

Louhintatöiden työaikamenekit ja vaikuttimet



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeen ammattikorkeakoulu, Rakennusmestari

Kevät, 2017

Henri Heikkilä

Rakennusmestari
Visamäki

Tekijä	Henri Heikkilä	Vuosi 2017
Työn nimi	Louhinta työaikamenekit ja vaikuttimet	
Työn ohjaaja	Jari Mustonen	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä kallioteknisten työvaiheiden työaikamenekkeihin ja -vaikuttimiin. Opinnäytetyön toimeksiantajana on Jokioisten Maanrakennus Oy, joka teettää nämä työvaiheet aliurakointina. Työn tarkoituksena on selvittää kallioteknisten työvaiheiden toteuttajien aikataulumenekit ja tähän liittyvät vaikuttimet ja laatia näistä taulukko, jolla voidaan varioida eri työympäristöjä.

Teoriaosassa käsitellään kalliotekniset työvaiheet ja mitkä näihin työvaiheisiin vaikuttavat. Työssä pyritään selvittämään näiden ajallinen vaikutus varsinaisen työvaiheen työaikaan. Työaikamenekit ja vaikuttimet esitellään Jokioisten Maanrakennus Oy:lle.

Tutkimustyö suoritetaan urakoitsijoiden kanssa järjestetyin fyysisin haastatteluin. Haastateltavina on aliurakoitsijayritysten johtoa ja työnjohtoa. Tutkimustyöhön käytetään myös aiheeseen liittyvää tietokirjallisuutta. Tutkimustyön tuloksina saadaan eri työvaiheiden työaikamenekkien erot eri yritysten suorittamana ja kuinka näissä yrityksissä huomioivat työhön vaikuttavat haitat ja erilaiset työympäristöt.

Työn tuloksena selvisi, että tietokirjallisuudesta saaduilla työaikamenekeillä ja työaikamenekkiin vaikuttavilla vaikuttamilla töitä suunnitellaan ollaan niin sanotusti ”varman puolella”. Suurin ongelma työn toteutuksessa oli tieteellisen tietokirjallisuuden niukkuus sekä olemassa olevien materiaalien työaikatietouden puuttuminen. Työn lopputuotoksena syntyi Excel-pohjainen taulukko, jolla voidaan luoda työmenetelmille eri vaikutin- ja työryhmävariaatioita.

Avainsanat Työaikamenekki, työaikamenekin vaikutin, kallion puhdistus, louhinta, kallion lujitus ja tiivistys.
Sivut 40 sivua, joista liitteitä 6 sivua

Degree Programme in Construction Management
Visamäki

Author	Henri Heikkilä	Year 2017
Subject	Factors affecting blasting and rock cutting	
Supervisors	Jari Mustonen	

ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's thesis was to examine different aspects of blasting and rock cutting in earthworks. In earthworks there are many factors which affect the total time spent on an earthworks site. The aim was to collect data on rock cutting and the differences that directly have an effect on the time spent on the site. The thesis was commissioned by Jokioisten Maanrakennus Oy. The company uses subcontractors to do rock cutting.

The thesis discusses the various phases of rock cutting and factors that have an effect on these phases. Data was collected by interviewing the managers and supervisors of several subcontractors and by examining existing publications in the field.

As a result of the thesis an Excel spread sheet was produced containing the differences of time spent on rock cutting when completed by different subcontractor companies. It also includes the drawbacks and various working environments taken into account by these subcontracting companies. The spread sheet also facilitates daily planning of blasting and rock cutting on the sites and its variations.

Keywords rock cutting, earthworks, rock cleaning, blasting.
Pages 40 pages including appendices 6 pages

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Tausta.....	1
1.2	Tavoitteet.....	1
1.3	Toteuttajat.....	1
1.3.1	Jokioisten Maanrakennus Oy.....	1
1.3.2	Henri Heikkilä.....	1
2	NYKYTILASELVITYS.....	2
2.1	Tieteellinen kirjallisuus.....	2
2.2	Rakennustieto Ratu- ja RT- Kortisto.....	2
2.3	Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL.....	2
2.4	Jokioisten Maanrakennus Oy: n käytännöt.....	2
2.4.1	Kallion puhdistus.....	2
2.4.2	Louhinta.....	3
2.4.3	Kallion lujitukset ja tiivistykset.....	3
3	LOUHINTATÖIDEN TYÖMENEKKITUTKIMUKSEN SUUNNITELMA.....	4
3.1	Menetelmät ja niiden esittely.....	4
3.1.1	Kalliopinnan puhdistus louhintakentän kohdalta.....	4
3.1.2	Kalliopinnan puhdistus rakenteen liittymiskohdasta.....	4
3.1.3	Kalliopinnan puhdistus näkyvään jäävälle kallionosalle.....	4
3.1.4	Louhinta räjähdelainemenetelmällä.....	5
3.1.5	Louhinta raskaita hydraulisia iskukoneita käyttäen.....	6
3.1.6	Louhinta hydraulisella kivenhalkaisulaitteella eli kiilaamalla.....	8
3.1.7	Louhinta etanadynamiittia eli paisuvaa sementtiä käyttäen.....	8
3.1.8	Louhinta mekaanisella jyrshintä menetelmällä.....	9
3.1.9	Kallionlujitus pulttaamalla.....	9
3.1.10	Kallioinjektointi.....	10
3.2	Työmenetelmien työaikaan vaikuttavat vaikuttimet.....	14
3.2.1	Kalliopinnan puhdistuksesta syntyvä melu.....	15
3.2.2	Kalliopinnan puhdistuksesta syntyvä pöly.....	15
3.2.3	Kalliopinnan puhdistuksessa esiintyvä rikkonainen kallio, ”kopot” eli irtolohkareet.....	15
3.2.4	Louhintatyömaiden ympäristö.....	15
3.2.5	Louhintatyöstä syntyvät tärinät.....	16
3.2.6	Louhintatyöstä syntyvät ilma-aallon paine.....	16
3.2.7	Louhintatyöstä syntyvät kivenheitto ja sinkoutuminen.....	16
3.2.8	Louhintatöiden vaatimat katselukset.....	16
3.2.9	Louhintatyömaiden kallionlaatu.....	17
3.2.10	Kallion lujitus- ja tiivistystyön vaatima poraus.....	17
3.2.11	Lujitettavan tai tiivistettävän kallion horisontaalinen halkeama eli ”lusta”.....	17
3.2.12	Lujitettavan tai tiivistettävän kallion rikkonainen kallionpinta.....	17
3.3	Haastattelut.....	18

3.3.1	Räjätys Kaksikko Oy	18
3.3.2	Suomen Rakennevahvistus Oy	18
3.4	Tavoite	18
4	LOUHINTATÖIDEN TYÖAIKAMENEKKISELVITYKSEN TULOKSET	19
4.1	Työaikamenekit	19
4.1.1	Kalliopinnan puhdistus	19
4.1.2	Louhinta räjähdaineella	19
4.1.3	Louhinta raskailla hydraulisilla iskukoneilla	20
4.1.4	Louhinta mekaanisella jysintä menetelmällä.....	20
4.1.5	Louhinta hydraulisella kiilalla ja paisuvalla sementillä.....	20
4.1.6	Kallion lujitus	20
4.2	Haastattelupohjaiset työaikamenekit	20
4.2.1	Louhinta	21
4.2.2	Kallion lujitus ja tiivistys.....	22
4.3	Työaikamenekkien vaikuttimet	22
4.3.1	Kalliopinnan puhdistus	22
4.3.2	Louhinta	22
4.3.3	Kallion lujitus ja tiivistys.....	23
4.4	Haastattelussa esiin tulleet vaikuttimet.....	23
4.4.1	Louhinta	24
4.4.2	Kallion lujitus ja tiivistys.....	25
4.5	Taulukko	26
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	27
5.1	Vaikuttimien vaikutukset työaikamenekkiin	27
5.2	Työaikamenekin yhdenvertaisuus.....	27
5.3	Taulukon toimivuus	27
5.4	Työstä saadut hyödyt Jokioisten Maanrakennus Oy:lle.....	28
	LÄHTEET	29
	HAASTATTELU	29

Liitteet

Liite 1	Suomen Rakennevahvistus Oy:n haastattelukysymykset
Liite 2	Räjätys Kaksikko Oy:n haastattelukysymykset
Liite 3	Laskentataulukko kalliopinnan puhdistus ”rusnaus” välilehti
Liite 4	Laskentataulukko louhinta välilehti
Liite 5	Laskentataulukko lujitus välilehti
Liite 6	Laskentataulukko resurssit välilehti

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Opinnäytetyön tarve syntyi omassa työssä muodostuneille vaikeuksille. Yrityksen sisäisessä tiedustelussa muillakin työnjohdossa työskentelevillä on samoja hankaluuksia. Yrityksellä oli toinenkin aihe minulle, mutta valitsin tämän aiheekseni, koska kalliotekniikka kiinnostaa itseäni kokonaisuudessa. Lisäksi itselläni oli halu selvittää tätä asiaa ja tehdä yksinkertainen ohje tästä yritykselle.

1.2 Tavoitteet

Tavoitteena oli tehdä työmaakäyttöön yksinkertainen ohjearvolista, josta yrityksen työnjohto voi tarvittaessa katsoa työmenetelmäkohtaisia työaikamenekkejä. Lisäksi tavoitteena on lisätä yrityksen työnjohdon tietotasa kallioteknisten työvaiheiden työaikamenekkiin vaikuttavista vaikuttimista.

1.3 Toteuttajat

1.3.1 Jokioisten Maanrakennus Oy

Työn toimeksiantaja Jokioisten Maanrakennus Oy on keskisuuri maanrakennuspalveluja tarjoava yritys. Yrityksen liikevaihto on liikkunut 15 ja 20 miljoonan euron välissä. Yritys työllistää 50 henkilöä joista 20 on toimihenkilöitä. Yrityksen ulkopuolista työvoimaa yritys työllistää keskimäärin 80 henkilöä vuodessa. Yrityksen suurimpia työntilajia ovat: SRV Rakennus Oy, Fira Oy, Lemminkäinen Oy, Rakennuttajatoimisto HTJ Oy, Aalto yliopistot ja HUS kiinteistöt Oy. Jokioisten Maanrakennus Oy tekee kattavasti infra-alan töitä jotka sisältävät työnjohtamisen ja konkreettisen työn teon omana työnä tai aliurakoitsijoiden avulla.

1.3.2 Henri Heikkilä

Olen työskennellyt alalla ja Jokioisten Maanrakennus Oy:ssä vuodesta 2003 alkaen aputoita ja lapiomiehen töitä tehden. Vuonna 2011 aloitin työhön osallistuvan työnjohtajan työt yrityksessä. Viime vuosina varsinaisen fyysisentyön osuus työni kokonaisuudesta on jäänyt hyvin pieneksi, koska vastuu työnjohdosta ja työmaan taloudellisesta vastuusta on lisääntynyt, kuten myös samanaikaisesti hoidettavien työmaiden määrä.

