

Digitalisaation hyödyntäminen louhinnassa



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeen ammattikorkeakoulukeskus, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Kevät, 2020

Riija Härkönen

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, rakennusinsinööri (AMK)
Hämeenlinnan korkeakoulukeskus

Tekijä	Riija Härkönen	Vuosi 2020
Työn nimi	Digitalisaation hyödyntäminen louhinnassa	
Työn ohjaaja	Jukka Tiala	

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää millaisia tietokoneohjelmia sekä laitteistoja on käytössä työn tilaajalla avolouhinnan suunnittelussa ja toteuttamisessa. Työssä tutustuttiin Maansiirtoliike Manninen Oy:n toimintatapoihin ja heillä käytössä oleviin tietokoneohjelmiin sekä niitä tukeviin sovelluksiin ja laitteistoihin. Työssä tarkasteltiin ohjelmien sekä laitteiden käytettävyyttä ja merkitystä koko prosessille. Digitalisaation hyödyntämisellä parannetaan ja tehostetaan työn toteuttamista, jolla on positiivinen vaikutus myös työturvallisuuteen ja kustannuksiin.

Tutkimusmenetelmä oli empiirinen tutkimus. Tutkimus toteutettiin käyttämällä louhintatyössä käytettyjä laitteistoja sekä ohjelmia, jotka olivat Drone-kuvaus, Trimblen Stratus-palvelu, SHOTPlus, reikäsuoruuksmittaus ja Trimble Groundworks 3D-koneohjaus. Opinnäytetyöntekijä tutustui ohjelmien käyttöön ja työskenteli niillä. Materiaali työtä varten kerättiin omien käyttökokemusten perusteella sekä alan kirjallisuudesta ja internetlähteistä.

Opinnäytetyön tietoperustassa käsiteltiin louhintatyön perusteita, termejä sekä käytössä olevia työmenetelmiä. Työssä käsiteltyjen ohjelmien ja laitteistojen käyttötarkoitukset selostettiin ja kerrottiin, miksi niiden käyttäminen on hyödyllistä louhintatöissä. Tavoitteena oli tiivistää, minkälaista etua teknologian hyödyntäminen tuottaa yritykselle.

Tutkimuksen keskeinen tulos oli se, että parhaan hyödyn laitteista ja ohjelmista saa käyttämällä niitä yhdessä, tällöin tiedon hyödyntäminen on tehokasta.

Avainsanat digitalisaatio, koneohjaus, louhinta, reikäsuoruuksmittaus

Sivut 48 sivua, joista liitteitä 14 sivua

Degree Programme in Construction Engineering
Hämeenlinna University Centre

Author	Riija Härkönen	Year 2020
Subject	Utilization of digitalization in mining	
Supervisor	Jukka Tiala	

ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's thesis was to find out what kind of computer programs and hardware are used by the company Maansiirtoliike Manninen Oy in the planning and implementation of open-cast mining. The company's operating methods, computer programs and the applications and hardware supporting them were introduced. Also, the usability and significance of programs and equipment for the whole process were examined. The utilization of digitalization improves and enhances the implementation of work, which also has a positive effect on occupational safety and costs.

The basics of excavation work, terms and the working methods used were also discussed. The uses of the programs and hardware discussed in the thesis were described explaining why their use is useful in excavation work. The aim was to summarize the benefits of utilizing technology for the company.

The research method was an empirical study. The study was carried out using the equipment used in the excavation work and software that included Drone imaging, Trimble's Stratus service, SHOTPlus, hole straightness measurement, and Trimble Groundworks 3D machine control. The material for the thesis was collected on the basis of user experiences including publications in the field and web sources.

The results of the study show that the best use of hardware and software can be obtained by using them together, in which case the utilization of information is efficient.

Keywords digitalization, machine control, mining, hole straightness measurement

Pages 48 pages including appendices 14 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	2
2	YLEISTÄ LOUHINNASTA.....	3
2.1	Pengerlouhinta.....	4
2.2	Tarkkuuslouhinta.....	5
2.3	Louhinta avokaivoksessa.....	6
2.4	Suunnittelun perusteet.....	7
3	TYÖMENETELMÄT.....	10
3.1	Valmistelevat ja lopettavat työt.....	10
3.2	Poraus.....	11
3.2.1	Rakolinjanporaus.....	13
3.3	Panostus.....	14
3.3.1	Rakolinjanpanostus.....	15
4	OHJELMIEN KÄYTTÖTARKOITUKSET.....	17
4.1	Yleistä suunnitteluohjelmista.....	17
4.2	Drone-kuvaus.....	17
4.2.1	Fotogrammetria.....	18
4.2.2	Pistepilvi.....	18
4.2.3	Trimblen Stratus-palvelu.....	18
4.3	SHOTPlus.....	19
4.3.1	Räjäytyssuunnitelma.....	19
4.3.2	Panostussuunnitelma.....	20
4.3.3	Keulapinnan mallinnus ja huomioiminen.....	21
4.3.4	Toteumatiedon hyödyntäminen.....	21
4.4	Reikäsuoruuksmittaus.....	21
4.4.1	Porareian taipuminen.....	22
4.4.2	Reikäsuoruuksmittauslaitteisto.....	22
4.5	Trimble Groundworks 3D-koneohjaus.....	23
5	OHJELMIEN HYÖDYT.....	25
5.1	Drone-kuvaus.....	25
5.2	Trimblen stratus-palvelu.....	25
5.3	SHOTPlus.....	26
5.4	Reikäsuoruuksmittaus.....	28
5.5	Trimble Groundworks 3D-koneohjaus.....	29
6	POHDINTA.....	31
	LÄHTEET.....	33
	Liitteet	
	Liite 1 Opinnäytetyö -Kysely louhinnasta	
	Liite 2 Thesis -Gallup poll for mining	

ERITYISSANASTO

Drone	Kauko-ohjattava miehittämätön ilma-alus
Fotogrammetria	Alueen kolmiulotteista mittausta alueesta otetuilla kuvilla
Kynsi	Louhitun alueen pohjan tavoitetasoa korkeammalle jäänyt kallion osa
Laserskannaus	Mittaustapa, joka perustuu lasersäteiden lähettämiseen ja niiden kohteesta takaisin kimpoamiseen
Malmi	Luonnollinen mineraaliesiintymä, josta voidaan taloudellisesti tuottaa metalleja
Pistepilvi	Fotogrammetrian kolmiulotteinen mittaustulos
Rikko	Räjähdyksessä syntynyt ylisuuri lohkare, joka täytyy rikkoa pienemmäksi
SHOTPlus	Orican tarjoama ja ylläpitämä louhinnan suunnitteluohjelma
Sinkoilu	Kiven hallitsematon lento vaarallisen alueen ulkopuolelle
Vaarallinen alue	Räjätettävän kohteen ympäristö, jossa henkilö voi vahingoittua
Prillattu	Ammoniumnitraatin muoto, joka on rakeinen tai liuos
Ryöstö	Louhinnassa on irronnut suunniteltua enemmän kalliota

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön taustalla on automatisaation ja tekniikan kehittyminen maanrakennusalalla. Digitalisaatio näkyy työkoneiden koneohjausjärjestelmien ja erilaisten tietokoneohjelmien tulemisena markkinoille. Ohjelmistojen tarkoituksena on parantaa ja tehostaa työn toteuttamista sekä työturvallisuutta.

Työssä tutustuttiin työn tilaajan louhinnassa käytettäviin tietokoneohjelmiin sekä niitä tukeviin sovelluksiin ja laitteistoihin. Tavoite oli perehtyä niiden käyttöön ja hyödyntämiseen tuotannossa sekä suunnittelussa. Tärkeässä osassa työtä oli tutkia, oliko ohjelmilla vaikutusta kustannuksiin, aikatauluun sekä työturvallisuuteen.

Työn tilaaja Maansiirtoliike Manninen Oy on yritys, joka on erikoistunut maanrakennukseen sekä louhintaan. Yritys toimii pääasiassa Etelä-Suomen alueella. Opinnäytetyön kohdetyömaana toimi Valkeakosken avokaihos, jossa malminlouhinta aloitettiin syksyllä 2018. Dragon Mining Oy:n Kaapelinkulman kultakaivoksesta tavoitteena on saada 300 kiloa kultaa kahden vuoden aikana. Malmin louhinnassa sivukiveä syntyy noin 850 000 tonnia, joka on tarkoitus hyödyntää maanrakennusaineena (Aamulehti, 2018).

Työn tietoperustassa perehdyttiin louhinnan perusteisiin ja selostettiin yksityiskohtaisesti, miten työ toteutetaan. Työssä käsiteltiin ohjelmien käyttötarkoituksia ja ominaisuuksia käytännön esimerkkien kautta. Tarkoituksena oli tuoda esille, millaisia konkreettisia hyötyjä tietokoneohjelmista sekä laitteistoista on ja miten niiden tuottamaa tietoa voidaan hyödyntää tehokkaasti. Työssä käytettiin muun muassa Orican SHOTPlus -suunniteluohjelmaa sekä reikäsuoruumittalaitteistoja.

Opinnäytetyötä varten toteutettiin kaksi internetkyselyä, jotka lähetettiin yhteensä 87 louhinta-alan yritykselle. Ensimmäinen kysely toteutettiin suomenkielisenä ja toinen englanninkielisenä, joka suunnattiin ruotsalaisille sekä norjalaisille alan toimijoille. Kyselyillä kartoitettiin, kuinka paljon yrityksillä on käytössä louhinnan suunnitteluun suunnattuja tietokoneohjelmia ja niitä tukevia laitteita ja sovelluksia sekä onko ohjelmiin investointi ollut kannattavaa ja millaisia huomioita he ovat tehneet laitteiden hankinnan myötä.

2 YLEISTÄ LOUHINNASTA

Louhinnalla tarkoitetaan kallion irrottamista räjäyttämällä. Rakennus- ja kaivosteollisuudessa käytetään paljon louhintaa kiviaineksen irrottamisessa. Louhintatavat voidaan jakaa useaan eri kategoriaan, jotka ovat avolouhinta, tunnelilouhinta ja vedenalainen louhinta. Avolouhintaan kuuluu pengerlouhinta sekä kanaalilouhinta. Kanaalilouhinnassa kallion sivupinnat jäävät paikoilleen ja näin vaikeuttavat kiven irtoamista verrattuna pengerlouhintaan, jossa kiveä irrotetaan leveältä alueelta samanaikaisesti (Jääskeläinen, 2010, s. 199). Tässä opinnäytetyössä perehdytään tarkemmin pengerlouhintaan, joka pitää sisällään maanpinnalla tehtävän louhinnan.

Yleisin tarve louhinnalle on silloin, kun kalliota täytyy poistaa uusien rakenteiden tieltä. Kunnallistekniikalle voidaan päätyä louhimaan kanaali, johon asennetaan tarvittavat putkilinjat ja kuivatusrakenteet. Kallio pystytään louhimaan talon tulevien perustuksien tasoon sekä teiden rakennekerroksien tasoon. Kaivoslouhinnassa kalliosta louhitaan mineraaleja sekä malmeja. Tarvekilouhinnalla tarkoitetaan kallion rikottamista tarve- ja hyötykiveksi, niitä on muun muassa reunakivet ja kalliomurske. Kalliomursketta käytetään esimerkiksi talon perustuksissa sekä teiden rakennekerroksissa.

