmaa sijaitsi Helsingissä ja toinen Turussa.

Tutkimuksen mukaan suihkuinjektointiliete voidaan sijoittaa tavanomaisen jätteen kaatopaikalle. Sitoutunutta lietettä käsitellään betonijätteenä, ja sen hyötykäyttöä ohjaa muun muassa jäteverolaki ja MARA-asetus 591/2006. Jotta betonijäte voidaan ottaa hyötykäyttöön, tulee se murskata alle 150 mm:n raekokoon. Tutkimuksen mukaan lietettä voidaan käyttää kaatopaikkarakentamiseen penkereissä ja välikerroksissa, mikäli ne eivät joudu pakkaselle alttiiksi. Tutkittuja maasementtilietteitä vastaavat muiden kohteiden lietteet voidaan myös sijoittaa tavanomaisen jätteen kaatopaikalle tai käyttää kaatopaikkarakentamiseen. Päätöksen kaatopaikkakelpoisuudesta tekee kuitenkin aina kaa-

topaikasta vastaava taho. (VTT Suihkupaalutusmenetelmällä syntyvän maasegmenttilietteen kaatopaikkakelpoisuuden ja hyötykäyttömahdollisuuden arviointi 2000, 8.)

Tutkimuksessa todetaan, että suihkuinjektointiliete ei sellaisenaan sovellu runkomateriaaliksi kantavissa rakenteissa. Rajoittavina tekijöinä ovat lietteiden heikohko lujuudenkehitys, suuri huokoisuus, voimakas kutistuma, pakkasenkestämättömyys ja routivuus. Tutkimuksessa tutkittujen ominaisuuksien perusteella suihkuinjektointilietettä voidaan käyttää paikallisesti täytemateriaalina mm. kaivantojen täytöissä ja yleensä rakenteissa, joilta ei vaadita suurta kantavuutta ja joille sallitaan muodonmuutoksia. Tällöin ominaisuuksilta vaaditaan lähinnä kuormituskestävyyttä ja sulamisaikana lujuutta sekä keveyttä. (VTT Suihkupaalutusmenetelmällä syntyvän maasegmenttilietteen kaatopaikkakelpoisuuden ja hyötykäyttömahdollisuuden arviointi 2000, 8.)

Suihkuinjektoinnissa käytettävä sementtisuspensio ei itse aiheuta maanpilaantumista. Mikäli injektoitava maaperä on luokiteltu pilaantuneeksi, niin syntyvä suihkuinjektointiliete tulee käsitellä PIMA-asetuksen 214/2007 mukaisesti.

5.4 Pohdintaa lietteen loppusijoittamisesta tulevaisuudessa

Puhtaasta maasta nousevaa lietettä voitaneen käyttää tulevaisuudessakin hyödyksi sitoutettuna ja murskattuna. Todennäköisesti suihkuinjektointilietteen ja yleensäkin betonin kierrätys lisääntyy kiviaineksen hupenemisen johdosta. MARA-asetus 591/2006 antaa asetuksen 1. liitteessä mahdollisuuden käyttää eräitä jätteitä seuraavissa maanrakennus kohteissa:

- yleiset tiet, kadut, pyörätiet ja jalkakäytävät sekä niihin välittömästi liittyvät, tienpitoa tai liikennettä varten tarpeelliset alueet, pois lukien meluesteet
- pysäköintialueet
- urheilukentät sekä virkistys- ja urheilualueiden reitit
- ratapihat sekä teollisuus-, jätteenkäsittely- ja lentoliikenteen alueiden varastointikentät ja tiet. (Ympäristökeskus, 2012.)

Sitoutunutta lietettä voidaan käyttää tulevaisuudessakin kohteissa joissa ei vaadita hyvää kantavuutta tai pakkasenkestävyyttä, kuten esimerkiksi kaatopaikkojen penkereet,

parkkialueet ja kaivantojen täytöt. Ympäristölainsäädännön tulisi kannustaa kierrätyskelpoisen jätteen hyötykäyttöä nykyistä enemmän.

Tulevaisuudessa lietteen käsittely ahtailla työmailla hankaloitunee entisestään. Jos työmaalla ei voida sitouttaa lietettä, voitaisiin harkita lietteen sitouttamista varten perustettavaa aluetta. Sinne tuotaisiin lähialueelta esimerkiksi Lemminkäisen kaikki tuottama liete. Sitouttamisen jälkeen liete voitaisiin ajaa tarkoituksen mukaiseen paikkaan jalostettavaksi hyötykäyttöön.

6 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää ja kuvata suihkuinjektointilietteen käsittely- ja hallintamenetelmiä ja ongelmia, joita esiintyy työmaalla sekä käsittely- ja loppusijoituspaikassa. Selvitin myös, kuinka maan pilaantuminen vaikuttaa lietteen käsittelyyn ja loppusijoitukseen. Lisäksi syvennyin ympäristönlainsäädäntöön ja pohdin, kuinka tulevaisuudessa lainsäädäntö vaikuttaa lietteen käsittelyyn ja loppusijoitukseen.