2 NYKYTILASELVITYS

2.1 Tieteellinen kirjallisuus

Tieteellistä kirjallisuutta aiheesta on hyvin niukasti saatavilla. Tietotarjonnaltaan varmasti kattavin on R. Vuolion ja T. Halosen tekemä Räjätystyöt.

2.2 Rakennustieto Ratu- ja RT- Kortisto

Rakennustiedon materiaalit olivat suurin lähde työmenetelmien, työaikamenekkien ja työaikamenekkien vaikuttimien tietolähteenä. Rakennustiedon materiaalista saatu tieto oli suurin tiedonlähde työaikamenekki tietoihin ja työaikamenekkiin vaikuttavien vaikuttimien vaikutuksesta työaikamenekkiin. Lisäksi korteissa on selitetty tarkkaan jokainen työmenetelmä

2.3 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL

RIL -kirjallisuutta löytyy myös aiheesta jonkin verran. Käytin myös työssäni RIL 266-2014 Kalliopultitusohje. Suomen Rakennusinsinöörien Liiton kirjallisuus on suurimmaksi osaksi työmenetelmien työskentelyn ja laadun ohjeistamista, se ei ota kantaa juurikaan työmenetelmien työaika puoleen.

2.4 Jokioisten Maanrakennus Oy: n käytännöt

Jokioisten Maanrakennus Oy tekee kalliotekniset työvaiheet pääsääntöisesti aliurakointina, joihin kuuluu myös työnjohtotyöt. Yrityksen työnjohto on mukana työnohjauksessa ja jonkin verran myös suunnittelussa. Pääsääntöisesti suurin osa kallioteknisten työmenetelmien tekemisestä ja tietoudesta tulee aliurakoitsijan työnjohdolta.

2.4.1 Kallion puhdistus

Jokioisten Maanrakennus Oy tekee kallion puhdistuksen pääsääntöisesti omalla tai aliurakoitsijan kalustolla. Kallion puhdistus työvaiheena aloitetaan kaivinkone puhdistuksella, jolla puhdistetaan suurin osa irtonaisesta kiviaineksesta kallion pinnalta. Kaivinkoneen routapiikillä tai iskuvasaralla ”rammerilla” irrotetaan myös mahdolliset ”kopot” eli irtonaiset kallion lohkarit. Konepuhdistuksen jälkeen tehdään tarvittaessa eli pääsääntöisesti kallionvaraisten rakenteiden kohdalle käsin puhdistus. Käsipuhdistuksessa kallionpinta puhdistetaan täysin puhtaaksi irtonaisesta aineksesta. Tässä apuvälineinä käytetään paineilmaa, paineellista vettä, rusnauskankia ja lapioita.

Kallion puhdistukseen yritys laskee jälkilaskennan pohjalta työaikamene-kin ja vertaa sitä Rakennustiedon työaikamenekkiin. Yrityksen johto päät-tää kohde kohtaisesti työaikamenekin, jolla tarjous tai kustannusarvio annetaan.

2.4.2 Louhinta

Louhintatyöt Jokioisten Maanrakennus Oy teettää alihankintana. Yrityk-sellä on kolme louhinta-alan yritystä, jotka tekevät valtaosan Jokioisten Maanrakennus Oy:ltä tehdyistä louhintatyö tilauksista.

Jokioisten Maanrakennus Oy hoitaa louhintatöiden työnjohdon aliura-koitsijan työnjohdon kanssa yhdessä. Jokioisten Maanrakennus Oy:ltä puuttuu louhintatöiden osittain tekninen tietämys.

Yritys pyytää laskentavaiheessa ennakkotarjouksen louhintatyöstä aliura-koitsijoilta ja neuvotteluvaiheessa käydään töiden aikataulut ja aikatau-luun vaikuttavat vaikuttimet läpi. Tässä vaiheessa aliurakoitsijan työnjoh-dolla on suuri merkitys ja vastuu, koska Jokioisten Maanrakennus Oy:llä ei ole tämän alan vankkaa ammattitietoutta.

2.4.3 Kallion lujitukset ja tiivistykset

Kallion lujitus- ja tiivistystyöt Jokioisten Maanrakennus Oy teettää alihan-kintana. Yrityksellä on yksi lujitusalan yritys, joka tekee valtaosan Jokiois-ten Maanrakennus Oy:ltä tehdyistä lujitus- ja tiivistystyö tilauksista. Yritys tekee pieniä lujitus töitä myös omana työnä.

Jokioisten Maanrakennus Oy hoitaa lujitus- ja tiivistystyön työnjohdon pääasiassa itse ja käyttää aliurakoitsijan työnjohtoa tarvittaessa lähinnä tiedon lähteenä.

Yritys pyytää laskentavaiheessa ennakkotarjouksen lujitus- ja tiivistys-työstä aliurakoitsijoilta ja neuvottelu vaiheessa käydään töiden aikataulu-tus ja aikatauluun vaikuttavat vaikuttimet läpi.

Tässä vaiheessa aliurakoitsijan työnjohdolla on suuri merkitys ja vastuu, koska Jokioisten Maanrakennus Oy:llä ei ole tämän alan vankkaa amat-titietoutta.

3 LOUHINTATÖIDEN TYÖMENEKKITUTKIMUKSEN SUUNNITELMA

3.1 Menetelmät ja niiden esittely

Tässä työssä käsittelen kolmea pääkohtaa kallioteknisistä työvaiheista: kalliopinnan puhdistusta, louhintaa sekä kallion lujitus- ja tiivistystyötä. Esittelen jokaisesta rakennusvaiheesta Jokioisten Maanrakennus Oy:n yleisimmin käyttämät menetelmät.

3.1.1 Kalliopinnan puhdistus louhintakentän kohdalta

Porauspinnan puhdistukseen riittää yleisesti koneellinen kalliopinnan puhdistus. Useimmiten louhintakohteen kallion päällä on maakerroksia. Pääsääntöisesti isommissa louhintakohteissa aikataulullisista syistä toimitaan niin, että maakerrokset kaivetaan ”massakoneella” eli isokokoisella kaivinkoneella pois ja heti kun mahdollista perään laitetaan hieman pienempi ja ketterämpi kaivinkone puhdistamaan kalliopintaporausta varten. Pienemmissä työkohteissa sama kone hoitaa maankaivuun ja kalliopinnan puhdistuksen eli rusnauksen.

3.1.2 Kallionpinnan puhdistus rakenteen liittymiskohdasta

Kallionvaraisissa rakenteiden liittymiskohdan puhdistuksessa ”koulukuntia” on yhtä monta kuin tekijöitä. Päämäärä ja vaatimustaso on kuitenkin kaikilla sama, liitoskohdan tulee olla täysin puhdas. Yleisesti puhdistus aloitetaan koneellisesti kauhaa ja routakoukkua käyttämällä, tämän jälkeen yleensä porataan ja juotetaan mahdolliset kalliotartunnat. Kun tartuntalaasti on kovettunut, aloitetaan kallion puhdistus käsin käyttäen tähän lapiota ja rusnauskankea. Kallionpinta viimeistellään paineilmalla tai paineellisella vedellä.

3.1.3 Kalliopinnan puhdistus näkyvään jäävälle kallionosalle

Jäävän kalliopinnan puhdistusta tehdään myös kahdella eri laadullisella lopputulos tavoitteella. Pelkkää koneellista ”rusnausta” käytetään yleisesti tieleikkauksissa ja rakennusten seinänvierusleikkauksissa. Maanalaisissa louhintakohteissa käytetään usein koneellista puhdistusta ja tämän jälkeen käsintehtyä kalliopinnana puhdistusta.

3.1.4 Louhinta räjähdelainemenetelmällä

Räjähdelaie louhintaa voidaan tehdä pengelouhintana, vedenalaisena louhintana, maanalaisena louhintana ja tarkkuuslouhintana. Kohteesta ja tavasta riippuen räjähdelaie ja sen määrä vaihtelee samoin kun räjähdelaieen sytytystapa.

Pengerlouhintana tehty louhintatyö on yleisin työmenetelmä rakennuskohteissa. Kentät porataan pääsääntöisesti pystysuunnasta jonkin verran kallistettuina reikinä. Kentissä on yksi tai useampi rivi reikiä.

Kenttien panoslaskennan teoreettiset perusteet ovat peräisin käytännön kokemuksista saatua tietoutta. Ennakkoon määritetyn kalliotilaavuuden irrottamiseen tarvitaan tietty määrä tietyn voimakkuuden omaavaa räjähdelaieetta. Tästä käytetään yleisesti sanontaa ominaispanostus (kg/m^3). Räjähdysaineena käytetään yleisesti dynamiittia tai Anfoa. Aina räjähdelaie louhintatyötä suunniteltaessa pitää muistaa, ettei kallionlaatu ja sen kivilajilaatu ole vakio. Tästä johtuen optimi ominaispanostuksen arvo ei ole myöskään vakio. Louhintatyön suunnittelun lähtöarvoina voidaan käyttää Räjätystyöt kirjan taulukon arvoja Taulukko 1. (Vuolio & Halonen 2012, 125.)

Taulukko 1. Avolouhintaräjätysten ominaispanostus ja – poraus. (Vuolio & Halonen 2012, 141.)

Avolouhintaräjätysryhmittely	Ominaispanostus kg/m^3	Ominaisporaus pm/m
Tavanomainen pengelouhintana	0,3 - 0,6	0,1 - 0,7
Tasauslouhintana	0,5 - 0,8	0,7 - 5,0
Kanaalinlouhintana	0,7 - 2,0	0,7 - 4,0

Vedenalaisessa louhinnassa yleisimmin käytetty louhintatapa on poraamalla ja räjähdelaieella räjäyttäminen. Vedenalainen louhintana eroaa niin suunnittelussa kuin toteutuksessa perinteisestä maalla tehtävästä pengelouhinnasta. Poraus, panostus ja louheen kaivu tehdään pääasiassa lautoilla (kuva 1), mutta pienemmissä ja tarkemmissä louhinnoissa myös sukeltajan käyttäminen on yleistä. Tässä louhintamenetelmässä on todella tärkeää onnistua ensimmäisellä yrityksellä, koska rikkojen ja kynsien poraaminen veden alla on erittäin haastavaa, aikaa vievää ja näin ollen kallista. Tästä johtuen vedenalaisessa louhinnassa teoreettisen pohjatasen alapuolelle ulottuva ohiporaus on huomattavasti suurempi kuin tavallisessa pengelouhintana menetelmässä. Yleinen käytäntö on, että ohiporaus on vähintään kaksinkertainen verrattuna tavallisen pengelouhinnan ohiporaukseen. Ominaispanostus on tässä menetelmässä niin suuri, ettei yhden reiän tai reikärivin räjähtämättä jääminen vaaranna louhinnan onnistumista. Räjähdelaieena nykyaikana (2016) käytetään yleisesti emulsioräjähdelaieetta, mikäli se vaan reikäkoon puolesta on mahdollista. Sy-

tytysmenetelmänä käytetään yleisesti NOEL -syttytystä. (Vuolio & Halonen 2012, 195.)