Louhinnan tarkoituksena on rikkoa kallio niin, että se on helposti siirreltävässä. Tulevien rakenteiden tieltä räjäytettävän kallion räjäytyksestä syntyvä kiviaineis voidaan hyödyntää murskaamalla, jolloin sitä voidaan käyttää myös muussa maa-, talo- ja infrarakentamisessa. Kallion irrotusräjäytyksen tärkeimmät tavoitteet ovat kivien lohkaroitaminen ja lohkaroituneen kallion heitto. Heittoon sekä kallion lohkaroitumiseen vaikuttavat kallion geologiset- sekä räjähdysaineen ominaisuudet. (Vuolio & Halonen, 2019, s. 106).

Louhinnan vaiheet ovat yleisesti porauksen suunnittelu, poraus, panostus, räjäytys ja rikotun kiven kuljetus. Suurilla louhintatyömaille eri vaiheet toistuvat monta kertaa peräkkäin tai eri puolilla työmaata samanaikaisesti. Rakennustyömaille louhinta on pienimuotoisempaa verrattuna kaivos- tai kiviaineslouhintaan. Usein rakennustyömaille tehtävässä louhinnassa vaaditaan parempaa tarkkuutta ja varovaisuutta. Tämä lisää kustannuksia rakentamisessa tehtävässä louhinnassa ja tätä pyritään optimoimaan, että kustannukset pysyisivät mahdollisimman alhaisina. Merkittäviä säästöjä voidaan saavuttaa tuotannon optimoinnilla, etenkin rakennusteollisuudessa kaivoksilla ja kiviaineslouhimoilla, joissa louhinta on rutiinimaista. (Jääskeläinen 2010, s. 227, s. 442.)

Louhittavan kiviaineksen haluttu tarkkuus, määrä ja ympäristö vaikuttavat louhinnasta syntyviin kustannuksiin. Tärinärajoitukset, työaika rajoitukset sekä suojaamisen tarve ovat riippuvaisia ympäristöstä. Yleisesti voidaan

sanoa, että asutulla alueella louhiminen on kalliimpaa kuin asumattomalla alueella. (Vuolio & Halonen, 2012, s. 179)

2.1 Pengerlouhinta

Yleensä avolouhinta toteutetaan pengerlouhintana. Pengerlouhinnassa avoimia purkautumissuuntia on ainakin kaksi. Räjähdyksessä kallio paisuu irrotessaan ja tarvitsee tilaa purkautumiseen. Yleensä purkaantumissuunnat ovat ylös ja penkereen suuntaan. Pengerlouhinnassa panostusreiät porataan kallion päältä joko pystysuoraan tai hieman kaltevasti, jolloin reiät kallistuvat räjäytettävän kalliorintauksen suuntaisesti. Reikien kallistamisella saadaan kasvatettua reikien pohjalla olevan kallion vapaata purkaantumiskulmaa, jonka vaikutuksena iskuaaltoenergia kohdistuu paremmin kallion irti leikkaukseen. Tällä saadaan vähennettyä kynsien syntymistä räjäytettävän kentän pohjalle. Louhittavassa kentässä on yksi tai useampi porausreikäriivi. Haastavissa kohteissa voidaan käyttää louhoksen pohjalle vaakasuuntaisesti porattuja apureikiä (Vuolio & Halonen, 2012, s. 106, s. 113, s. 125, s. 142, s. 172) Pengerlouhinnassa yleensä käytetty porareikien halkaisija on 64–152 millimetriä, jossain kohteissa on otettu käyttöön porakalustoa, joka käyttää suurempiakin reikäkokoja (Lappalainen & Paalumäki 2015, s. 109, s. 110, s. 111).

Pengerlouhinta koostuu useasta työvaiheesta, alla on esitetty mitä nämä työvaiheet ovat oikeassa järjestyksessä.

Pengerlouhinnan työvaiheet ovat

- pintojen mittaus, mallinnus
- maanpoisto,
- poraus, panostus, räjäytys,
- rikotus (iskuvasaralla/räjäyttämällä),
- louheen lastaus ja kuljetus,
- murskaus.

Pengerlouhinnassa räjähdysaineet ovat seoksia, jotka normaalisti koostuvat kahdesta tai useammasta komponentista. Olennaisia ainesosia ovat palava ainesosa sekä happea tuottava komponentti. Yleensä seos sisältää räjähdysainekomponentin, joka voi olla esimerkiksi pentriitti, trinitrotolueneeni, heksogeeni ja nitroglykoli. Tavanomainen aines on ammoniumnitraatti, joka voi olla kiteistä, jauhettua, liuosta tai prillattua. (Lappalainen & Paalumäki, 2015, s. 183)

Noin 75-80 prosenttia kustannuksista muodostuu välittömistä kustannuksista. Ne sisältävät ainoastaan työstä syntyvät kustannukset. Loput kustannukset ovat yhteiskustannuksia, joiden osuus on 20-25 prosenttia. Yhteiskustannuksia ovat kulut, joita ei voi suunnata erityiselle työvaiheelle, joita ovat työnjohdon- ja vakuutuskustannukset. Taulukossa 1 on esitelty, millä

tavalla avolouhinnan välittömät kustannukset jakautuvat. (Vuolio & Halonen 2012, s. 179.)

Taulukko 1. Avolouhinnan välittömien kustannusten osuudet (mukaillen Vuolio & Halonen 2012, s. 179)

Työvaihe	Kustannusosuus välittömistä kustannuksista %
Poraus	10-25
Panostus	10-20
Kuormaus	15-20
Kuljetus	20-40

2.2 Tarkkuuslouhinta

Tarkkuuslouhinnan tarkoituksena on louhia kallioon alue annettujen poikkeamien tarkkuudella. Tarkkuuslouhinnan tavoitteena on muodostaa rakoilemattomat sekä tasaiset kallioseinämät. Käyttämällä tarkkuuslouhintamenetelmää riski varisevista kivistä on pienempi leikkaus kohdissa, tarvittavan betonin määrä pienenee, kun valetaan kalliota vasten sekä kalliorakenteen pidempi ja turvallisempi käyttöikä ja kunnossapitotarve on pienentynyt. (Vuolio & Halonen 2010, s. 261-262). Tarkkuuslouhintaa voidaan toteuttaa monella eri tavalla ja siitä onkin monia muunnelmia. Kaikkien menetelmien tarkoituksena on vähentää kallion rakoilua sekä jännitystä tarkoitettun louhintalinjan reunapinnoilla. (Olofsson, 1997, s. 174).

Kun räjäytetään samanaikaisesti lähellä sijaitsevat porareivät, saadaan kallioon toteutettua tasainen pinta. Tämä perustuu siihen, että reikien välille syntyy toisiaan kohtaavia paineaaltoja, jotka rikkovat kallion ja muodostavat halkeaman tai raon. Jotta kallion seinämä saadaan pidettyä mahdollisimman ehjänä, vaaditaan muodostettavan raon suuntaisissa rei'issä normaalia irrotuslouhintaa huolellisempaa ja tiheämpää porausta sekä tarkemmin suunniteltua panostusta. Panostustiheys on pieni verrattuna irtilouhintaan. Tavoite on, että reiät räjäytetään samanaikaisesti tai käyttämällä 1-2 millisekunnin viivettä reikien välillä. (Vuolio & Halonen 2010, s. 261, s. 262, s. 269.)

Tarkkuuslouhinnan onnistumiseen sekä menetelmän valintaan vaikuttaa kallion geologiset ominaisuudet, joita ovat kallion rakenne ja lujuus. Samalla tarkkuuslouhinnan tekniikalla ei voida taata samanlaisia tuloksia eri kohteissa, joissa kallion geologisissa ominaisuuksissa on eroavaisuuksia. Oikean menetelmän ja reikävälin löytämiseksi voidaan kohteessa tehdä koe louhintoja vähemmän kriittisillä alueilla. Tehdyistä tarkkuuslouhinnoista saadulla toteumatiedoilla voidaan päivittää suunnitelmia, joita voidaan hyödyntää tulevaisuudessa. (Stiehr, 2011, s. 871, s. 873.)

2.3 Louhinta avokaivoksessa

Pengerlouhinta on yleisin louhintamenetelmä pohjoismaissa. Maan alla suoritettava louhintatyö on taloudellisesti kannattamattomampaa verrattuna maan päällä tehtävään avolouhintaan. Avokaivoksessa tehtävä pengerlouhinta aloitetaan ylhäältä, josta se lähtee etenemään alaspäin taso kerrallaan, tarkoituksena on saavuttaa suunniteltu tavoitesyvyys. Ensimmäiseksi louhitaan luiska, jonka jälkeen tasoa laajennetaan vaakasuunnitelmalla. Kun taso on laajennettu suunnitellusti, voidaan louhinta jatkaa seuraavalle tasolle. Tasot voidaan yhdistää luiskilla, jotka toimivat myös ajoiteina. Louhosautot kuljettavat sivukiveä ja malmia luiskia pitkin pois kaivoksesta. (Lappalainen & Paalumäki 2015, s. 107, s. 108, s. 109.) Kuvassa 1. näkyy, millainen muoto avokaivokselle syntyy töiden edetessä.



Kuva 1. Valkeakosken avokaivos, kuvassa näkyy kuinka ajorampit alkavat muodostua

Kaapelinkulman kaivoksessa malmia ei rikasteta paikan päällä, vaan se kuljetetaan Sastamalan rikastamolle, missä se jatkokäsitellään. Malmin louhinnasta tuleva sivukivi ajetaan louhoksen vieressä sijaitsevalle läjitysalueelle louhosautoilla. Sivukiveksi kutsutaan kiveä, joka erotetaan kaivoksessa varsinaisesta jatkokäyttöön soveltuvasta malmista.

Kaapelinkulman kaivoksella sivukiven porauksessa käytetään 5-18 astetta etukallistettuja reikiä, joiden halkaisija on 76 mm. Kenttärei'issä sekä rako-
linja rei'issä käytetty porareian halkaisija on myös 76 mm. Malmin ja sivukiven louhinnassa etu ja reikäväli vaihtelevat tapauksittain. Sivukiven louhinnassa yleisesti käytetty poraruuden koko on 2,2 metriä kertaa 2,7 metriä, kun taas malmin louhinnassa poraruuden koko on 1,2 metriä kertaa

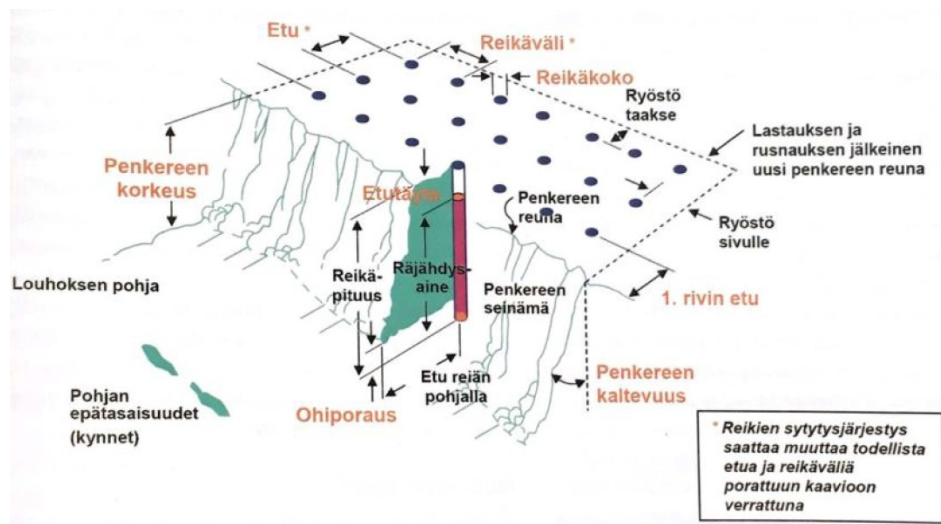
1,5 metriä. Rakolinjan räjäytyksessä käytetään tarkkuuslouhinnanmenetelmää raonräjäytys, jossa käytetty reikäväli on 1,2 metriä.