Suihkuinjektointityö vaatii monen tahon yhteistyötä, jotta toteuttaminen on mahdollista. Työssä keskityttiin lietteen hallintaan ja käsittelyyn, joka on vain yksi osa suihkuinjektointiprosessia. Lietteiden hallinta vaatii etenkin rakennetussa ympäristössä hyvää suunnittelua onnistuakseen. Työmaa-alueet ovat yleensä suhteellisen pieniä, eikä tilaa lietteen käsittelylle juuri ole. Tilanne voi olla myös sellainen, että työmaalla ei ole tilaa lietteen käsittelylle ollenkaan, jolloin käsittelykustannukset nousevat oleellisesti. Esimerkiksi vilkkaasti liikennöidyn kadun varrella sijaitsevan liikehuoneiston kellarissa suoritettava suihkutusta vaatii kokemusta ja näkemystä suihkutustyön suorittamisesta.

Tavanomaisen jätteen käsittelylaitokset lopettavat vähitellen nestemäisen lietteen vastaanottamisen. Tämä johtaa siihen, että liete tulee sitouttaa ennen kaatopaikalle viemistä, mikä aiheuttaa lisää työvaiheita ja välivarastointia. Välivarastointi-alue voidaan joutua perustamaan kauaksi työmaasta, mistä aiheutuu kuljetuskustannuksia. Välivarasto sitoo lisäksi ainakin ajoittain resursseja lietteen käsittelyyn välivarastossa. Nestemäisen lietteen vastaanottamisen loppuminen voi johtaa myös uudenlaiseen liiketoimintaan. Yritys voisi ottaa vastaan hyödyntämiskelpoista lietettä ja sitouttaa sen itse ennen jatkojalostusta, jolloin urakoitsijan ei tarvitsisi hankkia omaa aluetta välivarastoinnille. Näin suihkuinjektointiurakoitsijan toimet ja kustannukset eivät lisääntyisi niin paljon nykyisestä. Tällaisen liiketoiminnan aloittaminen vaatii perehtymistä ympäristönlainsäädäntöön ja tulisi tutkia, että onko sellaisen toiminnan aloittaminen taloudellisesti järkevää.

LÄHDELUETTELO

Finnsementti Oy, www.finnsementti.fi, luettu 27.12.2011.

Hayward baker Inc., www.hawardbaker.com, luettu 2.2.2012.

Henkilöhaastattelu: Jussi Kiuru, Lemminkäinen Infra Oy, 20.11.2011.

Liikanen T, 2008, Suihkuinjektioinnin työsuunnittelu, opinnäytetyö.

Nordlund T, 2011, Suihkuinjektioinnin tuottavuuden kehittäminen, opinnäytetyö.

Puhelinhaastattelu: Elina Tiira, Tarastenjärven jätteenkäsittelylaitos, Tampere, 23.4.2012.

Puhelinhaastattelu: Jorma Kaunismäki, Ämmässuon jätteenkäsittelylaitos, Helsinki, 24.4.2012.

Puhelinhaastattelu: Jussi Kiuru, Lemminkäinen Infra Oy, 2.5.2012.

Rakennustieto, Ratu F1-0358, 2010, Suihkuinjektointi. Menetelmät.

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

Sähköpostihaastattelu: Elina Tiira, Tarastenjärven jätteenkäsittelylaitos, Tampere 23.4.2012.

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007.

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 591/2006.

Verohallinto, www.vero.fi, luettu 1.4.2012.

VTT, Suihkupaalutusmenetelmällä syntyvän maasementtilietteen kaatopaikkakelpoisuuden ja hyötykäyttömahdollisuuden arviointi, 2000.

Ympäristökeskus, www.ymparisto.fi, luettu 3.5.2012.

Ympäristönsuojelulaki (YSL 86/2000).

LIITTEET

Liite 1: Tutkimushaastattelu suihkuinjektointilietteen käsittelystä, haastattelurunko.

Nämä kysymykset ovat tutkimushaastattelun runkona koskien suihkuinjektointilietteen hallintaa, käsittelyä ja sen tulevaisuutta.

1. Mitä lupia ja toimenpiteitä suihkuinjektointilietteen vastaanottajan tulee tehdä, ennen kuin vastaanotto on luvallista?
2. Kuinka maan pilaantuneisuus vaikuttaa lietteen käsittelyyn jätteenkäsittelylaitoksessa?
3. Kuinka jätteenkäsittelylaitokset hyödyntävät lietettä, jos sitä voidaan hyödyntää?
4. Mitä suihkuinjektointilietteen vastaanottaminen tulevaisuudessa vaatii urakoitsijalta?
5. Ajatuksia lietteen käsittelyn tulevaisuudesta.