Kuva 1. Porauslautta. (Wasa Dredging Oy, 2013)

Maanalainen louhintamenetelmä, josta tässä työssä esittelen ainoastaan tunnelin tekoa, eroaa maanpäällä tapahtuvasta avolouhinnasta lähinnä vain työkohteen olosuhteissa. Maanalaisesta louhinnasta tekee vielä poikkeavan se, että irrotettavalla kalliolla on vain yksi suunta purkautua. Tässä louhintamuodossa Suomessa ainoa työmenetelmä on ollut poraus-räjäytys -menetelmä. Suurimmat kehityspiirteet tässä menetelmässä ovat olleet tietokoneohjatunporauksen käytön lisääntyminen ja emulsioräjähdäaineen käyttöönotto. Tämä on vaikuttanut suuresti myös työaika-menekkiin positiivisella tavalla. Yksittäisen tunnelin työtapa on lähes aina jaksottainen. Louhinnan kulku on poraus, panostus, räjäytys, tuuletus, louheen kuormaus sekä kuljetus, ”rusnaus” ja lujitus- ja injektointityö. (Vuolio & Halonen 2012, 214-215.)

3.1.5 Louhinta raskaita hydraulisia iskukoneita käyttäen

Hydraulisessa iskukoneessa on kärkipiikki, johon edestakaisin liikkuva mäntä iskee. Iskun aikaansaamiseksi, tarvittavan suuren öljyvirran muodostamiseksi, iskukoneet on varustettu kaasutäytteisellä paineakulla. Hydraulisen iskukoneiden suorituskyky ilmaistaan tavallisesti iskuenergian avulla. Iskuenergialla tarkoitetaan iskumännän liike-energiaa hetkellä, jolloin mäntä kohtaa terän pään. Yksittäisen iskun energia voidaan laskea kaavalla $E = \frac{mv^2}{2}$ jossa E on iskuenergia, m on iskumännän massa ja v on iskumännän nopeus. Käyttökokemukset ovat osoittaneet, että rikotus- ja

louhintatöihin soveltuvan iskukoneen iskuenergian tulee olla yli 2000 joulea (Vuolio & Halonen 2012, 413-414.)

Kun rikotus hydraulisella iskukoneella tehdään kiven irrotuspaikalla ennen kuormausta, voidaan saavuttaa seuraavat edut: kuormausta voidaan tehdä keskeytyksettä, muut työt ei keskeydy rikotusräjäytysten vuoksi, kuormausta- ja kuljetuskalustoa ei ylikuormiteta ylisuurilla kivistä, ylisuuria kiviä ei tarvitse käsitellä moneen kertaan ja kustannus säästöt räjäyttämiseen verrattuna (Vuolio & Halonen 2012, 414.)

Yleisin iskukoneen käyttötapa on liittää se kaivinkoneeseen (kuva 2). Hydraulijärjestelmänsä puolesta pääsääntöisesti kaikki kaivinkoneet soveltuvat iskukonekäyttöön. Rajoittava tekijä kaivinkoneen valinnassa on sen paino, että se riittää iskuvasaran sekä kivien käsittelyyn.



Kuva 2. Hydraulinen iskuvasara kiinnitettyinä kaivinkoneeseen. (Rammer, 2017)

Ajansaatossa ja tekniikan kehittyessä, kun iskukoneiden koko on kasvanut, niiden käyttö primäärilouhinnassa on yleistynyt. Kun kallioperä on peruskalliota pehmeämpää tai erittäin rikkonaista, voi irrottaminen iskukoneella olla jopa halvempaa ja tehokkaampaa kuin irrottaminen poraamalla ja räjäyttämällä. Nykyaikana (2017), nykylaitteilla ja nykyisissä ahtaissa rakennus- ja saneerauskohteissa, joissa on kova peruskallio, ollaan hydraulista iskukonetta käytetty pienien kuutiomäärien louhintaan. (Vuolio & Halonen 2012, 414.)

Joskus tarkkojen kallioseiniä louhinnassa jää teoreettisen rajan yli meneviä kallionosia eli ”kynsiä”, joiden poistossa käytetään iskukonetta. Hydraulinen iskukone ei ole kivien sinkoilua tarkasteltaessa ympäristölle täysin turvallinen työkalu. Pieniä kiviä saattaa lentää rikottavan kiven pinnasta kauaskin. (Vuolio & Halonen 2012, 414.)

3.1.6 Louhinta hydraulisella kivenhalkaisulaitteella eli kiilaamalla

Hydraulinen halkaisulaite muodostuu sähkö- tai dieselkäyttöisestä pump-puuyksiköstä, johon liitetään hydrauliletkujen avulla yksiköstä riippuen yksi tai useampi halkaisusylinteri. Hydrauliseen korkeapainepumppuyksikköön kuuluu myös alennusventtiilillä varustettu öljysäiliö. Halkaisulaite on varustettu kolmella kiilaleualla, joita on merkistä riippuen erimittaisia. Halkaisulaitteen sylinteri työntää keskimmäistä kiilaleukaa kahden muun leuan väliin, jolloin leuka-asetelma laajenee. Kivenhalkaisulaite asetetaan porareikään ja tämän jälkeen paineistetaan halkaisusylinteri, joka alkaa paineen noustessa työntyä ulos ja näin ollen laajentaa kiilaleukoja ja halkaista kalliota. (Vuolio & Halonen 2012, 414.)

Kivenhalkaisulaitteistot ovat varteenotettava vaihtoehto työskenneltäessä taajamissa, jossa räjäyttäminen voisi vaurioittaa ympäristöä. Näitä tilanteita on tällä hetkellä paljon kiinteistöjen saneerauskohteissa ja käytötavan muutoksissa. Lisäksi niitä voidaan käyttää kaivoksissa, kivilouhikoissa ja yleensä työpaikoilla, joilla kiveä ja betonia on halkaistava ennen kuormausta ja kuljetusta. Nykypäivänä rakentamisen aikataulutus on mennyt niin tiukaksi, että joissakin kohteissa on tehty massatasolouhinat ja syvät (>1m.) syvennykset räjäyttämällä. Tämän jälkeen on aloitettu perustus- ja rungonpystytystyöt ja lopuksi on louhittu kiilaamalla salaojaputkien ja viemäriputkien urat tasolouhittuun kalliopintaan.

3.1.7 Louhinta etanadynamiittia eli paisuvaa sementtiä käyttäen

”Paisuvaa sementtiä voidaan käyttää kiven, kallion ja betonin murtamiseen varsinkin paikoissa, joissa räjäyttäminen ei ole turvallisuussyistä mahdollista. Tällaisia paikkoja ei oikeaa räjäytystekniikkaa sovellettaessa tosin usein esiinny.” (Vuolio & Halonen 2012, 415.)

Paisuva sementti sekoitetaan maahantuojan antamien ohjeiden mukaan kylmään veteen. Sekoituksen jälkeen massa on noin kymmenenminuutin kuluessa kaadettava porareikään, jonka läpimitan tulee olla 30-50mm ja syvyyden 75 % esimerkiksi kiven paksuudesta, kuitenkin vähintään 0,3m syvä. Poratut reiät täytetään massalla täysin täyteen. Etanadynamiittia käytettäessä on hyvä tehdä rei'itysuunnitelma (Vuolio & Halonen 2012, 415.)

Etanadynamiitti on hyvin olosuhde riippuvainen aine, joten lämpötila ja muutenkin sää vaikuttaa sen käytettävyyteen ja käyttöaikaan. Louhittavat kentät on myös hyvä peittää suojamaton sinkoilevien kivien ja lohkarputoamisien varalta.

Etanadynamiittia käytettäessä tulee huomioida, että esimerkiksi kovaa kiveä rikottaessa ”ominaispanostus” tarve on yli 20 kertaa suurempi kuin räjähdysaineella. Etanadynamiittia kuluu näin ollen paljon ja se vaatii tiheän kallion tai kiven rei’ityksen ja se on kalliimpaa kuin räjähdysaineet. Osittain näistä syistä johtuen se ei ole pystynyt kilpailemaan räjäytyslouhinnan kanssa hankalissakaan kohteissa. Suurin syy tähän on kuitenkin työaikameneikki, etanadynamiitilla louhinta on huomattavasti hitaampaa kuin räjähdysaineella louhiminen. (Vuolio & Halonen 2012, 416.)

Yksittäisille käyttäjille, joilla ei ole panostajan pätevyyttä, tarjoaa paisuva sementti varteenotettavan työmenetelmän, koska se ei vaadi mitään lain velvoittamaa lupaa tai pätevyyttä. Sillä on myös turvallista suorittaa louhintatöitä lähellä rakennuksia tai rakennusten sisällä. (Vuolio & Halonen 2012, 416.)

3.1.8 Louhinta mekaanisella jyräntä menetelmällä

Tunneleita tehdään täysperäporauksena (TBM), jossa pyörivä teräyksikkö poraa kerralla koko tunnelin tunneliprofiilin. Teräyksikössä on terärullia jotka ovat kartioasetelmassa toisiinsa nähden. Louhinta tapahtuu siten, että teräyksikköä painetaan tunnelinperää vasten, jolloin pyörivät teräruulat murskaavat kalliota. Tunnelista tulee lopputuloksena ympyrän muotoinen. Täysperäporauslaitteiston investointi kulut ovat todella suuret. Tästä syystä porattavien tunneleiden on oltava pitkiä. Työkustannuksissa kuitenkin tehdään tällä menetelmällä säästöjä, koska louhinnan eteneminen on nopeaa ja porauksella saadaan sileä kallionpinta, jolloin kallion lujitus ja tiivistys tarve on pieni ja näin ollen tämän työvaiheen kustannukset pienet. ”Kilpi-TBM -menetelmällä tarkoitetaan louhintatapaa, jossa käytetään tela-alustalla varustettua jyräntä. Menetelmä on lähes ympäristöä häiritsemätön” (Vuolio & Halonen 2012, 214.)

3.1.9 Kallionlujuus pulttaamalla

”Kallionpultituksen tarkoituksena on mekaanisesti vahvistaa kalliota sitomalla kalliolohkot toisiinsa siten, että kalliomassan muodonmuutokset pysyvät sallituissa rajoissa ja kallio kestää itsenäisenä rakenteena siihen kohdistuvat kuormitukset. Kallio pultituksella ja muilla tukemistoimenpiteillä taataan, että tila on turvallinen rakentamisvaiheesta aina koko tilan käyttöänsä ajan” (RIL 266-2014, 7.)