Aiemmin malmin irrottamisessa on käytetty paikalleen räjäytysmenetelmää, joka on yksi pengerialouhinnan variaatioista. Nykyisin malmi louhitaan tavanomaisena pengerialouhintana, malmin ja sivukiven kontaktin räjäytys toteutetaan tarkkuuslouhintana. Malmin louhinnassa käytetään räjäytysmattoja, jotka rajoittavat kiviaineksen leviämisen laajemmalle alueelle, kuin on haluttu. Sivukiven louhinnassa ei käytetä räjäytysmattoja. ”Räjäytyksestä aiheutuva vaara ja peittämisen tarve on asianmukaisesti selvitettävä ja arvioitava räjäytys suunnitelmassa. Peittäminen on toteutettava suunnitelman mukaan. Räjäytettävä kohta on asutulla alueella aina peitettävä tarkoitukseen sopivilla peitteillä tai muulla luotettavalla tavalla. Räjäytettävä kohta on peitettävä kaivoksessa, maanalaisessa louhinnassa ja asutun alueen ulkopuolella, jos sinkoilusta voi aiheutua vaaraa.” (Valtioneuvoston asetus räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta 644/2011 § 15.) Ennen malmin räjäyttämistä alue tyhjennetään aiemmassa räjäytyksessä syntyneestä sivukivestä. Näin varmistetaan, että malmi ei sekoitu sivukiven kanssa ja on helposti lastattavissa. Malmia poratessa, malmin muoto määrittää porauskulman, joka poikkeaa sivukiven porauksesta. Malmi erotetaan sivukivestä poraamalla malmin muotoa myötäilevä rako linja. Rakolinjan tarkoitus on erottaa malmi mahdollisimman tasaisesti sivukivestä. Rakolinjamenetelmä on yksi tarkkuuslouhintamenetelmistä.

2.4 Suunnittelun perusteet

Tärkein tavoite louhinnan suunnittelussa on saada kallio lohkaroitumaan ja siirtymään halutulla tavalla noudattaen turvallisuus vaatimuksia. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon kallion geologiset ominaisuudet, räjähdysgeometria, käytössä olevien sytytysvälineiden ja räjähdysaineiden ominaisuudet. Kallion geologisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi kallion rakoilu, kovuus ja kalliotyyppin vaihtelevuus. Suunnittelussa on myös otettava huomioon räjäytysgeometria, millä tarkoitetaan räjäytyksen suuntaista purkautumiskulmaa. Ominaisuuksiltaan räjähdysaineet voivat erota toisistaan, kuten käytetyn patruunan koolla voi olla vaikutus sen ominaisuuksiin. Aikaväli- ja sytytysjärjestyksen suunnittelussa tärkeimmät eroavaisuudet sytytysjärjestelmissä ovat hidasteiden tarkkuudessa. (Vuolio & Halonen, 2012, s. 110)

Pengerloughintaa suunniteltaessa käytetään paljon erilaisia termejä sekä käsitteitä. Kuvassa 2. on kuvattu pengerloughinnan käsitteistöä.



Kuva 2. Pengerloughinnan käsitteitä (Lappalainen & Paalumäki, 2015, s. 110)

Panostussuunnitelmaa tehtäessä on tärkeä tietää mikä ominaispanostusaste on oikea louhittavalle kalliolle. Kerran räjäytetyn kentän lopputulokseen ei voi enää vaikuttaa. Sen vuoksi panostajan sekä suunnittelijan tulee olla tietoisia asioista, jotka vaikuttavat räjäytettävän kentän onnistumiseen. Kun kenttä on räjäytetty, räjäytyksestä tehdään analyysi. Analyysin sisältämää tietoa voidaan hyödyntää tulevissa räjäytyksissä. Sen perusteella on mahdollista muuttaa ominaispanostusta tai -porausta. Tavoitteena on, että tuleva räjäytys olisi aiempaa onnistuneempi. (Vuolio & Halonen, 2019, s. 111.)

”Panostajan on tehtävä räjäytettävästä kentästä tai muusta räjäytyskohdeesta kirjallinen räjäytyssuunnitelma, joka sisältää tiedot porauksesta, räjähteestä ja sen määrästä, panostamisesta, sytytyksestä ja sytytysjärjestyksestä, peittämisestä, räjäytysajankohdasta, vaarallisesta alueesta ja varmistustoimenpiteistä sekä muista räjäyttämisen turvallisuuden vaikuttavista tekijöistä.” (Valtioneuvoston asetus räjäytys- ja loughintatyön turvallisuudesta 644/2011 5 §)

Räjäytyssuunnitelman laatiminen alkaa purkautumissuunnan valinnalla, joka on yleensä avoimen penkereen suuntaan. Purkautumissuuntaa voidaan säädellä myös sytytysjärjestyksellä. Purkautumissuunnan valinnan jälkeen suunnitellaan etu- ja reikäväli eli sijoitetaan porattavat reiät. Reikien sijoittelun jälkeen suunnitellaan käytettävien reikäpanoksien suuruus sekä koostumus. (Vuolio & Halonen 2012, s. 113.)

Räjäytyssuunnittelun tärkeä osa on sytytysjärjestelmän laatiminen. Erilaisilla sytytysjärjestelyillä voidaan luoda mahdollisuuksia louhekanan muotoilemiseen sekä tärinöiden suunnitteluun. Esimerkiksi jos käytetään

sähkönallega, L-nalleja, erinumeroiset nallit räjähtävät 25 millisekunnin välein. Tällöin aikaero on niin suuri, että eri aikaan räjähtävien nallien panokset voidaan katsoa erillisiksi panoksiksi tärinöiden suhteen. Kentässä on 36 panosta, niistä yhdeksi tärinää aiheuttavaksi panokseksi tulee katsoa 9 panoksen summa. Tätä kutsutaan momentaaniseksi panokseksi. (Jääskeläinen, 2010, s. 223). Syttymisjärjestys suunnitellaan niin, että lähimpänä kalion reunaa olevat reiät räjähtävät ensin, jonka jälkeen reiät räjähtävät riviriviltä ja viimeisenä räjähtää taaimmaisat reiät.

3 TYÖMENETELMÄT

3.1 Valmistelevat ja lopettavat työt

Ennen töiden aloittamista tarkistetaan työtä koskevat viranomais määräykset ja, että louhintatyön edellyttämät ilmoitukset on tehty ja luvat ovat voimassa. Ennen räjäytystöiden aloittamista kaivosalueella ja sen ulkopuolella, järjestetään katselmointi, jossa käydään läpi kaikki lähialueen rakennukset ja laitteet, jotka ovat vaarassa vaurioitua. Rakennukset dokumentoidaan käyttämällä kameraa ja asentamalla värinämittareita tarpeen mukaan. Värinämittarit tulee kiinnittää mahdollisimman lähelle louhintatärinöiden syntyä paikkaa, esimerkiksi rakennuksen kivijalkaan. Rakennuksista kuvataan seinälinjat, perusmuurit ja vaurioherkät kohdat. Jos rakennuksessa on jo havaittuja vaurioita, ne tulee dokumentoida, ettei niitä sekoiteta mahdollisiin louhintatöiden aiheuttamiin vaurioihin. Alueella sijaitsevien putkien, johtojen ja kaapeleiden sijainti tulee selvittää ja tarvittaessa suojata. Kaivoksella katselmointi on järjestetty ennen töiden aloittamista, joten sitä ei suoriteta ennen jokaista räjäytystä.

Räjäytyskohteen vaarallinen alue sekä suojapaikat on määriteltävä ja osoitettava, räjäytystyön johtajan toimesta. Vaarallinen alue on varmistettava ennen jokaista sytyttämistä niin, että vaarallisella alueella ei ole ylimääräisiä räjähteitä eikä ihmisiä. Räjäytyksestä annetaan räjähdys hetkeen saakka jatkuva kuuluva äänimerkki. (Valtioneuvoston asetet räjäytystyön- ja louhinnan turvallisuudesta 644/2011 § 16).

Työntekijät on perehdytetty kaivokselle ja heille on annettu opastus työhön. Työntekijöille on selvitetty laatuvaatimukset ja niiden varmistusmenetelmät ja työturvallisuusohjeistus. Räjäytystyön johtajalla, panostajalla, räjäyttäjällä ja räjäytystyöntekijällä täytyy olla viranomaisten edellyttämä pätevyys ja lupakirjat. Räjäytystyön johtajan nimi on ilmoitettu työntekijöille. Poliisille tehtävä ilmoitus räjäytystyöstä tehdään viimeistään seitsemän vuorokautta ennen työn aloittamista. (Ratu 0443, 2017, s. 6)

Louhintatyöt aloitetaan puhdistamalla kallion pinta kaikesta maa-aineksestä. Puhdistustöiden jälkeen maaston muodot mitataan suunnittelua varten. Maaston mittaukseen on useampi vaihtoehto, jotka ovat takymetrimittaus, GPS-mittaus, laserkeilaus sekä Drone-kuvaukset. Maaston mittauksesta saatu tieto hyödynnetään louhittavan kentän suunnittelussa.

Työkoneisiin tulee tehdä tarvittavat käyttöönottotarkastukset ennen työn aloitusta. Tehdyistä tarkastuksista pidetään pöytäkirjaa, joka säilytetään työmaalla.

3.2 Poraus

Yleensä louhinnassa poraus tehdään poravaunulla, jota ohjaa porari. ”Ennen poraamisen aloittamista on tarkistettava, että se voidaan tehdä räjäytysuunnitelman mukaan turvallisesti” (Valtioneuvoston asetus räjäytystyön- ja louhinnan turvallisuudesta 644/211 § 13). Poraus aloitetaan avamalla koneohjausmalli, jonka mukaan reiät porataan. Kun suunnitelman mukainen reikä on porattu, reikään asennetaan muovinen suoja, joka estää hiekan ja kivien vierimisen valmiiseen reikään. Joskus työmaalla on mahdotonta porata suunnitelmien mukaisesti, tällöin porarin ammattitaito ja tiedonkulku työmaalla korostuvat. ”Vanhaa reikää ei saa porata ennen kuin on varmistettu, ettei reiässä ole räjähdettä. Jos porattavassa kohteessa epäillä olevan räjähdettä, poraus on heti keskeytettävä. Samoin on panostetun tai panostettavan reiän lähellä poraaminen heti keskeytettävä, jos epäillä reikien yhtymisen vaaraa” (Valtioneuvoston asetus räjäytystyön- ja louhinnan turvallisuudesta 644/211 § 13).