Pulttien staattisen toimintaperiaatteen mukaan kalliopultit jaetaan jännitettyihin sekä jännittämättömiin pultteihin. Jännitetyt pultit on kiinnitetty kallioon pultin kärjessä olevalla ankkurilla ja pultti aktivoidaan asennus-

vaiheessa aiheuttaen pulttiin pultin suuntainen esijännitysvoima aluslevyn ja kiristysmutterin avulla. Jännittämättömiä pultteja tai jännepunoksia ovat pultit, jotka juotetaan juotoslaastin avulla koko pituudelta kalliioon porattuun reikään. Päistään kiinnitetyssä pultissa kiinnityspisteiden välissä tapahtuva kalliomassan muodonmuutoksesta aiheutuva voima jakaantuu tasaisesti koko pultin pituudelle. Koko pituudelta juotetun pultin ympärillä tapahtuva kallion muodonmuutoksesta aiheutuva voima vaikuttaa siihen kohtaan pulttia, joka on siirtymän kohdalla (RIL 266-2014, 7.)

Toimintaperiaatteeltaan kalliopultit jaetaan aktiivisiin ja passiivisiin pultteihin. Aktiiviset pultit vahvistavat kalliota heti niiden asennuksen jälkeen. Aktiivisia pultteja ovat jännitetyt pultit ja kitkapultit. Kitkapulttien tartuntalujuus perustuu pultin reiän seinämään kohdistuvaan radiaaliseen paineeseen. Passiiviset pultit aktivoituvat vasta, kun kalliiossa tapahtuvat muodonmuutokset kuormittavat pulttia. Passiiviset pultit ovat jännittämättömiä ja ne ovat juotettu kiinni kallion juotoslaastilla koko pultin pituudelta (RIL 266-2014, 7.)

Kallion lujitustöitä tehdään ennen louhintatyön aloittamista, louhintatöiden aikana ja louhintatöiden jälkeen sen mukaan kuin suunnitelmasi kirjoissa on esitetty tai työn aikana määrätään. Yleisesti työskentelyä rytmitetään siten, että kalliorakenteet ovat lujittamattomana mahdollisimman lyhyen ajan (RIL 266-2014, 8). Juotettujen pulttien lujittumiseen vaadittava aika tulee ottaa aina huomioon työaikataulusuunnittelussa. Lujittumisen aikana pulttiin, juotoslaastiin tai pulttia ympäröivään kalliioon ei saa johtua tärinöitä.

Ennakkopultitus on lujitusta, jossa pultit asennetaan ennen alueen louhintatöiden aloittamista. Ennakkopultitusta käytetään muun muassa kohteissa, joissa halutaan varmistua tietyn kallionkohdan paikallaan pysyminen louhintatyön aikana, ennen lopullisen lujituksen tekoa (RIL 266-2014, 8.)

Väliaikaista pultitusta käytetään silloin, kun kallion pysyvyyden varmistaminen tai louhinnan välitön jatkaminen vaatii nopeasti tehtävää ja heti kantavaa lujitusta. Väliaikaista pultitusta ei huomioida laskettaessa lopullista kallion lujitusta, paitsi jos väliaikaisen pultituksen työmenetelmä- ja materiaalivaatimukset täyttävät lopullisen pultituksen vaatimukset (RIL 266-2014, 8.)

3.1.10 Kallioinjektointi

Kallioinjektoinnilla pyritään täyttämään kalliolle määritelty tiiveysvaatimus. Kallioinjektoinnilla tarkoitetaan menetelmää, jossa kalliioon porattujen reikien kautta pyritään paineella pumpatulla täyteaineella täyttämään kallion halkeamat. Yleisimmin käytetty täyteaine on sementtilaasti.

Kallioinjektointia voidaan tehdä ennen louhintatöitä eli esi-injektointina sekä louhintatöiden jälkeen eli jälki-injektointina.

Kallioinjektointityöt jaetaan vaativuuden perusteella neljään tiiveysluokkaan, joka todennetaan vesimenekikokein. Tiiveysluokat ovat Taulukon 2 mukaiset. Taulukossa 3 on esitetty vaatimuksia eri tiiveysluokissa. (Syrjänen P 2006, 7.)

Taulukko 2. Vesitiiveysluokat (Syrjänen 2006, 7.)

Tiiveysluokka AA
Erittäin vaativat kohteet kuten keskustarakentaminen (puupaaluperustusalueet), alueet, joissa pohjaveden pinnan laskeminen aiheuttaa ongelmia kuten kasvillisuuden kuihtuminen tai maanpinnan painumat, käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus yms.
Ympäristövaatimukset: Erittäin vaativa.
Sallittu pohjaveden virtaus tunneliin ~1...2 l/min/100m.
Tiiveysluokka A
Normaali kalliorakentaminen; kaupunkialueet yms.
Ympäristövaatimukset: Normaali.
Sallittu pohjaveden virtaus tunneliin ~5 l/min/100m.
Tiiveysluokka B
Kalliorakentaminen alueilla, jossa pienet vesivuodot eivät aiheuta merkittäviä ongelmia kalliotilalle eikä ympäristölle.
Ympäristövaatimukset: Pieni.
Sallittu pohjaveden virtaus tunneliin ~10 l/min/100m.
Tiiveysluokka C
Pyritään voimakkaiden vesivuotojen vähentämiseen; kaivokset, tai vastaavat kohteet.
Ympäristövaatimukset: Vähäinen.
Sallittu pohjaveden virtaus tunneliin ~40...50 l/min/100m.
Huom.
Taulukossa esitetyissä tiiveysluokissa pohjaveden virtausmäärät tunneliin ovat suuntaa-antavia ja niistä voidaan luotettavien selvitysten perusteella poiketa.

Taulukko 3. Vaatimuksia eri tiiveysluokissa

	Tiiveysluokka AA	Tiiveysluokka A	Tiiveysluokka B	Tiiveysluokka C
Henkilöstö	Suunnittelijalla kalliorakennesuunnittelijan aa pätevyys. Työnjohtajalla kalliorakennustyönjohtajan aa pätevyys. Työvoimalla maarakennusalan ammattitutkinto ja >1 vuoden kokemus injektointitöistä.	Suunnittelijalla kalliorakennesuunnittelijan a pätevyys. Työnjohtajalla kalliorakennustyönjohtajan a pätevyys. Työvoimalla maarakennusalan ammattitutkinto ja >½ vuoden kokemus injektointitöistä.	Suunnittelijalla vähintään teknillisen oppilaitoksen vuori- tai rakennustekniikan tekniikon tutkinto. Työnjohtajalla >½ vuoden kokemus injektointitöistä. Työvoimalla >½ vuoden kokemus injektointitöistä.	Näyttöä kohteen injektointisuunnitteluun riittäväksi katsottavasta kokemuksesta. Työnjohtajalla kokemusta injektointitöistä. Työvoimalla kokemusta injektointitöistä.
	Ylimääräisen kokemattoman työntekijän käyttö sallittu			
Suunnittelu	Pohjavesiselvitys, kallio vedenjohtavuuden selvitys ja laskelmat kohteen edellyttämässä vaativuudessa sekä aikaisempi kokemus vastaavista kohteista.			Aikaisempi kokemus vastaavista kohteista.
Tunnustelu-reiät	min. 2 kpl.	min. 1 kpl.	Suunnittelija määrittää.	Suunnittelija määrittää.
Poraustarkkuus¹⁾	5% ²⁾	10% ²⁾	10 %	15 %
Data porausjärjestelmä	Porakaavion sekä puomin suunnan näyttö ruudulla, datarekisteröinti.	Porakaavion sekä puomin suunnan näyttö ruudulla.	Käsiikäyttöinen puomin asemointi, puomin kaateen ja suunnan näyttö asteina.	Käsiikäyttöinen puomin asemointi, puomin kaateen ja suunnan näyttö asteina.
Porareian huuhtelu	Korkeapainevesi ³⁾	Vesi ³⁾	Vesi ³⁾	Vesi tai ilma.
Sekoitin	Kolloidityyppinen sekoiti.	Kolloidityyppinen sekoiti.	Kolloidityyppinen sekoiti.	Ei vaatimuksia
Vedenerotus	< 1%	< 2%	< 5%	Suunnittelija määrittää.
Laadunvalvonta	Kerran injektointiviuhkasta jokaisesta injektointireseptistä.	Kerran injektointiviuhkasta.	Kerran injektointiviuhkasta.	Ei vaatimuksia.
	Tiheys, Marshviskositetetti, vedenerottuminen.	Tiheys, Marshviskositetetti, vedenerottuminen.	Tiheys, Marshviskositetetti.	Ei vaatimuksia.
	Tunkeumakoe kun d ₉₅ <20 µm	Tunkeumakoe kun d ₉₅ <20 µm	Ei vaatimuksia.	Ei vaatimuksia.

	Sitoutuminen ns. kuppikokeella.	Sitoutuminen ns. kuppikokeella.	Sitoutuminen ns. kuppikokeella.	Sitoutuminen ns. kuppikokeella.
Monitorointi	Datarekisteröinti ⁴⁾	Datarekisteröinti ⁴⁾	Virtauksen ja paineen mittaus.	Painemittari, sementin määrän mittaus säkeittäin.
Tiiveyden toteaminen	Kontrollointireiät (min. 2 kpl), mittapadot ja poistoveden määrämittaus.	Mittapadot ja poistoveden määrämittaus.	Ei vaatimuksia.	Ei vaatimuksia.

Taulukon viittaukset

Lasketaan reiän pituudesta. Määritetään reiän pohjan sijainnista. Koskee ≤ 25m pituisia
¹⁾ injektointireikiä.
 Pidemmissä rei'issä, kuten syvissä kuiluissa poraustarkkuus määritetään tapauskohtaisesti.

Työn alussa kahdesta injektointikatosta mitataan joka toinen reikä. Mikäli tarkkuustavoitetta ei saavuteta,
²⁾ lisätään injektointireikien lukumäärää. Mikäli kallion ominaisuudet muuttuvat niin, että on syytä olettaa niiden vaikuttavan reikien suuntaukseen, mitataan katkosta joka toinen reikä.

Mikäli olosuhteet, esim. pakkasen tai muun syyn vuoksi, vaikeuttavat kohtuuttomasti
³⁾ vesihuuhtelun käyttöä, voidaan sallia ilmahuuhtelu. Ilmahuuhtelulla porattujen alueiden osuuden kalliotilasta tulee kuitenkin olla vähäinen.

Vaatimukset luokissa AA ja A tulee käyttää datarekisteröintilaitteita. Rekisteröintilaitteiden tulee tallentaa

luokassa AA vähintään seuraavat tiedot:

* Päivämäärä ja aika	*Injektointivaihe	*Injektointimassareseptin tunnus
*Työmaa	*Injektointi n:o	*Virtausnopeus vähintään 20 s välein
*Injektointipaikan tunnus	*Injektointireiän pituus	*Paine vähintään 20 s välein
*Massamäärä vähintään 20 s välein		*Kokonaismassamäärä

Luokassa A rekisteröidään vähintään:

*Injektointireiän n:o	*Kokonaismassamäärä
*Injektointimassareseptin tunnus	
*Lopetuspain	
*Lopetuslistaus	

Taulukko 4. Esi- ja jälki-injektoinnin edut ja haitat.

	Esi-injektointi				Jälki-injektointi
Edut:	Suoja suuria vesi- vuotoja vastaan louhinnan aikana.			Edut:	Ei häiritse louhintaa.
	Pohjavedenpinnan laskua saadaan pienennettyä tai ehkäistyä kokonaan.				Helpompi suunnitella kun kallion rajapinnat on jo näkyvillä.
	Voidaan käyttää suuria injektointipaineita.				Injektointi voidaan rajoittaa vain niille alueille joissa on havaittu vesi vuotoja.
	Lisää työturvallisuutta.				
	Jäävä kallio lujittuu.				
Haitat:	Louhinnan häiriytyminen tai keskeytyminen.			Haitat:	Korkeissa kallioleikkauksissa työturvallisuus.
	Räjähdyksistä aiheutuvat tärinät voivat aiheuttaa kalliossa muodonmuutoksia ja näin ollen halkeamia eli vuotokohtia.				Injektointiaineen purkautuminen leikkauksen seinämästä.
					Käytettävä vain pieniä injektointipaineita

3.2 Työmenetelmien työaikaan vaikuttavat vaikuttimet

Työaikameneikkiin vaikuttavat vaikuttimet jätetään monesti liian pienelle huomiolle työn aikataulusuunnittelussa. Vaikuttimien vaikutus perustyöaikameneikkiin tulee esiin etenkin taajamissa ja muissa tiheään asutetuissa työympäristöissä. Suurimmat vaikuttimet muodostuvat turvallisuuden ja työstä vapautuvien saasteiden hallinnasta.

3.2.1 Kalliopinnan puhdistuksesta syntyvä melu

Koneellinen kallionpuhdistus aiheuttaa melua, joka varsinkin taajamissa ja tiheään asutuilla alueilla aiheuttaa häiriötä. Tätä työvaihetta suunniteltaessa tulee huomioida työskentelyaika ja mahdollisten ilmoitusten tekeminen naapurustoon.

3.2.2 Kalliopinnan puhdistuksesta syntyvä pöly

Niin koneella kuin paineilmalla tehty kallionpuhdistus aiheuttaa pölyä. Pölynhallinta tulee ottaa työnsuunnittelussa huomioon ja varata tähän tarvittavat resurssit ja tarvikkeet. Täysin kuivan kallionpuhdistukseen hyvä vaihtoehto on harvemmin käytetty painepesuri, jolla saadaan kaksi hyötyä; pölyttömyys ja ”kopojen” välissä oleva hienoaines liikkeelle, jolloin ”kopot” irtoavat helpommin.

3.2.3 Kalliopinnan puhdistuksessa esiintyvä rikkonainen kallio, ”kopot” eli irtolohka-reet

Rikkonainen kallio tuo hankaluudet kallionpuhdistukseen. Seinä- ja kattokalliopintojen puhdistuksessa suurimmat haitat liittyvät työturvallisuuteen. Rikkonainen kallio, jossa on irtonaisia kivenlohkareita, on suuri työturvallisuus riski. Rikkonainen kallio hidastaa myös kallionpuhdistusta rakennerajapintojen kohdalla, jossa kallionpinta pitää saada täysin puhtaaksi ja kaikki irtonaiset kivet poistettua.

3.2.4 Louhintatyömaiden ympäristö

Nykyaikana (2017) lähiympäristö suhtautuu asutuilla alueilla yleensä ymmärtävästi louhintaan, johtuen tehdystä ennakkoinformoinnista, riskianalyysistä, talokatselmuksesta, tärinämittauksista, varovaisesta räjäytystavasta ja avolouhintakenttien huolellisesta peittämisestä.

Isommista räjäytyskentistä on ajansaatossa joitakin kertoja lentänyt kiviä erittäin kauas, aiheuttaen sivullisille materiaali- ja henkilövahinkoja sekä myös joitakin kuolemantapauksia. Räjäytysaikojen valinnalla on suuri merkitys työturvallisuuden lisäämiseen (Vuolio & Halonen 2012, 298.)

3.2.5 Louhintatyöstä syntyvät tärinät

Räjäytys synnyttää kallioon jännitysaallon, joka aiheuttaa kivenirtoamista ja tästä haittatekijänä aiheutuu väliaineen hiukkasissa siirtymistä eli tärinää. Räjätyskohteesta leviävä liian suureksi kasvanut tärinä saattaa vaurioittaa ympäristössä olevia rakennuksia ja herkkiä laitteita. Yleisin työstä aiheutunut haitta on, että ihmiset häiriintyvät tärinästä. Räjätys-työstä aiheutuneista tärinöistä kerätyn tilastollisen tietouden perusteella voidaan räjäytykset suunnitella niin varovaiseksi, ettei rakennevaurioita tai vaurioita ja häiriöitä herkissä laitteissa tapahdu. Työn aikana työskentelyä valvotaan tärinämittausten avulla, ettei räjäytysten aiheuttama tärinä ylitä sallittua tasoa sekä toisaalta todetaan, ettei sallittua tasoa aliteta tarpeettoman paljon (Vuolio & Halonen 2012, 298.)

3.2.6 Louhintatyöstä syntyvät ilma-aallon paine

”Räjätystyön aiheuttama ilma-aallon paine saattaa joskus olla huomattavastikin suurempi ympäristöä häiritsevä ja jopa vaurioitava tekijä kuin tärinä. Ilma-aallon paineen vahinkovaikutuksesta ja sen sekä räjähdystapahtuman välisestä korrelaatio-olosuhteista ei ole yhtä laajaa ja selväpiirteistä tilastollista materiaalia kuin tärinöistä.” (Vuolio & Halonen 2012, 298.)

3.2.7 Louhintatyöstä syntyvät kivenheitto ja sinkoutuminen

Louhintatyöstä poikkeuksetta aina aiheutuva kivenheitto ja sinkoutuminen on hallitsemattomana suuri vaaratekijä. Tärkeimmät seikat, jotka on otettava huomioon pyrittäessä hallitsemaan tai estäessä heittoa ja sinkoutumista, ovat oikea ominaispanostus, huolellinen poraus ja oikea sytytysjärjestelmä ja huolellinen kentän ”täkkäys” eli peitto kumimatoilla. Peittäminen tehdään yleisesti koneellisesti laskemalla kumimatot räjähdyskohtien päälle, niitä vedättämättä. Täkkäyksessä tulee aina kiinnittää erityistä huomiota siihen, ettei mattoihin ole jäänyt kivenlohkareita. Vaarallinen alue tyhjennetään ihmisistä (Vuolio & Halonen 2012, 298.).

3.2.8 Louhintatöiden vaatimat katselmuks

”Ennen räjäytystyön aloittamista on ympäristön rakennukset tarkistettava, niissä olevat vauriot merkittävä muistiin sekä arvioitava rakennuksien ja niissä mahdollisesti olevien herkkien laitteiden tärinäkestävyys. Ympäristössä olevien ihmisten häiriintymistä ei täysin voida estää, mutta ihmiset voidaan valmentaa sietämään aiheuttamia ääni- ja tärinähäiriöitä ennakoon tapahtuvalla tiedotustoiminnalla.” (Vuolio & Halonen 2012, 298.)

Katselmualueet on hyvä olla riittävän laajat työskentelykohteen luonteesta, koosta ja sijainnista riippuen.

Räjätystyön päätyttyä tehdään työympäristössä loppukatselmuksia. Tällöin todetaan työn aikana mahdolliset lähinnä tärinän vaikutuksesta syntyneet vauriot ja aikaisempien vaurioiden suurentuminen. Loppukatselmuksen jälkeen sovitaan myös mahdolliset korjaus- ja korvaustoimenpiteet. (Vuolio & Halonen 2012, 298.)

3.2.9 Louhintatyömaiden kallionlaatu

Porauksen työmenekkiin vaikuttavat terän kuluminen ja porien suuntautuminen, jotka riippuvat kivilaadusta, rapautuneisuudesta ja liuskeisuudesta. (Ratu 2017, 4.)

3.2.10 Kallion lujitus- ja tiivistystyön vaatima poraus

Lujitusreikien porauksessa tulee ottaa huomioon reikien koko ja eritoten porauksen syöttönopeus. Liian kovalla syöttönopeudella poraus lähtee kääntymään. Näin ollen lujitettavasta reiästä ei tule vertikaalinen ja pulttauksesta tulee hidasta tai mahdotonta.

3.2.11 Lujitettavan tai tiivistettävän kallion horisontaalinen halkeama eli "lusta"

Kallion "lustat" haittaavat niin porausta kuin itse lujitustakin. Useimmat "lustat" ovat täytyneet maa-aineksella, joka on kulkeutunut "lunaan" veden mukana. Porauksessa se tuottaa ongelmia porankangen ja -kruunun pyörimisessä, koska porakruunun päälle variseva maa-aines holtava kruunua reiän seinämiin. Lujittamisessa "lustat" tuottavat hankaluuksia jo reiän pesuvaiheessa, koska vesi tai paineilma irrottaa/ liottaa "lustasta" maa-ainesta reikään. Lisäksi "lustat" haittaavat tartunta-aineen ja pultin asentamista reikään, koska "lustasta" irtoava maa- tai kiviaines holtava niin tartunta-aineen asennuksessa käytettävää putkea kuin itse lujituspulttia.

3.2.12 Lujitettavan tai tiivistettävän kallion rikkonainen kallionpinta

Rikkonainen kallionpinta on haitaksi kallion tiivistyksessä, koska tiivistystyössä käytettävät mansettiputket pitää saada asennettua tiiviisti porattuihin reikiin.

3.3 Haastattelut

Haastatteluissa haastatellaan yrityksiä, jotka toimivat Jokioisten Maanrakennus Oy:n aliurakoitsijoina. Haastattelut toteutetaan sähköpostilla ja fyysisinä tapaamisina. Haastatteluiden kysymykset keskittyivät työaikamenekkiin ja työaikamenekkiin vaikuttaviin vaikuttimiin. Haastateltavat henkilöt toimivat yritysten johdossa ja näin ollen myös työnjohdossa.

3.3.1 Räjätys Kaksikko Oy

Räjätys Kaksikko Oy on aloittanut toimintansa vuonna 1997. Yritys tekee pääasiallisena työnä kokonaisvaltaista louhintaurakointia pienissä ja keskisuurissa rakennuskohteissa. Yritys tarjoaa myös poraus, panostus ja rikotuspalveluita. Jokioisten Maanrakennus Oy:n ja Räjätys Kaksikko Oy:n yhteistyö on jatkunut jo pitkään. Räjätys Kaksikko Oy tekee louhintaurakoita, poraus-, panostus-, rikotus- ja kiilaustöitä.