Yleensä pengerialouhinnassa poraus toteutetaan käyttäen päältälyövää porauskalustoa. Päältälyövä porauskalusto hyödyntää toiminnassaan pyöritystä, syöttövoimaa ja iskuenergiaa, joiden avulla poraustyö on mahdollista. Iskuenergian sekä pyörityksen poratankoon luo poravaunun puomissa sijaitseva poravasara. Energia siirtyy porakruunuun poratangon välityksellä, porakruunusta energia siirtyy kallioon. Jotta poraus onnistuisi poravaunussa tulee olla huuhtelu. Huuhtelulla porauksesta syntynyt kiviöly poistetaan reiästä. Huuhtelu toteutetaan paineilmalla onton poratangon läpi. (Vuolio & Halonen, 2012, s. 130.)

Porauskaluston valintaan vaikuttaa kallion ominaisuudet sekä louhittavan kallion määrä. Pengerlouhinnassa käytetään joko kevyitä tai keskiraskaita poravaunuja. Kuvassa 3. on näytetty keskiraskas poravaunu, joka soveltuu hyvin avokaivos louhintaan, jossa yleisesti käytetty reikäkoko on d=76-89 mm.



Kuva 3. Keskiraskas poravaunu

Poraus työtä tehdessä tulee huomioida monia asioita, joita ovat porareikien oikeaoppinen kallistus, suuntaus sekä syvyys suunnitelmien mukaisesti. Tyypillisiä virheitä porauksessa on reiän väärä kallistus, väärä aloituspaikka, virheellinen reikäsyvyys sekä reiän taipuminen. Jos reikä on porattu väärään sijaintiin, seurauksena voi olla kiven huono lohkaroituminen sekä kynsien syntyminen. Yleensä poraukset tehdään ruudukkoon, tavoitteena on räjäyttää kallio rivi kerrallaan, jolloin edellinen rivi räjähtää ja työntyy eteenpäin, jolloin takana olevan rivi räjähtää silloin kun huojahdukset ja tärinä ovat sen kohdalla suurimmillaan (Jääskeläinen, 2010, s. 222).

Kallion ominaisuuksiin ei voida vaikuttaa. Kallio voi olla liuskoittunut sekä siinä voi olla paljon rakoja. Poraus toteutetaan vallitsevissa olosuhteissa ja reikätaipumilta ei aina voida välttyä, koska kallion rakoja vastaan ei aina voida porata. Porarin kokemuksella on suuri merkitys, koska hänen toiminnallaan voidaan minimoida reiän taipumista. Esimerkiksi porakruunun tunkeutumista rajoittamalla, pienentämällä työntövoimaa hetkellisesti.

Kallion ominaisuuksien lisäksi käytettävällä kalustolla on merkitystä poran tunkeutumistapaan. Reikätaipuman syntymistä voidaan ehkäistä käytössä olevilla kulutus osilla. Parhaaseen lopputulokseen päästään, kun käytössä on hyväkuntoiset porakruunut, poravaunu ja kanget sekä ammattitaitoinen porari. Kun käytössä on hyväkuntoinen porakruunu se ei tarvitse yhtä paljon voimaa tunkeutuakseen kallioon verrattuna huonokuntoiseen porakruunuun. Hyväkuntoinen porakruunu ei myös hakeudu kallion rakoihin ja niiden aiheuttamiin voimiin yhtä helposti kuin huonokuntoinen.

Voimakkaasti taipunut reikä rasittaa käytössä olevaa kalustoa sekä poravaunua. Reiän ollessa voimakkaasti taipunut, käytössä olevat kanget ovat alttiina voimakkaalle rasitukselle. Poravaunulta vaaditaan paljon voimaa, kun porakruunu nostetaan taipuneesta reiästä. Riskinä on myös, että kanget jäävät kiinni reikään, jonka seurauksena on kangen katkeaminen. Kangen katketessa, reikä on käyttökelvoton, jolloin täytyy porata uusi reikä korvaamaan vanha.

Pengerlouhinnassa porareian ohjeellinen kallistus on näytetty taulukossa 2. Porareiat tulisi kallistaa siten, että etureikien kallistus on 10-15° ja kenttärei'issä 6-10°. Haluttu lohkar koko, kallion rikkonaisuus ja -lujuus määrittävät käytetyn poraruudun koon, joka vaihtelee 7-10 m² välillä. Patrunoituja räjähdysaineita käytettäessä poraruutuja pienennetään 2-5 m², koska ominaispanostus ja räjähdysaineen suhteellinen voima on pienempi. (Vuolio & Halonen, 2012, s. 143.)

Taulukko 2. Ohjeellinen kallistus eri reikälapimitoille (Vuolio & Halonen, 2012, s. 143)

Reikälapimitta	Kallistus
d < 51mm	3:1, noin 18 °
d > 51 mm	5:1 - 10:1, 11 ° - 6 °

3.2.1 Rakolinjanporaus

Rakolinjaa poratessa tarkkuuslouhittava pinta tehdään poraamalla rivi reikiä tiheällä reikävälillä. Heikkousvyöhykkeenä toimiva tiheästi porattu reikäriivi rajoittaa räjäytyksestä tulevan rakoiluvyöhykkeen laajenemista ja vähentäen yllilouhinnan määrää. Räjähdysainetta ei yleensä käytetä rakolinjanporausmenetelmässä. Räjähdysaineella voidaan edistää kallion rikkoutumista reikien välillä, tällöin rei'issä käytetään kevyttä panostusta. Kevyt panostus voidaan toteuttaa asettamalla reikiin vain räjähtävää tulilankaa. (Hustrulid, 1999, s. 302.)

Yleisesti käytetty reikäkoko rakolinjaporauksessa on 38-76 mm ja reikävälin viitteellinen suuruus on 2-4 kertaa reiän halkaisija. Yleensä viimeisen rivin etua ja reikäväliä pienennetään vakiosta 50-75 % ja niiden panostusaste on puolet pienempi verrattuna muihin kenttäreikiin. (Stiehr, 2011, s. 892.)

Jotta rakolinjanporausmenetelmä onnistuu suunnitellusti, porauksen tarkkuus on yksi ratkaiseva tekijä. Rakolinjan reikien tulee sijaita vierekkäin sekä yhdensuuntaisesti luoden yhtenäisen tason. Louhinnan jälkeen yhtenäinen taso esittää näkyville jäävää kallionseinämää. Louhitulle seinämällä saadaan parempi kokonaisuus käyttämällä rakolinjaporausmenetelmää verrattuna muihin tarkkuuslouhinnanmenetelmiin. Menetelmälle

ominainen suuri porausmäärä nostaa työn kustannuksia, joka vähentää menetelmän käyttöä. (Hustrulid, 1999, s. 302.)

3.3 Panostus

Louhintatyömaalle tulee nimetä räjäytystyön johtaja. Ennen räjäytystyön johtajan nimeämistä työtä ei saa aloittaa. Räjäytystyön johtaja hyväksyy räjäytys suunnitelman. Räjähhteitä saa käsitellä panostaja, ylipanostajan tai räjäyttäjän pätevyyskirjan saanut henkilö sekä hänen valvonnassaan oleva henkilö, jolla on asianmukainen osaaminen. (Valtioneuvoston asetus räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta 644/2011.)

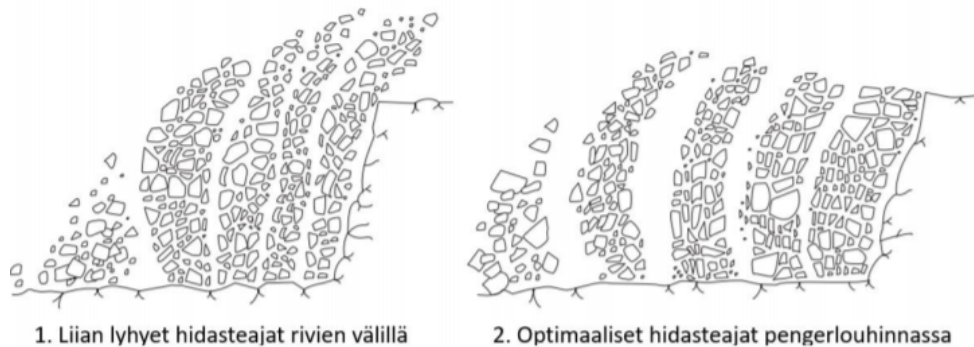
Panostajan tulee tarkistaa poratut reiät ennen panostusta, etteivät reiät ole väärän syvyiset tai tukkeutuneet. Tukkeutuneet reiät voidaan avata tangolla tai kepillä. Paineilman avulla voidaan puhaltaa pienimmät irtokivet pois reiästä. Jos porattu reikä on liian pitkä, sitä voidaan lyhentää lisäämällä reiän pohjalle tarvittava kerros sepeliä. Reiän ollessa liian lyhyt, reikää syvennetään poraamalla. (Olofsson, 1997, s. 189.)

Poraustyön jälkeen reikiin laitetaan suunnitelmien mukaiset määrät räjäytysainetta. Tavoitteena on, että ominaispanostuksesta tulee suunnitellun suuruinen. Ominaispanostuksella tarkoitetaan sitä, että tietyn kalliotilavuuden räjäyttämiseen tarvitaan tietty määrä räjähdysainetta, jonka suure on kg/m^3 . Tavanomaisen pengerialouhinnan ominaispanostus on 0,3- 0,6 kg/m^3 . Ominaispanostuksen arvo ei voi olla vakio, koska siihen vaikuttaa esimerkiksi kallion laatu sekä räjähdysaineen ominaisuudet. (Halonen & Vuolio, 2019, s. 106-107.) Vaarattomissa kohteissa kuten kaivoksella halutaan syntyvän suurempaa heittoa. Kun heitto on suurempi, louhe on kuohkeampaa ja näin se on helpompi ja nopeampi lastata. Samalla lohkokoko voi pienentyä, joka myös nopeuttaa louheen kuormausta. (Jääskeläinen, 2010, s. 217.) Ominaispanostusta nostamalla heitto kasvaa ja lohkokoko pienenee.

Maansiirtoliike Manninen Oy käyttää panostustöissä myös Orican räjähdysaineita ja -tarvikkeita. Kaivoksella sivukiven irrotuksessa pohjapanoksena käytetään Pentex™ 250–1700 ja varsipanoksena puhdasta emulsioräjähdysainetta. Emulsioräjähdysaine on prillaamatonta, jossa ammoniumnitraatti on mahdollisimman niukka liukoisessa muodossa. Emulsioräjähdysaine toimitetaan kaivokselle säiliöautolla, räjähdysaine muodostetaan räjähtäväksi vasta pumppauksen yhteydessä. Kun räjähdysaine on pumpattu reikiin, laitetaan etutäyte, joka on sepeliä. Kytkemisessä käytetään Exel -impulssiletkunalleja, jotka mahdollistavat suurien kenttien räjäyttämisen. Syntyvän louhekanan korkeuteen, sijaintiin ja leveyteen voidaan vaikuttaa nallien hidasteajoilla.

Rivien räjähdysvälin tulee olla sopivan pieni. Jos rivit räjähtävät liian lyhyellä aikavälillä kallio ei ehdi irrota riittävästi reikärivien välillä. Tällöin kivi ei purkaannu tarpeeksi eteenpäin ja sinkoilee ylös. Aikavälin ollessa liian

pitkä, edellisen räjähtäneen reikärivin kalliomassa ehtii siirtyä kauemmaksi, näin seuraavan räjähtävän reikärivin edessä oleva kalliomassa on pienentynyt suunnitellusta ja ominaispanostus suurempi. Tämän seurauksena riski kivien lentämisestä kauemmaksi kasvaa. Kun aikaväli on sopiva, kallio liikkuu sopivasti eteenpäin. Vaikka ryöstöjä tulisi, edellisen reikärivin kivimassa toimii edessä suojapeitteen tavoin. (Vuolio & Halonen, 2012, s. 112.)



Kuva 4. Kuvattuna liian lyhyet ja optimaaliset hidasteajat, ja niiden vaikutus louheen heittosuuntaan.

Porausreikäpanostus jakautuu kolmeen eri osaan, jotka ovat pohjapanos, varsipanos ja etutäyte. Pohjapanos sijaitsee porausreiän pohjaosassa, mistä kallion irti katkaisu tapahtuu. Reiän pohjalla kallio on eniten vastajännityksessä ja tarvitsee suurimman ominaispanostuksen. Etu ja ohiporaus määrittää kuinka pitkä pohjapanos on. Varsipanoksen ominaispanostus on huomattavasti pienempi kuin pohjapanoksessa, koska vastajännitys on pienempi. Etutäyte on porareikässä varsipanoksen yläpuolella. Etutäytteenä käytetään yleensä sepeliä, jonka tehtävänä on pidättää räjäytyksessä muodostuvia kaasuja porareikässä. Etutäytteen pituus määräytyy usein edun mukaan, jolloin se on saman pituinen tai pienempi edun kanssa. (Vuolio & Halonen, 2012, s. 142.)

3.3.1 Rakolinjanpanostus

Reiän poiketessa suunnitellusta sijainnista, on todennäköistä, että kallio rikkoontuu enemmän reiän ympäriltä. Tämän seurauksena räjähdyskaasujen paine purkautuu ympärillä olevaan kallioon, joka heikentää raonräjäytyksen tehoa. Maksimi reikäpituutena on käytetty 15-25 metriä, tätä pidemmissä rei'issä poraustarkkuus heikkenee huomattavasti. (Tose, n.d., s. 530.)

Rakolinjaa panostettaessa pohjapanosta lukuun ottamatta varsipanoksen tulee olla yhtenäinen, jolloin panostusaste reiässä on yhdenmukainen (Tose, n.d., s. 532). Panostukseen on olemassa useita raonräjäytykseen soveltuvia tuotteita. Näitä ovat emulsiio- ja vesigeelipatruunat sekä dynamiitti- ja emulsiopanokset, tuotteet kytketään toisiinsa käyttämällä

räjähtävää tulilankaa. Räjähtävää tulilankaa voidaan käyttää myös ilman muita tuotteita. (Stiehr, 2011, s. 880.)

Tarkkuuslouhinnassa reunareikien sytytyksessä tulee pyrkiä asianmukaiseen pieneen aikahajontaan. Käyttämällä räjähtävää tulilankaa panosten sytytyksessä mahdollistetaan rinnakkaisten reikien syttyminen verrattain saman aikaisesti. Tärinäherkissä kohteissa suositetaan käytettäväksi elektronisia nalleja, koska niiden avulla rinnakkaiset porareiät saadaan räjähtämään täsmällisesti esimerkiksi 1-2 millisekunnin aikavälillä, jolla saadaan hallittua räjäytyksestä syntyviä tärinöitä. Tarkkuuslouhintaan ei sovellu lyhyt- ja pitkähidastenallit, koska pyroteknisten hidasteiden paloaikojen hajonta on suurta ja hidasteita ei voida valmistaa syttyväksi tarkasti tiettyinä ajankohtana. Nallien paloaikojen hajonta voi aiheuttaa viereisen reikäpanoksen katkaisemisen sillä, että lähellä sijaitseva reikäpanos räjähtää aiemmin. (Vuolio & Halonen, 2012, s. 267.)

4 OHJELMIEN KÄYTTÖTARKOITUKSET

Tässä luvussa käsitellään Maansiirtoliike Manninen Oy:lla käytössä olevien ohjelmien ja niitä tukevien sovellusten ja laitteiden käyttötarkoituksia avo-kaivos ympäristössä. Tämän lisäksi käsitellään yleisellä tasolla suunnitteleohjelmien käyttötarkoituksia louhintatöissä.

4.1 Yleistä suunnitteluohjelmista

Räjäytyssuunnittelua varten on lukuisia tietokoneohjelmia. Ohjelmien tarkoituksena on nopeuttaa räjäytyskenttien suunnittelua sekä sujuvoittaa erilaisten poraus- ja panostusvaihtoehtojen käsittelyä. Porakoneista, laser-skannaus-ohjelmista sekä reikäsuoruuksimittareista saatava data on mahdollista siirtää suunnitteluohjelmiin, jolloin ohjelmaa voidaan hyödyntää laajemmin. Ohjelmista saadaan pienellä vaivalla hyödyllisiä raportteja sekä tiedostoja, joita voidaan jatkossa käyttää muissa ohjelmissa. Suomessa käytetään tietokoneavusteista räjäytyssuunnittelua, mutta sen leviäminen käyttäjäkunnassa on ollut vähäistä. Poralaitevalmistajat ovat laajentaneet ohjelmiaan pelkästä porauksesta myös panostukseen. (Vuolio & Halonen, 2019, s. 206.)

4.2 Drone-kuvaus

Drone-kuvauksella tarkoitetaan miehittämättömällä ilma-aluksella suoritettavaa kuvausta, usein käytetty nimitys on myös UAV-kuvaus. Dronella kuvataan alue, josta halutaan saada mitta-aineisto. Ennen kuvauksen aloittamista kuvattavalle alueelle sijoitetaan liikuteltavia signaalipisteitä, joita hyödynnetään kuvauksessa. Kaivoksella tehtävät mittaukset sidotaan KJ2-koordinaatistojärjestelmään sekä N2000-korkeusjärjestelmään. Mittattavaa kohdetta pyritään kuvaamaan mahdollisimman kohtisuorasti pintaan nähden. Dronella kuvattu materiaali ladataan Trimblen Stratus-palveluun, josta valmiiksi tuotettu mitta-aineisto saadaan käytettäväksi. Kuvauksella saadusta materiaalista saadaan fotogrammetrian avulla pistepilviaineisto.

Sääolosuhteet vaikuttavat Dronella toteutettuun kuvaukseen. Ennen kuvauksen aloittamista tulee selvittää, onko kuvaus mahdollista suorittaa vallitsevissa sääolosuhteissa. Ilma-aluksella ei tulisi lentää sateella, ukkosella tai tuulen ollessa kova. (Kalliomäki, 2017, s. 10, 11.) Pahin ongelma kevyille lennokeille on tuuli, sillä kovat tuulenpuuskat voivat heiluttaa lennokkia. Lumi- ja vesisade voi tehdä kuviin häiriöitä, laitteita ei ole suunniteltu käytettäväksi sateessa. Ongelmaksi voi myös muodostua maassa oleva lumi, koska tietokone ei välttämättä osaa yhdistää valokuvia, jolloin liitoshavainnot jäävät puutteelliseksi. (Hokkanen, 2015, s. 8.)

4.2.1 Fotogrammetria

Fotogrammetria on kohteiden kolmiulotteista mittausta kohteesta otetuilla valokuvilla. Kuvattavalta alueelta otetaan riittävästi valokuvia niin, että jokainen maastonkohta on löydettävissä. Kohteen sijainti voidaan määrittää kuvista kolmiulotteisesti, kun kuvien suhteet toisiinsa ja maastoon on selvitetty. Fotogrammetria voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen, jotka ovat ilma – ja lähi- fotogrammetria. (Siitonen, 2011, s. 12.) Tässä työssä käsitellään ilma – fotogrammetriaa.

UAV-alustaisella ilmakuvauksella voidaan hankkia valokuvamuotoisia tietoja. Tiedostoista voidaan luoda 3D-pintamalleja sekä ortokuvamosaiikkeja käyttämällä fotogrammetrisiä laskentamenetelmiä. Kun 2D-valokuvista tuotetaan 3D-malleja hyödyntäen fotogrammetrisiä laskentamalleja, näitä menetelmiä kutsutaan SFM-tekniikoiksi. SMF-tekniikka soveltuu hyvin esimerkiksi kaivosmittauksiin. Mittauksesta saatujen tulosten avulla on helppo laskea pinta-aloja sekä tilavuuksia. Menetelmällä on vaikeaa saada tarkkoja tuloksia, jos alueella on paljon runsasta puustoa, joka estää riittävän kuvainformaation saamisen. Nykyaikaisilla digikameroilla voidaan helposti saavuttaa 5 cm tarkkuus, 150 metrin lentokorkeudelta. (Salmirinne, 2017, s. 11, s. 12.)

4.2.2 Pistepilvi

Louhintakentän suunnittelu perustuu pitkälti Drone-kuvauksesta saatuun pistepilvi aineistoon. Pistepilvi koostuu useista yksittäisistä pistehavainnoista, jokaisella pistehavainnolla on sijaintitieto X-, Y- ja Z-koordinaatteina sekä RGB-väriarvo. Pistepilviaineistoista saadaan jalostettua kolmioverkkopintoja, joita kutsutaan pintamalleiksi. Kolmiointi tarkoittaa sitä, että ohjelma tekee kolmioita pisteiden välille ja näin pinnan muodot tulevat esille. Pintamallia voidaan hyödyntää louhinnan suunnittelussa ja analysoinnissa, kallion keulapintojen arvioinnissa, tilavuusmittauksissa sekä dokumentoinnissa.

4.2.3 Trimblen Stratus-palvelu

Trimble stratus on pilvipalvelupohjainen ohjelma, jonka alusta on suunniteltu massalaskentaan sekä datan analysointiin. Drone-kuvauksesta saatu videomateriaali ladataan Trimblen stratus-palveluun. Tämän jälkeen palvelu käsittelee sinne viedyn aineiston ja muuttaa sen maastomalliksi sekä pistepilveksi, jonka jälkeen materiaali on valmiina käytettäväksi. Ohjelmalla voidaan laskea tilavuuksia, pinta-aloja ja seurata työmaan etenemistä. Ohjelmasta saatu pistepilviaineisto hyödynnetään käyttäen Orican SHOTPlussaa muun muassa räjäytyskentän suunnittelussa.