Haastattelu suoritettiin fyysisenä haastattelutilaisuutena.

3.3.2 Suomen Rakennevahvistus Oy

Yritys on perustettu vuonna 1987 ja tekee infra-alan erikoisurakointia. Yrityksen pääasiallista liiketoimintaa ovat injektointi- ja ruiskubetonityöt, kallioverkotukset, lujitus- ja tartuntapulttitukset, ”High Level Drilling” sekä betonirakenteiden korjaus- ja pinnoitustyöt.

Yrityksen toiminta-alueena on koko Suomi. Asiakkaamme koostuvat rakennusliikkeistä, kaupungeista, kunnista, valtion laitoksista ja yrityksistä. Yhtiöllä on tällä hetkellä 23 työntekijää ja sen liikevaihto (2016) on noin 4,5M€. (Pyöriäinen, haastattelu 15.3.2017.)

Haastattelu suoritettiin sähköpostihaastatteluna.

3.4 Tavoite

Työn tavoite on saada Jokioisten Maanrakennus Oy:lle tietoa kallioteknisistä työmenetelmistä ja työmenetelmien työaikamenekeistä ja työaikamenekkien vaikuttamista. Tavoitteena on saada lopputuloksena taulukko, jossa on eriteltyä työmenetelmäkohtaiset työaikamenekit ja niihin mahdollisesti vaikuttavat vaikuttimet.

4 LOUHINTATÖIDEN TYÖAIKAMENEKKISELVITYKSEN TULOKSET

4.1 Työaikamenekit

Tässä kootaan kirjallisissa ohjeistuksissa annetut ja haastattelujen pohjalta saadut työaikamenekit. Työaikamenekkejä vertaillaan keskenään.

4.1.1 Kalliopinnan puhdistus

Ratu -kortin mukaan kalliopinnan puhdistuksen työaikamenekki harjaa ja paineilmaa käyttäen on 0,056 tth/m² (T4). Kortissa on myös esitetty koneelliselle kalliopinnan puhdistukselle/rusnaukselle sama työaikamenekki kuin käsin puhdistukselle (Ratu 2017, 4,17.)

4.1.2 Louhinta räjähdaineella

Ratun louhintaohjeen mukaan käsikoneella porattuna päästään kuvan 1. mukaisiin työaikamenekkeihin. Poravaunulla porattuna Ratun ohje määrittää työaikamenekin kuvan 2. mukaan poraussyvyyksistä riippuen. Ratun työaikamenekit on ilmoitettu T3, kokonaistyöaikamenekki saadaan, kun kuvissa osoitetut työaikamenekit kerrotaan lisäaikakertoimella (TL3), joka on hieman kohteesta riippuen 1,1...1,4.

Poraus ja panostus		
Käsioporakone, 3 tt, poraussyvyys	< 1 m	0,22 tth/porareikä
	1...2 m	0,24 tth/porareikä
	2...3 m	0,35 tth/porareikä
	3...4 m	0,48 tth/porareikä
	4...5 m	0,65 tth/porareikä
	5...6 m	0,83 tth/porareikä

Kuva 2. Käsioporakoneella porauksen ja panostuksen työaikamenekit. (Ratu 2017, 4).

Poravaunu, 3 tt, poraussyvyys		
Poravaunu, 3 tt, poraussyvyys	< 1 m	0,14 tth/porareikä
	1...2 m	0,15 tth/porareikä
	2...3 m	0,20 tth/porareikä
	3...4 m	0,25 tth/porareikä
	4...5 m	0,32 tth/porareikä
	5...6 m	0,38 tth/porareikä

Kuva 3. Poravaunulla porauksen ja panostuksen työaikamenekit. (Ratu 2017, 4).

Ratun louhintaohjeessa on louhintakentän peittämiselle ja räjäytykselle annettu yksi työaikamenekki riippumatta kentän koosta. Työaikamenekki on T3 muodossa 1tth/kenttä. (Ratu 2017, 4.)

4.1.3 Louhinta raskailla hydraulisilla iskukoneilla

Ylisuurien kivien rikottamiselle räjäyttämällä on ohjeessa työaikamenekki T3 muodossa 0,45tth/kpl. Riippumatta rikotettavan kiven koosta. (Ratu 2017, 4.) Samaa työaikamenekkiä voidaan käyttää iskukoneen käytöstä louhinnassa. Tämä edellyttää, että kallion laatu on tähän työmenetelmään sopivaa.

4.1.4 Louhinta mekaanisella jyrshintä menetelmällä

Tämä työmenetelmä on Suomessa todella harvinaista johtuen vähäisestä maanalaisesta rakentamistavasta. Maailmalla tämä työmenetelmä on paljon suositumpi, varsinkin isoissa kaupungeissa, joihin tehdään maanalaisia metro- ja junayhteyksiä.

Työaikamenekiksi voidaan kallion laatuhuomioon ottaen todeta 0,018 tth/m³. Edellä mainittuun työaikamenekkiin päästään noin 100 tonnia painavalla koneella. (Copur, Ozdemir & Rostami 1997, 4-5.)

4.1.5 Louhinta hydraulisella kiilalla ja paisuvalla sementillä

Näistä menetelmistä ei löydy työaikamenekkitilastotietoja.

4.1.6 Kallion lujitus

Järjestelmällisesti esi-injektoiduissa kohteissa on esi-injektoinnin todettu vievän n. 20 % louhinnan kokonaisajasta; 20 % työajasta, + 2–4 tunnin odotus ennen porauksen aloittamista (Ritola & Vuopio 2002, 17.)

4.2 Haastattelupohjaiset työaikamenekit

Haastatteluissa käsitellyt työaikamenekit ovat ajateltu toteutuvan ja pätevän pääkaupunkiseudulla ja muutenkin kaupunkiolosuhteissa työskennellessä. Tällöin työaikamenekkeihin sisältyy pakollisia vaikuttimia kuten louhintakenttien peittäminen.

Haastateltavat henkilöt ja heidän edustamansa yritys ei sitoudu noudattamaan antamia tietoja jatkossa.

4.2.1 Louhinta

Räjätys Kaksiko Oy:n Marko Martiskainen vastasi työaikameneikki kysymyksiin seuraavasti:

1. Kiilaustyön suunnittelussa yritys käyttää pääkaupunkiseudulla seuraavia työaikameneikkejä: yhden miehen työryhmällä "commandolla" tai poravaunulla porattuna 1m^2 kiilaamiseen kuluu tehokasta työaikaa yksi (1) tunti. Yhden miehen työryhmällä käsikoneella porattuna 1m^2 kiilaamiseen kuluu tehokasta työaikaa kaksi (2) tuntia. (Räjätys Kaksiko Oy, haastattelu 18.4.2017.)

2. Irtiporauksesta on tullut suosittu kallionirrotusmuoto varsinkin kaupunkiolosuhteissa. Irtiporaus tehdään vaunulla ja sen työaikameneikkinä voidaan pitää keskimäärin $0,8\text{ tth/m}^2$. (Räjätys Kaksiko Oy, haastattelu 18.4.2017.)

3. Pengerlouhintaa räjähdeaineella tehdessä pääkaupunkiseudulla kaupunkiolosuhteissa voidaan työaikameneikkinä käyttää "commandolla" porattuna $0,08\text{ tth/m}^3\text{ktd}$, joka pitää sisällään porauksen, latauksen, peittämisen ja laukaisun. Kun poraukseen käytetään raskaampaa vaunua, voidaan pengerlouhinnan työaikameneikkinä käyttää $0,0267\text{ tth/m}^3\text{ktd}$. (Räjätys Kaksiko Oy, haastattelu 18.4.2017.)

4. Tarkkuuslouhintaa tehdessä räjähdeaineella tai sen sytyttämällä ei ole vaikutusta työaikameneikkiin vaan sen tahdistaa poraus. Tarkkuuslouhinnassa ei ole niinkään merkitystä tehdäänkö poraus "commandolla" vai raskaammalla vaunulla, koska tarkkuuslouhinnan poraustyössä aikavievin osa on porauksen suuntaaminen. Tarkkuuslouhinnassa työaikameneikkinä voidaan pitää $0,167\text{ tth/m}^2$. (Räjätys Kaksiko Oy, haastattelu 18.4.2017.)

5. Paisuvan sementin käytössä voidaan keskimääräisenä työaikameneikkinä käyttää $0,8\text{ tth/m}^3\text{ktd}$, mutta tässä työmenetelmässä vaikuttimilla on suuri vaikutus työaikameneikkiin. (Räjätys Kaksiko Oy, haastattelu 18.4.2017.)

6. Hydraulivasara on hyvä vaihtoehto jopa louhintamenetelmäksi, kun kohteen koko ja kiven laatu ovat oikea. Isoja kokonaisuuksia tai kovaa kalliota louhittaessa on tämä menetelmä väärä. Marko ei osannut sanoa tälle työmenetelmälle keskimääräistäkään työaikameneikkiä, koska työmenetelmä on niin vaikutin riippuvainen. (Räjätys Kaksiko Oy, haastattelu 18.4.2017.)

4.2.2 Kallion lujitus ja tiivistys

Suomen Rakennevahvistus Oy:n haastateltava henkilö vastasi työaikamenekki kysymyksiin seuraavasti:

1. Lujitustyössä työsaavutuksena käytetään keskimäärin 150-200m/tv, mikäli käytetään yleisimmin käytössä olevaa 25mm halkaisijalla olevaa harjaterästä. (Suomen Rakennevahvistus Oy, haastattelu 15.3.2017.)

2. ”Injektoinnin työaikamenekeistä työvuoroa kohti en kyllä pysty antamaan arviota. Työaikamenekki on niin tapauskohtaista, esim. kahdella eri työmaalla voi olla sama määrä reikiä porattuna jotka tulee injektoida, mutta toisessa kaikki on pulloja ja toisessa kallionlaatu on erittäin huonoa. Pulloreikätyömaa saadaan valmiiksi muutamassa päivässä kun taas toiseen voi mennä jopa kuukausia. Yleensä injektoinnit tarjotaankin työvuorohinnoin ja sementti kilohinnoin, koska menekkejä ei pystytä arvioimaan etukäteen.” (Suomen Rakennevahvistus Oy, haastattelu 15.3.2017.)

4.3 Työaikamenekkien vaikuttimet

4.3.1 Kalliopinnan puhdistus

Kalliopinnan puhdistuksen työsaavutukseen vaikuttaa eniten kallionlaatu. Rikkinainen kallionpinta huonontaa huomattavasti työsaavutusta. Vaikka Ratu:n antamassa työaikamenekeissä ei ole eroa tehdäänkö työ käsipuhdistuksena vai kone työnä olen itse tästä erimieltä. Kokemukseni perusteella voin todeta, että koneella tehdyn puhdistuksen työsaavutus on työvuoroa kohden huomattavasti suurempi kuin käsin tehty puhdistus.