4.3 SHOTPlus

Maailman suurin kaupallisten räjähteiden ja räjähdysmenetelmien toimitaja on Orica. Sytyttimet ja räjähdeseineet ovat sen päätuotteita, Oricalta on myös mahdollista ostaa räjäytyspalveluja, koulutusta ja teknisiä palveluja. (Orica, 2020.) SHOTPlus on Orican valmistama ja ylläpitämä suunnitteluohjelma louhinnan - sekä panostuksen suunnitteluun. Siinä on 3D-suunnitteluympäristö, jossa porareikiä sekä louhittavaa kenttää voidaan katsella mistä kulmasta tahansa. Kaikki SHOTPlussalla tehdyt suunnitelmat on sidottu X-, Y- ja Z-koordinaatistoon sekä lähtötietoja voi tuoda AutoCAD dxf- ja Surpacin str tiedostomuodoissa sekä tekstitiedostoja csv-taulukoista ja txt-tiedostoista.

4.3.1 Räjätysuunnitelma

SHOTPlussalla poraussuunnitelmien tekeminen on suunniteltu helpoksi. Suunnitelmatyökalulla valitaan vaadittavat tiedot porauksesta, joita ovat reikien syvyys ja kaltevuus, reikärivien määrä, reikäväli sekä reikien määrä. Tämän jälkeen valitaan reiän tyyppi ja lisätään poraussuunnitelma haluttuun sijaintiin ohjelmassa olevaan pintamalliin. Suunnitteluohjelmassa jokaiselle suunnitellulle reiälle on omat reikäparametrit, joita on mahdollista muokata laadinnan jälkeen. Parametreja on esimerkiksi reiän halkaisija, kulma ja tyyppi. Avokaivos louhinnassa rakolinja voidaan näyttää eri värillä niin se on helppo erottaa kenttärei'istä. Ohjelmalla pystytään luomaan porauskaavioita toteutuneiden porausten kanssa samaan projektiin, joka helpottaa suunnittelua. Tarvittaessa osan tiedoista voi ottaa pois näkyvistä käyttämällä tasojen hallintaa. Tasojen hallinnalla tarkoitetaan sitä, että erinäiset asiat muun muassa pintamalli ja porareivät on tallennettu eri tasolle, jolloin haluttu taso voidaan jäädyttää, lukita tai ottaa pois näkyvistä. Suunnitelmatyökalun avulla tuotujen reikien sijaintia voi vaihtaa manuaalisesti, jos se on tarpeellista. Räjätyskenttää suunniteltaessa voidaan määrittää reikätyypit, joita ovat rakolinja- ja kenttäreiät. Jokaiselle reikätyypille voi luoda oman panostussäännön ja niitä muokkaamalla saadaan tavoiteltu ominaispanostus (kg/m^3). Suunnittelun avuksi ohjelmaan voidaan tuoda poravaunun koneohjauksesta saatu toteumatieto jo poratuista rei'istä.

Kaivoksella on tehty kairauksia ennen töiden aloittamista, joiden perusteella geologi on muodostanut malmiesiintymistä kolmiulotteiset malmimallit. Malmimallit viedään suunnitteluohjelmaan, joiden pohjalta suunnitellaan räjäytyskentän porausreiät. SHOTPlussalla voidaan avata useampi pintamalli samanaikaisesti ja nähdä miten malmit sijoittuvat kaivoksessa. Ohjelmalla voidaan määrittää porattavat rakolinjareivät siten, että malmin yläreunan ja alareunan välille määritetään piirrettäväksi porareivät tietyllä reikävälillä. Ohjelma piirtää reiät automaattisesti, jonka jälkeen reikiä on mahdollista poistaa sekä siirtää uuteen sijaintiin. Rakolinjareikien on tarkoitus myötäillä malmin muotoa, jolloin reikien kaltevuus ei ole vakio. Ohjelma osaa määrittää jokaisen reiän kaltevuuden niin, että reiän aloitus- ja

lopetuspisteet ovat tiedossa. Malmimallit on sidottu samaan koordinaatioon kuin pintamalli, jolloin niiden käyttäminen on yksinkertaista.

4.3.2 Panostussuunnitelma

Panostussuunnitelman luominen aloitetaan, kun kenttä on porattu ja mahdollinen reikiensuoruus tarkistettu reikäsuoruus mittalaitteella. Reikäsuoruusmittalaitteella mitattu data saadaan siirrettyä SHOTPlusaan, jolloin voidaan nähdä miten reiät todellisuudessa sijoittuvat verrattuna suunniteltuihin. Reikäsuoruusmittalaitteella saadun tiedon perusteella voidaan tehdä muutoksia jo tehtyyn panostussuunnitelmaan. Aina muutoksien tekeminen ei ole tarpeellista, jos reikien taipuminen on ollut vähäistä. Ohjelmalla voidaan mitata suunnitellun ja toteutuneen reiän erotus käyttäen mittaustyökäluä.

Panostusta suunniteltaessa käytettävät räjähdysaineet lisätään valikkoon, mistä niitä voidaan käyttää sekä vaihdella. Ohjelmalla voidaan määrittää reiän panostus halutun ominaispanostuksen mukaiseksi. Usein käytetyille reikätyypeille voidaan tallentaa omat panostussäännöt, jolloin reikien panostus määräytyy reikätyypin mukaan halutunlaiseksi. Emulsioräjähdysainetta käytettäessä panostusaste määräytyy käytetyn porareiän ja -ruudun koon mukaan, jolloin panostusaste täytyy määrittää jo porausta suunniteltaessa. Ohjelmalla saadaan tulostettua monenlaisia raportteja, kuten louhittavan kentän räjähdysaine menekkiraportti sekä kenttäkortti, joita tarvitaan, kun suunniteltu kenttä panostetaan.

Ohjelmassa on kolme erityyppistä nallia, joilla sytytysjärjestelmän voi laatia. Niitä ovat sähkönallit, sähköttömät impulssiletkunallit ja elektroniset sähkönallit. Kun on valittu käytettävä nallityyppi, ohjelmalla voidaan suunnitella sytytysjärjestys halutuilla hidasteajoilla, rakolinja- ja kenttärei'ille voidaan määrittää omat hidasteajat. Sytytysjärjestelmän laadinnan jälkeen sytytyksen ajastusta voidaan tarkastella animaationa, josta näkee reikien hidasteajat, samalla nähdään, miten kentän räjäytys etenee. Räjäytyssimulaattorissa voi tarkastella räjähtääkö reikiä saman aikaisesti, ja jos räjähtää voidaan nähdä mitkä reiät. Kyseisellä toiminnolla voidaan tarkistaa räjäytettävän kentän todellinen momentaaninen räjähdysainemäärä, jonka ohjelma laskee automaattisesti. Tämän lisäksi räjäytyssimulaattorissa voi käydä läpi, että reiät räjähtävät oikeaoppisessa järjestyksessä. Näin voidaan havaita mahdolliset ongelmat ja vahvistaa lopullinen ajoitusjärjestys ennen räjäytyksen aloittamista. Ongelma voi olla esimerkiksi liian suuret tärinät ja niihin vaikuttavat tekijät. Luodun sytytysjärjestelmän avulla voidaan luoda erilaisia raportteja, kuten sytytysuunnitelma, josta näkee tarvikkeiden menekit. Simulaattorilla voidaan parantaa sytytysjärjestelmän suunnittelua.

4.3.3 Keulapinnan mallinnus ja huomioiminen

Keulapinnan mallinnuksella tarkoitetaan kallion keulan eli penkereen pintojen kartoittamista suunnitteluohjelmalla. Keulapinnan muodot kuvataan Dronella samalla kun kartoitetaan louhittavan kallion muut pinnat. Pistepilven avulla keulapinnasta saadaan luotua malli lähtötiedoksi räjäytys-suunnitelmaa varten. Lähtöaineisto siirretään SHOTPlussaan, jossa toteutetaan porareikien sijaintien suunnittelu. Räjäytyskentän etummainen reikäriivi sijaitsee lähimpänä kallion keulaa, jonka suunnittelussa on tärkeää huomioida mallinnuksesta saatu tieto keulan todellisesta muodosta. Ohjelmalla voidaan määrittää teoreettinen reikiensijainti antamalla sille tietyt parametrit, joita käsiteltiin luvussa 4.3.1. Reikien sijainnin määrittämisen jälkeen niiden sijaintia ja kaltevuuksia on mahdollista muokata reikä kerrallaan niin, että etu on haluttu koko reiän matkalta. Etua voidaan tarkastella ohjelmassa niin, että katsotaan kallion poikkileikkausta reiän kohdalta, jolloin mittaustyökalulla voidaan mitata etäisyys suunnittelusta reiästä kallion keulaan. Jos suunniteltu etu on ollut yksi metri ja porareikä on piirretty suunnitelmaan siten, että se on ylhäältä katsottuna yhden metrin suuruinen, niin etu ei välttämättä ole sama koko reiän matkalta, koska kallion keulapinta on lähtökohtaisesti epätasainen. Ohjelmalla etummaisen reikäriivin parametrit ovat yksinkertaista suunnitella halutuiksi, kun käytössä on tarkka pintamalli kallion keulapinnasta.

Keulapinnan voi mallintaa myös porauksen jälkeen. Tällöin mallinnuksella saavutetaan vähemmän hyötyä suhteessa siihen, kuin mallinnus on tehty ennen porausta. Tässä tapauksessa mallinnus tukee panostuksen suunnittelua SHOTPlussalla. Reikäpanoksilla voidaan vaikuttaa, miten kallio lähtee purkautumaan ja tarvittaessa ominaispanostusta voidaan muuttaa, edun ollessa kriittinen.

4.3.4 Toteumatiedon hyödyntäminen

SHOTPlussalla voidaan tarkastella jo toteutettuja louhintoja monella tavalla. Räjäytetty kenttä voidaan kuvata Dronella myös räjäytyksen jälkeen ja siirtää kerätty mitta-aineisto SHOTPlussaan analysoitavaksi. Tällöin tarkoituksena on arvioida ryöstöjä sekä kovia kalliopintoja. Kovilla kalliopinnoilla tarkoitetaan sitä, että kallion pinta on jäänyt haluttua korkeammalle. Tätä ominaisuutta voidaan käyttää esimerkiksi laadunvarmistuksessa, jossa varmistetaan, että louhinnat on toteutettu annettujen toleranssien mukaisesti. Ohjelmaan voidaan myös viedä poravaunun koneohjauksen tallentamaa toteumatietoa poratuista rei'istä, jota hyödynnetään uuden kentän suunnittelussa.

4.4 Reikäsuoruuksimittaus

Porareikien tarkistusmittaukseen on olemassa monenlaisia mittalaitteita. Reikäsuoruuksimittauslaitteet voidaan jakaa kahteen ryhmään, joita ovat

manuaaliset mittauslaitteet ja Robitin valmistama laite, joka asennetaan poravaunuun. Moderneista mittalaitteista huolimatta, yleisintä on tarkistaa reiän suoruus vanhanaikaisella menetelmällä, joka on taskulamppu. Reikätaipuman arviointi taskulampulla tehdään niin, että taskulamppu kiinnitetään naruun valokeila ylöspäin. Taskulamppu lasketaan porareikään samalla seuraamalla valoa. Jos porareikä on taipunut, valo häviää lampun laskiessa. Taskulampun avulla havaitaan ainoastaan, missä kohdassa reikä alkaa taipumaan, kuitenkin sen todellista kulmaa ei voida todeta. Tässä työssä käsitellään manuaalista mittalaitteistoa.

4.4.1 Porareiän taipuminen

Kalliota poratessa porakanki alkaa taipua, jonka seurauksena porareikä on taipunut. Reiän taipumaan vaikuttaa porarin ammattitaito, huolellisuus ja poravaunun säädöt. Mitä pystysuorempaa reikää porataan, sitä paremmin porareikä pysyy suorassa. Yleensä reikä lähtee kallistumaan taipuman suuntaan. Kallistuksen suuntaisen taipuman aiheuttaa kankiletkaan kohdistuva painovoima sekä porakruunun huuhtelu.

Hyvä laatuissa porauksessa maksimi porausvirheeni pidetään 3 prosenttia pengerkorkeudesta. Tyypillisellä 15 metrin pengerkorkeudella ja 76 millimetrin reikäkoolla suurimmat reikätaipumat voivat olla jopa yli kolmen metrin suuruisia. Eturivissä tai muualla missä reikäsuoruus on kriittinen ei tule käyttää porakruunuja, joista on irronnut nastoja. (Salonen, 2016, s. 3.)

Porareiän taipumaa on haasteellista arvioida etukäteen, joten paras keino on mitata taipuma reiän porauksen jälkeen. Näin panostuksen voi suunnitella oikeaoppisesti, kun taipuma on mitattu. Jos porareikää ei mitata se voi johtaa liian suuriin tai pieniin paikallisiin räjähdysainemääriin. Paikallisen räjähdysainemäärän ollessa liian pieni tai suuri, se voi johtaa kallion eitoivottuun sinkoiluun. Muun muassa edun ollessa liian pieni, paine purkautuu väärästä paikasta aiheuttaen hallitsemattoman kivien sinkoilun.

4.4.2 Reikäsuoruusmittauslaitteisto

Manuaalisella reikäsuoruusmittauslaitteella mittaaminen tapahtuu niin, että mittausyksikkö lasketaan porattuun reikään narun varassa. Eri laitevalmistajien tuotteissa on eroja muun muassa toiset laitteet mittaavat reiän mittalaitetta nostettaessa ja toiset laskuvaiheessa, toimintaperiaate on molemmissa sama. Porareikään laitettava mittausyksikkö eli anturi ja maanpäällä oleva kämmenlaite ovat yhteydessä toisiinsa. Naruun on merkitty metrit, joiden mukaan kämmenlaitteella annetaan reiässä olevalle mittausyksikölle käsky suorittaa mittaus. Mittausyksikön laskemisessa voi käyttää mitä tahansa narua, joka on riittävän kestävä. Tähän kuitenkin suositellaan käytettäväksi esimerkiksi kipeilynarua.

Mittaus aloitetaan kytkemällä anturi köyteen, jonka jälkeen laitteeseen kytketään virta päälle. Köyteen on sijoitettu merkit metrin jaotuksella, merkinä toimii esimerkiksi teippi, joka ei pääse liikkumaan mittausta suoritettaessa. Laitteella on mahdollista vaihtaa mittausväli, jos mitattavat reiät ovat syviä, tällöin mittausväli voi olla metrin sijasta kaksi metriä. Kämmenlaitteelle voidaan ladata valmis tiedosto, joka on luotu SHOTPlussalla porausta varten. Tämä ei kuitenkaan ole pakollista ja mittauksen voi suorittaa ilman lähtöaineistoa luomalla uuden projektin. Työssä käytetyllä mitauskalustolla voidaan valita, halutaanko mittaus suorittaa alhaalta ylös vai päinvastaisesti, tässä keskitytään mittaukseen, joka toteutetaan alhaalta ylös. Kun projekti on valittu, voidaan aloittaa mittaminen. Mittaminen aloitetaan kirjoittamalla mittaus päivämäärä sekä mitattavan reiän ID, jonka avulla reikä on helpommin tunnistettavissa. Reiälle voidaan syöttää suuntakulma manuaalisesti tai automaattisesti. Reiän kaltevuus voidaan syöttää manuaalisesti tai asettamalla anturin mitattavaan reikään. Lähtötietojen syöttämisen jälkeen anturi lasketaan reikään hitaasti köyden varassa. Tässä vaiheessa laite kysyy, paljon on matkaa kallion pinnasta lähimmälle merkille, tiedon syöttämisen jälkeen mittaus aloitetaan painamalla mittaa-painiketta. Mittaus-painiketta painetaan jokaisen köydessä näkyvän merkin kohdalla, jolloin laite suorittaa mittauksen. Tämä toistetaan niin monta kertaa, kunnes viimeinen merkki on nostettu pois reiästä, jonka jälkeen mittaus lopetetaan. Jos mitattu reikä on epäonnistunut, se voidaan mitata uudelleen käyttämällä reiän muokkaus työkalua, reikä voidaan myös poistaa tarvittaessa.

Kun mittaus on suoritettu, reikiä voidaan tarkastella kämmenlaitteella. Kämmenlaitteessa on nähtävillä jokaisen mitatun pisteen Z-, Y- ja X-suunnat. Laitteella voidaan verrata todellista reikää suunniteltuun ylhäältä ja sivusta katsottuna. Laite käyttää negatiivisia- sekä positiivisia arvoja, joiden avulla voidaan todeta, miten onnistunut reikä on, esimerkiksi negatiivisella arvolla voidaan tarkoittaa, että reikä on taipunut vasemmalle.

Poratessa kentässä reikäsuoritusmittaukset tehdään kaikkiin reikiin tai penkereen puolelle räjäytettävän kentän ensimmäiseen tai kahteen ensimmäiseen reikäriiviin. Yleisintä on, että reikien suoruus mitataan ensimmäisistä reikäriiveistä ja lopuista rei'istä valikoidaan muutamia reikiä mitattavaksi. Yhden reiän mittauksen tekemiseen kuluu aikaa pari minuuttia riippuen reikäsyvyydestä. Jos mittauksessa ilmenee ongelmia yhden reiän mittaamiseen voi kulua enemmän aikaa. Ongelmia voi olla esimerkiksi huolimattomuus tietojen syöttämisessä tai anturi jää kiinni reikään. Kentän mittaamisen jälkeen kerätyt tiedot viedään tietokoneelle panostussuunnittelua varten.

4.5 Trimble Groundworks 3D-koneohjaus

Maanmittauslaitteiden ja poravaunujen valmistajat ovat kehittäneet poravaunuihin koneohjausjärjestelmiä. Näiden järjestelmien tarkoituksena on parantaa poraamisen laatua, tarkkuutta, nopeutta sekä helpottaa porarin

työskentelyä. Maansiirtoliike Manninen Oy:lla on käytössä Trimblen kehittämä Groundworks 3D-koneohjausjärjestelmä, joka on suunniteltu poraus- sekä paalutustehtäviin. Osana koneohjausta on poravaunun hytissä sijaitseva tietokone, jonka avulla porari näkee suunnitellun räjäytyskentän.

Poravaunujen koneohjausjärjestelmät tarvitsevat tietokoneohjelmistolla tuotetun räjäytyssuunnitelman, jossa on merkitty porattavat reiät. Nykyaikaisessa koneohjausjärjestelmässä suunnitelmat tuodaan poravaunulle langattoman tiedonsiirron tai USB-muistitikun avulla. SHOTPlussalla tuotettu suunnitelma, saadaan siirrettyä pilvipalvelun kautta kaivoksella olevalle poravaunulle sekä kaivinkoneelle.

Poravaunu on yhteydessä satelliittipaikannukseen, näin sillä saa porattua porattavat reiät suunnitelmien mukaisesti oikeaan sijaintiin. Porarin on myös mahdollista muokata suunnitelmaa, jos reikää ei voi porata suunniteltuun sijaintiin. Koneohjaus osaa tarvittaessa määrittää uuden sijainnin sekä suunnan reiälle. Tämän toiminnon periaate on se, että porataan samansuuntainen ja yhtä pitkä reikä alkuperäisen reiän viereen tai reikä, jonka päätepiste on sama kuin alkuperäisellä reiällä. Koneohjausjärjestelmä tallentaa poratun reiän tiedot, vaikka reikää ei olisi merkittynä suunnitelmaan.

Porauksen toteumatiedoista voi nähdä mahdolliset virheet, lukuun ottamatta reiän taipumista. Poravaunun koneohjausjärjestelmä lukee SHOTPlussalla luodun datan, samoin koneohjauksen tallentamat toteumatiedot voidaan lukea SHOTPlussalla. Koneohjausjärjestelmä tallentaa kaikki poratut reiät, porauksen toteumatieto voidaan siirtää suunniteluohjelmaan ja hyödyntää uuden kentän suunnittelussa. Koneohjauksesta saatu toteumatieto perustuu ohjelman arvioon, tähän vaikuttaa porauksen kulma, aloituspiste, suunta ja reiän pituus. Koneohjauksen toteumatiedoissa ei ole huomioitu reiän mahdollista taipumaa.

5 OHJELMIEN HYÖDYT

Työssä käytettyjen ohjelmien ja niitä tukevien sovelluksien ja laitteistojen käyttämisellä on monia hyviä vaikutuksia, jotka näkyvät erityisesti tuotannossa. Tässä luvussa käsitellään millaista hyötyä yritys voi saavuttaa, kun käytössä on louhintatyöhön suunnattuja ohjelmistoja.

5.1 Drone-kuvaus

Drone-kuvauksen hyödyt avokaivoksella liittyvät pitkälti työn suunnitteluun ja ohjaukseen. Dronella voidaan seurata ilmasta käsin, kun panostettu kenttä räjäytetään. Ennen räjäytystä vaarallinen alue varmistetaan käyttäen Dronea, tarkoitus on varmistaa, että räjäytettävän kentän lähistölle ei ole ihmisiä. Suurimmat hyödyt liittyvät kuitenkin mallinnukseen ja maanpintojen kartoitukseen. Drone-kuvauksen avulla saatavasta pistepilvestä tuleva hyöty vaikuttaa mallinnustyön nopeutumiseen ja työ myös helpottuu. Jotta kuvauksesta saatava tieto voidaan hyödyntää tehokkaasti, käytössä on Trimble stratus-palvelu, joka muuttaa kuvatun datan pistepilveksi ja pintamalliksi. Työn nopeutumisella on suora vaikutus työstä syntyviin kustannuksiin.