4.3.2 Louhinta

Tutkimustyön pohjalta voidaan todeta, että työhön liittyvät vaikuttimet voivat olla hetkellisiä tai vaikuttavat koko työskentelyn ajan. Myös se, että mitkä vaikuttimet vaikuttavat milloinkin, vaihtelee työmaa ja jopa työmaan työskentely hetkestä riippuen.

Vaikutuksen ajallista määrää ei voida myöskään määrittää, koska se vaihtelee työmaasta, työmenetelmästä ja työskentely hetkestä riippuen.

4.3.3 Kallion lujitus ja tiivistys

Kallion lujitustyöhön vaikuttaa oleellisesti lujituksen kohde. Perustusten ja perustus pohjan lujittaminen on huomattavasti hitaampaa, kuin esimerkiksi kallioleikkausten lujitus.

Perustusten- ja perustus pohjan lujittamisessa työaikamenekkiin vaikuttavia tekijöitä ovat mahdolliset olemassa olevat rakenteet ja niiden suojaaminen, vahvistus- tai lujitustapa ja työmenetelmien työskentely järjestykset. Työaikaan vaikuttavia vaikuttimia on kuvattu Taulukossa 5. (Ratu 2010. 3.)

Taulukko 5. Pulttauksen ja injektoinnin työaikamenekkien vaikuttimet. (Ratu 2010. 3.)

Muuttuja	Vaikutus työaikamenekkiin	
	Suurentaa	Pienentää
Kohteen koko	Pieni kohde, vahvistus vain pienellä alueella.	Laaja kohde.
Tilojen koko	Ahtaat ja/tai matalat työskentelytilat.	
Väliaikainen tuenta	Tarvittaessa.	
Suojaus vettä, pölyä tai tärinää vastaan	Eriytynen suojaustarve (olemassa olevat rakenteet/rakennukset ja niiden mahdollinen työaikainen käyttö).	
Kivilatomon pulttaus	Paljon pultattavia kiviä.	
Perustusten ankkurointitarve	Perustukset on ankkuroitava.	
Työmenetelmä	Injektointi injektointiputkella.	Pintainjektointi.
Injektointisyvyys	Syvälle ulottuvat injektoinnit.	
Injektointien määrä	Paljon.	Vähän.

4.4 Haastattelussa esiin tulleet vaikuttimet

Haastatteluissa käsitellyt työaikamenekit ja niiden vaikuttimet ovat ajateltu toteutuvan ja pätevän pääkaupunkiseudulla ja muutenkin kaupunkiolosuhteissa työskennellessä. Tällöin työaikamenekkeihin sisältyy joitakin pakollisia vaikuttimia, kuten louhintakenttien peittäminen.

Haastateltavat henkilöt ja heidän edustamansa yritys ei sitoudu noudattamaan antamia tietoja jatkossa.

4.4.1 Louhinta

Voidaan sanoa, että louhinta töitä tehdessä vaikuttaa työhön jokin vaikutin jossakin määrin. Sitä kuinka paljon se vaikuttaa tai kuinka monta eri vaikutinta vaikuttaa työaikameneikkiin on mahdotonta yleistää. Jokainen työmaa ja työmenetelmä suunnitellaan tapaus- ja paikkakohtaisesti. (Räjäytys Kaksikko Oy, haastattelu 18.4.2017.)

Yleisimmin ja suurimmat vaikuttimien vaikutukset liittyvät ympäristöön. Näitä ovat louhista syntyvien tärinöiden hallinta ja niihin liittyvien tärinäraja-arvojen sisällä pysyminen, olemassa olevat rakenteet ja tekniikka sekä ympäristön määrittämät räjäytysajat. Näillä voi olla jopa merkittävää merkitystä työmenetelmän valintaan, koska esimerkiksi suurien sähkölinjojen ja tutkamastojen läheisyydessä sähkönallien käyttö syyttimenä on kielletty. (Räjäytys Kaksikko Oy, haastattelu 18.4.2017.)

Räjäytyksestä syntyvä paineaalto on myös työaikameneikkiin vaikuttava vaikutin, koska mitä isompia louhintakenttiä tehdään ja mitä enemmän räjähdeainetta käytetään, sitä isompi paineaalto räjäytyksestä syntyy. Tämä tulee yleisimmin ilmi maanalaisessa louhintatyössä, koska paineaallon purkautuminen on rajoitetumpaa. (Räjäytys Kaksikko Oy, haastattelu 18.4.2017.)

Kaupunki olosuhteissa räjähdeaineella tai hydraulivasaralla tehdyssä louhintatyössä muodostuu työaikameneikkiin vaikuttavaksi vaikuttimeksi kivien hallinta. Tässä on myös yksi suurimmista louhintatyöhön liittyvistä työturvallisuus riskeistä. (Räjäytys Kaksikko Oy, haastattelu 18.4.2017.)

Katselmukset ja lupa-asiat liittyvät lähinnä työn aloittamiseen, mutta myös välillä työsaavutukseen, jos näitä tehdään kesken työn. Katselmuksien pohjalta tulee usein näitä muita, tässä työssä esiteltyjä vaikuttimia, jotka vaikuttavat työaikameneikkiin. (Räjäytys Kaksikko Oy, haastattelu 18.4.2017.)

Kallionlaadulla on suuri merkitys työaikameneikkiin jokaisessa työmenetelmässä. Suomen kallioperä on suhteellisen kovaa, joten se aiheuttaa ajoittain omat haittansa työn etenemiseen. (Räjäytys Kaksikko Oy, haastattelu 18.4.2017.)

Poraus on vaikutin joka, pois lukien hydraulivasaran ja mekaanisen jyrsimen, vaikuttaa jokaiseen louhintatyömenetelmään. Se on aina louhintatyön tahdistava työvaihe. (Räjäytys Kaksikko Oy, haastattelu 18.4.2017.)

Kallion lujitus on ajoittain louhintatyötä tahdistava työvaihe, koska joskus joudutaan lisäpulttaustoimenpiteitä tekemään kesken louhintatöiden ja tällöin louhintatyö poikkeuksetta keskeytyy. (Räjäytys Kaksikko Oy, haastattelu 18.4.2017.)

4.4.2 Kallion lujitus ja tiivistys

Suomen Rakennevahvistus Oy:n haastateltava henkilö vastasi työaikamenekkiin vaikuttavien vaikuttimien kysymyksiin seuraavasti:

1. Käytettävän teräksen halkaisijalla ja pituudella on suuri vaikutus työsaavutukseen, koska pulttauksia tehdään pääasiassa käsityönä. ”Mitä suurempi halkaisija ja pitempi pultti niin sitä enemmän aikaa kuluu asennuksessa.” Isoimpien pulttien asennuksissa voidaan tarvita jopa nostokoneen apua. (Pyöriäinen, haastattelu 15.3.2017.)

Reikien koko ja suoruus vaikuttaa työsaavutukseen, koska ahdas ja kaareva reikä vaikeuttaa pulttien asennusta. (Pyöriäinen, haastattelu 15.3.2017.)

Lujituksen merkittävin tahdistava työ on poraus. Usein lujitustyötä jarruttaa se, ettei reikiä ole porattu tarpeeksi tai porausta ei ole edes aloitettu. Usein reikiä porataan samaan aikaan, kun lujitus pultteja asennetaan jolloin poraus tahdistaa pulttausta, koska se on hitaampaa. (Pyöriäinen, haastattelu 15.3.2017.)

Reikien sijainnilla on myös vaikutus työaikamenekkiin. ”Lattia, katto ja seinä pultteja, katto ja seinä pultteihin tarvitaan yleensä nostinta, joten lattiapulttien asennus on nopeinta.” Pulttien sijainnilla toisiinsa nähden on myös vaikutusta työsaavutukseen. 1000mm:n jaolla olevia pultteja on huomattavasti nopeampi asentaa, kun hajallaan koko työmaa-alueella olevia pultteja. (Pyöriäinen, haastattelu 15.3.2017.)

Työmaajärjestelyillä on myös vaikutusta lujitustyön työaikamenekkiin. Pumppuyksikön ja pulttausmestän välimatkalla on merkitystä, koska pidemmällä välimatkalla on enemmän letkun vetoa, jolloin myös letkutuksen riski kasvaa. Pulttien varastointipaikalla on myös merkitystä, koska pultit kannetaan lähes aina käsin pulttaus kohteeseen. (Pyöriäinen, haastattelu 15.3.2017.)

Tilaaajat asettavat ajoittain pulttaukselle lisälaatuvaatimuksia, jotka saattavat vaikuttaa työsaavutukseen hidastavana, mutta välillä myös positiiviseen suuntaan. Näitä ovat yleisimmin reikien pesut ja ”puulaukset” eli puhallukset, keskittimien määrä ja niiden käyttö yleisesti sekä anturataruntojen asennustoleranssit. Tartunta-aine esimerkiksi juotosbetonilla on taipumus tukkia letkut, joka hidastaa työskentelyä merkittävästi. (Pyöriäinen, haastattelu 15.3.2017.)

Säällä on myös vaikutusta työsaavutukseen. ”Pakkaskeleillä on käytettävä pakkasmassoja, jotka vaativat lämmitetyn veden. Näilläkin massoilla saadaan helpommin letku tukkoon, kuin reikä täyteen massaa, joten selvä

hidastava vaikutus löytyy. Pakkaskeleillä on myös puhallettava letkut huolella kuivaksi työvuoron päätteeksi.” (Pyöriäinen, haastattelu 15.3.2017.)

CT- Pulteissa erityisen tärkeää on, että reiän koko on ankkurivalmistajan ilmoittaman kokoinen. Jos on liian iso reikä, niin kärkikappale ei lähde kiristymään, ja jos on liian pieni reikä, niin kärkikappale ei mene reikään. Liian ahtaassa reiässä on myös suuri todennäköisyys, että kärkikappale leviää kiristyskelvottomaksi pultin työntövaiheessa, koska se jumittaa reiän seinämiin. Reikien on myös oltava ehdottaman suoria, juurikin edellä mainitsemien syiden takia.

2. Kallion injektoinnin merkittävin työaikamenekin vaikutin on kallionlaatu. Mitä huonompi kallionlaatu on, sitä suurempi negatiivinen vaikutus sillä on työaika- ja massamenekkiin. (Pyöriäinen, haastattelu 15.3.2017.)

Reikien sijainnilla toisiinsa nähden on pientä vaikutusta työsaavutukseen. Mikäli välimatka pamppuaseman ja injektointipaikan välillä kasvaa, katkeaa näkö- ja kuuloyhteys työparin välillä. Tällöin toinen työparista joutuu kulkemaan väliä edestakaisin tiedon kuluksi.

Tätä ongelmaa ei pääsääntäisesti ole maanpäällisissä töissä, koska käytössä on tällöin radiopuhelimet. (Pyöriäinen, haastattelu 15.3.2017.)

Työskentely vuodenajalla on vaikutusta myös tähän työmenetelmään, koska pakkasaikana joudutaan puhaltamaan letkut huolella kuiviksi ja huolehtimaan injektointiaseman lämmityksestä työvuoron päätteeksi. (Pyöriäinen, haastattelu 15.3.2017.)

4.5 Taulukko

Kokosin työn lopputulokset yhteen Excel-pohjaiseen taulukkoon. Taulukossa esitetään työmenetelmäkohtaisia resursseja ja työmenetelmäkohtaisia työaikamenekkejä. Taulukossa on myös laskentaosio, jossa voidaan laskea työmenetelmäkohtaisia työsaavutuksia. Taulukon tiedot pohjautuvat tieteellisen kirjallisuuden ja haastattelujen tietoihin.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Vaikuttimien vaikutukset työaikameneikkiin

Työn pohjalta voidaan todeta, että vaikuttimien vaikutus työaikameneikkiin on merkittävä. Työaikameneikkien vaikuttimien vaikutus työmenetelmän kokonaiskustannuksiin on merkittävä, joka tulee ottaa huomioon suunnittelu ja työn tarjousvaiheessa.

Työ tuo esiin myös sellaisia vaikuttimia, joita pidetään työhön kuuluvina ja joista ennakkokäsittelenä pidetään, ettei niihin voida vaikuttaa vaikka niihin voidaan.

Kallion lujitus- ja injektointitöiden työaikameneikkien vaikuttimista voidaan opinnäytetyön teon ja sen tekoon liittyvän haastattelun pohjalta todeta, että vaikuttimien todellista työaikavaikutusta on todella hankala arvioida, koska ne ovat tapauskohtaisia. ”Esimerkiksi massaletkun tukoksen avaamiseen voi mennä 5 minuuttia tai sitten sitä saatetaan jouduta hakkaamaan pitkäänkin ja silti letkun tukosta ei saada avatuksi.” (Pyöriäinen, haastattelu 15.3.2017.)

5.2 Työaikameneikin yhdenvertaisuus

Työaikameneikeistä vertailu voitiin tehdä vain louhinnantyöaikameneikeistä, koska muista työmenetelmistä puuttui joko tieteellis- tai haastattelu-pohjainen työaikameneikki.

Louhinnan työaikameneikkien yhdenvertaisuudesta voidaan todeta, että Ratu:n työaikameneikki on aika varovainen ja siihen päästään lähes millaisissa työympäristöissä tahansa.

5.3 Taulukon toimivuus

Taulukosta tuli selkeä ja helppokäyttöinen. Taulukko saatiin ”itsestään laskevaksi.” Taulukon käytöstä järjestetään Jokioisten Maanrakennus Oy:n puolesta perehdytystilaisuus, jossa yrityksen työnjohto- ja toimihenkilöt perehdytetään taulukon käyttöön.

Kallion injektointi jätettiin pois taulukosta, koska tästä työmenetelmästä ei ole suoranaista työaikameneikkiä vaan se vaihtelee oleellisesti kallion laadusta ja reiän paikasta riippuen. Voi olla, että vierekkäiset reiät eroavat toisistaan radikaalisesti eli toisessa reissä on vuotoja ja toisessa niitä ei ole ollenkaan.

5.4 Työstä saadut hyödyt Jokioisten Maanrakennus Oy:lle

Jokioisten Maanrakennus Oy saa työstä teoreettista tietoa työmenetelmistä ja työmenetelmien työaikamenekeistä ja niiden vaikuttamista. Työtä pystytään käyttämään apuvälineenä jokapäiväisessä työn suunnittelussa ja aikataulutuksessa. Työ on suunnattu yrityksen työnjohdolle, työmaapäälliköille ja työpäälliköille.

Työtä voidaan käyttää apuna jo urakoiden laskenta- ja tarjousvaiheessa. Taulukoilla voidaan suunnitella työn aikataulutusta laskenta- ja tarjousvaiheessa.

Työn on tarkoitus helpottaa työmaalla syntyvien ongelmatilanteiden ratkaisua. Työssä esiteltyihin työaikamenekkiin vaikuttavien vaikuttimien ennaltaehkäisyyn ja niiden huomiointiin pystytään varautumaan ja tiedostamaan ne ennen kallioteknisten työmenetelmien aloittamista.

LÄHTEET

Copur H., Ozdemir L., Rostami J. 1997: Roadheader applications in mining and tunneling industries. Luettu 22.3.2017. Saatavissa: <http://emi.mines.edu/UserFiles/File/earthMechanics/roadheader/roadheader6.pdf>

Satola I., Koponen A., Mikkola J., Pöllä J., Bergström A., Åström G. 2014. Kalliopultitusohje. RIL 266-2014. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Ry

Syrjänen, P. (2006). Kalliotilojen injektointi 2006. Helsinki: Suomen betonitieto.

Rammer. 2017. Hydraulinen iskuvasara kiinnitettynä kaivinkoneeseen. Luettu 24.3.2017. http://www.rammer.com/portals/0/Images/rammer_wide_peruskuva.jpg

Ratu (2010). Perustusten vahvistaminen betonoimalla, injektoimalla ja pulttaamalla F1-0369.

Ratu (2017). Louhinta, menekit ja menetelmät 13-0249.

Ritola J., Vuopio J., (2002). *Kalliotilojen vesitiiveyden hallinta*. Espoo: VTT

Vuolio, R., & Halonen, T. (2012). *Räjätystyöt* (Päivitetty 2. p.). Helsinki: Suomen Rakennusmedia.

Wasa Dredging Oy. 2013. Porauslautta. Luettu 14.2.2017. <http://www.luettelomedia.com/wasa-dredging-vaasa-230451/>

HAASTATTELU

Pyöriäinen, J. 2017. Toimitusjohtaja. Suomen Rakennusvahvistus Oy. Haastattelu 15.3.2017

Martiskainen, M. 2017. Toimitusjohtaja. Räjätystys Kaksikko Oy. Haastattelu 18.4.2017

SUOMEN RAKENNEVAHVISTUS OY:N HAASTATELUKYSYMYKSET

Suomen Rakennevahvistus Oy Haastattelu kysymykset

1. Pulttauksen työaikamenekit mekaanisella kiinnitys periaatteella, juottamalla ja jännitettynä?
2. Injektionin työaikamenekki. Oletteko jaotelleet sitä jotenkin pulloreikien ja vuotorei'issä vuotomäärän mukaan?
3. Pulttaukseen vaikuttavat vaikuttimet ja mahdollisesti niiden ajallinen vaikutus työaikamenekkiin.
4. Injektointityöhön vaikuttavat vaikuttimet ja mahdollisesti niiden ajallinen vaikutus työaikamenekkiin.

Liite 2
RÄJÄYTYS KAKSIKKO OY:N HAASTATELUKYSYMYKSET

Räjätys kaksikko haastattelu

1. Kiilauksen työaikamenekki , käsin poraamalla ja poravaunulla.
2. Irtiporauksen työaikamenekki.
3. Avolouhinta räjähdaineella.
4. Tarkkuuslouhinta Räjähdeaineella.
5. "Etanoinni" työaikamenekki
6. Louhinta töiden vaikuttimet?
7. Kivien rikottaminen ja louhinta hydraulivasaralla.
 - a. Työaikamenekki .

LASKENTATAULUKKO KALLIOPINNAN PUHDISTUS "RUSNAUS" VÄLILEHTI




JOKIOISTEN
MAANRAKENNUS OY

Rusnaus

Rusnaus tapa	Tarv./kava työryhmiä	Työaikameneetti	Työhön liittyvät vaikuttimet	Vaikutus aikakerroin	Työsaavutus	Yksikkö	Huom.
Käsin rusnaus	RAM	0,052	Kallion rikkonaisuus	1,00	153,8	m ² /tv	
Käsin rusnaus	KQH30	0,0251	Kallion rikkonaisuus	1	286,9	m ² /tv	
Käsin rusnaus	KQH120		Puhdistus asuste	0,95			
	KQH16			0,9			
	KQH<10			0,85			
	RAM			0,8			
	ZRAM			0,75			
				0,7			
				0,65			
Yhteensä laskettu työsaavutus:						440,69874	m²/tv



LASKENTATAULUKKO LOUHINTA VÄLILEHTI

 JOKIOISTEN MAANRAKENNUS OY	Louhinta						
Louhintatapa	Tarvittava työryhmä	Työaikamenekki	Työhön liittyvät vaikuttimet	Vaikutus aikakerroin	Työsaavutus	Yksikkö	Huom.
Räjähdeseine	RAM	0,2	Kallion rikkonaisuus	1,00	40 m ³ /tv		
Melakemien killaus	KKH30-Hammeri		Melu	1,00	#ARVOI m ³ /tv		
Raskaat Rammit*	KKH-20-Hammeri		Tärinä	0,95	#ARVOI m ³ /tv		
Räjähdeseine	RAM		Ympäristö	0,90	#ARVOI m ³ /tv		
Paksuva seementi	ZXR-AM		Ilna-sallion paine	0,85	#ARVOI m ³ /tv		
Melakaistetut tyrsynit	Pora-auku		Kiven heitto/sinkoutuminen	0,80	#ARVOI m ³ /tv		
	Kommando		Katseiluokset	0,75	#ARVOI m ³ /tv		
	Jyrsin		Kallion laatu	0,70	#ARVOI m ³ /tv		
			Poraus	0,65	#ARVOI m ³ /tv		
					#ARVOI m ³ /tv		
					#ARVOI m ³ /tv		
					#ARVOI m ³ /tv		
					#ARVOI m ³ /tv		
Yhteenlaskettu työsaavutus:						#ARVOI	m ³ /tv

Lujitus

LASKENTATAULUKKO LUJITUS VÄLILEHTI

Lujitus tapa	Tarvittava työryhmä	Työaikamenekki	0,1	Työhön liittyvät vaikuttimet	Vaikutus aikakerroin	Työsaavutus	Yksikkö	Huom.	
Juotettu pultti	RAM			Kallion rikkonaisuus	1,00	80	m/tv		
Jäntelevy pultti	2xRAM			Tarviksen halkaisija ja pituus	0,95		#ARVOI m/tv		
Jäntelevy CT-Pultti				Reikien koko ja suoruus	0,90		#ARVOI m/tv		
				Reikien määrä	0,85		#ARVOI m/tv		
				Poraus	0,80		#ARVOI m/tv		
				Reikien sijainti (katto, seinä, lattia)	0,75		#ARVOI m/tv		
				Pitkä pumppaus matka	0,70		#ARVOI m/tv		
				Reikien puhdistus	0,65		#ARVOI m/tv		
				Keskittimen määrä			#ARVOI m/tv		
							#ARVOI m/tv		
							#ARVOI m/tv		
							#ARVOI m/tv		
							#ARVOI m/tv		
Yhteensaskettu työsaavutus:							#ARVOI	m/tv	