Työmaalla näkyvä hyöty on se, että kaivokselle ei tarvita erillistä mittamiestä mittaamaan louhittavaa aluetta sekä vaarallisen alueen turvaaminen käy nopeammin. Maanpinnan mittaaminen on nopeampaa hyödyntäen Drone-kuvausta verrattuna perinteisempiin mittaus tyyliin. Takymetrimittauksen mittatarkkuus on parempi verrattuna Drone mittaukseen. Fotogrammetriaan perustuva Drone-kuvaus on kokonaisuutena todennäköisesti tarkempi verrattuna mittamiehen mittaukseen, joka toteutetaan käyttäen takymetria, perustuen siihen, että mittauksen pisteväli on vakio ja mittauspisteiden tiheys on suurempi Drone-kuvauksessa. Suurien alueiden kartoittamisessa saadaan suurempi hyöty siitä, että mittapisteitä on paljon ja ne ovat tietyllä pistevälillä kuin se, että pisteiden mittatarkkuus olisi parempi. Drone-kuvauksella työmaan seuranta ja toteuman tarkastelu on nopeaa ja helposti toteutettavissa.

5.2 Trimblen stratus-palvelu

Avokaivos työmaalla suuri hyöty tulee ohjelman tilavuuksien sekä pintaalojen laskenta ominaisuudesta. Esimerkiksi sivukiven varastointi alueiden tilavuudet ovat vaivatonta laskea ohjelman avulla. Jos käytössä olisi perinteinen takymetrimittaus menetelmä, mittauksen suorittamiseen täytyisi varata enemmän aikaa ja resursseja. Takymetrilla on myös haasteellista mitata kaivosalue riittävällä tarkkuudella. Stratus-palvelussa voidaan tarkastella työmaata sekä siellä olevaa aineistoa voidaan hyödyntää työmaan aluesuunnitelman tekemisessä ja päivittämisessä. Ohjelmaa hyödyntämällä säästetään aikaa, resursseja sekä mitta-aineiston tarkkuus paranee.

Näiden hyötyjen katsotaan vaikuttavan louhinnasta syntyviin kustannuksiin laskevasti.

5.3 SHOTPlus

Räjätyskentän suunnitteluohjelma sujuvoittaa louhintakenttien panostuksen sekä porauskaavioiden suunnittelua. Valmiiseen pintamalliin on vaivatonta suunnitella louhittavan alueen porareivät niin, että lohkarie koko on haluttu. Ohjelmassa valmiiksi suunniteltu kenttä on helppo siirtää poravaunuun sekä kaivinkoneeseen käyttäen yhteistä pilvipalvelua. Poravauvussa on koneohjausjärjestelmä, josta näkee porattavien reikien sijainnit. Näin säästetään aikaa ja porari voi keskittyä poraamiseen, sen sijaan, että olisi mittaamassa ja merkitsemässä reikien paikkoja. Kun käytössä on kaivinkone, jonka koneohjausjärjestelmä osaa tulkita saman datan kuin poravaunu, kaivinkone voi käydä tyhjentämässä porattavan kentän ainoastaan reikien kohdilta, jolloin työ on tehokasta. Siten kaivinkoneella on tieto missä poraustyötä suoritetaan seuraavaksi ja näin töitä voidaan ennakoita.

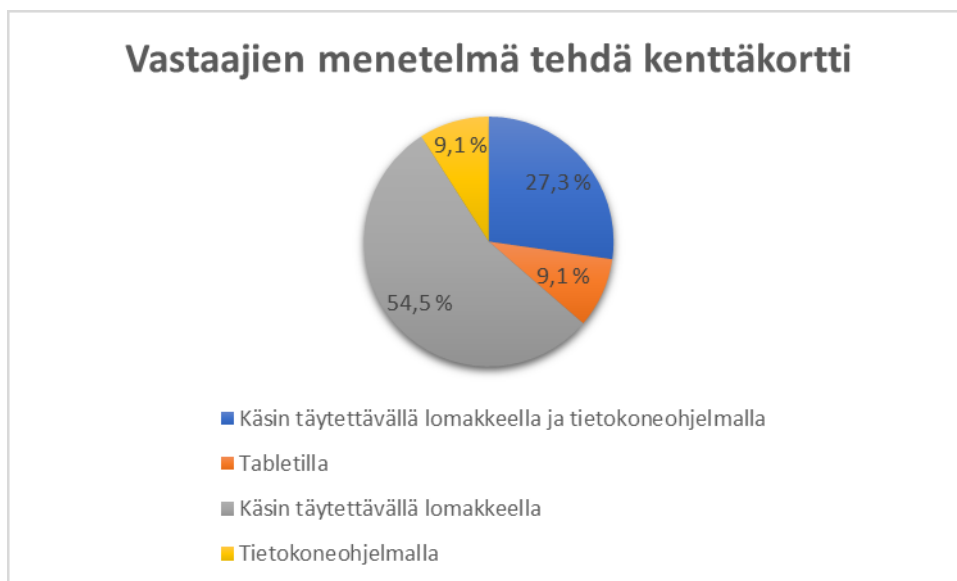
Yksi ohjelman suurimmista hyödyistä on tarkkuuden parantuminen, koska huolella suunniteltu kenttä varmistaa sen, että jokainen reikä on oikeassa paikassa oikein panostettuna. Tarkalla porauksella voidaan vaikuttaa muun muassa malmitappioihin ja sivukivilaimennuksen määrään. Oikeanlaisen räjähdysaineen käytöllä voidaan lisätä työn tehokkuutta ja rikkojen määrä pienenee ja rikottavien lohkarieiden määrä saadaan minimoitua. Ohjelmassa louhintakentät voidaan optimoida mahdollisimman kustannustehokkaiksi siten, että turhia reikiä ei porata, koska ohjelmalla reikien oikein sijoittaminen on yksinkertaista.

Ohjelman avulla dokumentaatiota saadaan parannettua, kun kaikki raportit ja suunnitelmat ovat saatavilla sähköisinä. Ne ovat helposti saatavilla ja jaettavissa esimerkiksi hankkeen sähköiseen luovutusaineistoon. Viranomaisten vaatiman räjäytyssuunnitelman tarkkuus paranee, kun kaikki louhittavat kentät on sidottu samaan koordinaatistoon. Ohjelmasta saa tulostettua monenlaisia raportteja, kuten yhteenvedon, josta nähdään suunnitellun kentän tarvittava räjähdysaine määrä, näin voidaan tilata riittävä määrä räjähdysainetta työmaalle. Edellä mainitun ominaisuuden hyödyt näkyvät parhaiten, kun käytössä on reikiin pumpattava emulsioräjähdysaine. Raportin avulla voidaan myös verrata, paljon räjähdysainetta on käytetty ja paljon oli suunniteltu käytettäväksi. Kun kentät on suunniteltu etukäteen, ohjelmasta saadaan tarkat määrät myös porametreille, jolloin töiden aikatauluttamista voidaan tehostaa.

Räjähdysaineen oikealla valinnalla kustannuksia saadaan optimoitua, tämä korostuu etenkin suurien kenttien suunnittelussa. Sytytysjärjestyksen simulaattorilla voidaan tehostaa sytytysjärjestelmän suunnittelua. Tällä on suuri vaikutus tärinän hallintaan ja turvallisuuteen. Tärinöiden hallinta on erityisen tärkeää kaupunkialueilla louhittaessa. Räjäytyksen ollessa hallittu

ja suunnitelmien mukainen, päästään parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen kustannuksien sekä työturvallisuuden osalta.

Kun kenttä on porattu ja panostus laadittu, SHOTPlussalla voidaan laatia ja tulostaa kenttäkortti, joka toimitetaan panostajalle. Opinnäytetyö -kysely louhinnasta (liite 1) kyselyssä ilmeni, että 54,5 prosenttia vastanneista tekee kenttäkortin käsin täytettävällä lomakkeella. 27,3 prosenttia vastanneista käytti kenttäkortin tekemiseen tietokoneohjelmaa sekä käsin täytettävää lomaketta. Kuvassa 5 voidaan havaita, miten menetelmät jakautuivat.



Kuva 5. Vastanneista suurin osa (54,5 %) teki kenttäkortin käsin täytettävällä lomakkeella

Penkereen keulapinnan mallinnuksen parhaimpia puolia on se, että sen avulla pintamallista saadaan tarkempi. Kun käytössä on Drone-kuvauksesta saatu pistepilviaineisto, käytössä on todella hyvä lähtöaineisto suunnittelua ajatellen. Mitä tarkemmat lähtötiedot ovat, sitä paremmin louhitava alue voidaan suunnitella. Keulapinnan mallinnuksen avulla räjäytys-suunnitelma voidaan suunnitella niin, että keulan etu on optimaalinen koko keulan matkalta. Edun ollessa liian pieni kallion räjähdys suuntaa on vaikea arvioida. Pahimmassa tapauksessa räjäytys ei onnistu, koska räjäytyksessä syntyvä paine purkautuu väärästä kohdasta liian pienen edun vuoksi. Kallion keulapinnan mallinnuksen avulla saavutetaan porareikien taloudellinen ja turvallinen suunnittelu. Kun mallinnus suoritetaan ennen reikien poraamista, sillä saavutetaan kaikista suurin hyöty. Tällöin porattavien reikien paikat ja porauskulmat voidaan suunnitella etuun sopivaksi.

Opinnäytetyö -Kysely louhinnasta (liite 1) kyselyyn vastanneista suurin osa (45,5 %) vastasi ”porari poraa omien silmämääräisten havaintojen perusteella”, kysymykseen: Miten kentän todellinen keulapinta huomioidaan porauksessa? Kyselyssä myös ilmeni, että suurin osa (63,6 %) suorittaa panostuksen panostajan silmämääräisen arvion mukaisesti. Tästä voidaan

päätellä, että suurin osa vastanneista ei vielä hyödynnä nykyisin saatavilla olevia laitteistoja sekä ohjelmia porauksessa tai panostuksessa.

Opinnäytetyö -Kysely louhinnasta (liite 1) kyselyyn vastanneista yrityksistä 63,6 prosentilla oli käytössään louhinnan suunnitteluun tarkoitettu tietokoneohjelmisto. Kyselyssä kuitenkin ilmeni, että joillakin oli käytössä ohjelmistoja, joita ei luokitella louhinnan suunnitteluun tarkoitetuksi ohjelmistoiksi, näitä olivat muun muassa 3D-Win, jolla ei voida esimerkiksi suunnitella panostusta. 3D-Win on tarkoitettu mittaustiedon tuottamiseen sekä käsittelyyn, jolloin sitä voidaan hyödyntää louhinnassa mutta se ei ole louhinnan suunnitteluun suunnattu ohjelmisto. Kyselyn perusteella ei voida todeta kuinka suurella osalla vastaajista oli louhinnan- ja panostuksen suunnitteluun suunnattuja ohjelmistoja, koska kysymykseen ”Mitkä/mikä ohjelmisto?” vastauksia oli ainoastaan seitsemän (7) ja aiempaan kysymykseen vastauksia oli 11, jolloin ei tiedetä kaikkien vastanneiden käyttämiä ohjelmistoja.

Ohjelman käyttöönoton myötä työskentely on tehokasta ja tarkkaa, jotka tekevät porauksesta kustannustehokkaampaa sekä turvallisempaa. Tämä tuo yritykselle keskeisiä kilpailuetuja ja kustannussäästöjä. Porauksen- sekä panostuksen johdonmukainen suunnittelu louhinnassa on kannattavaa.

5.4 Reikäsuoritusmittaus

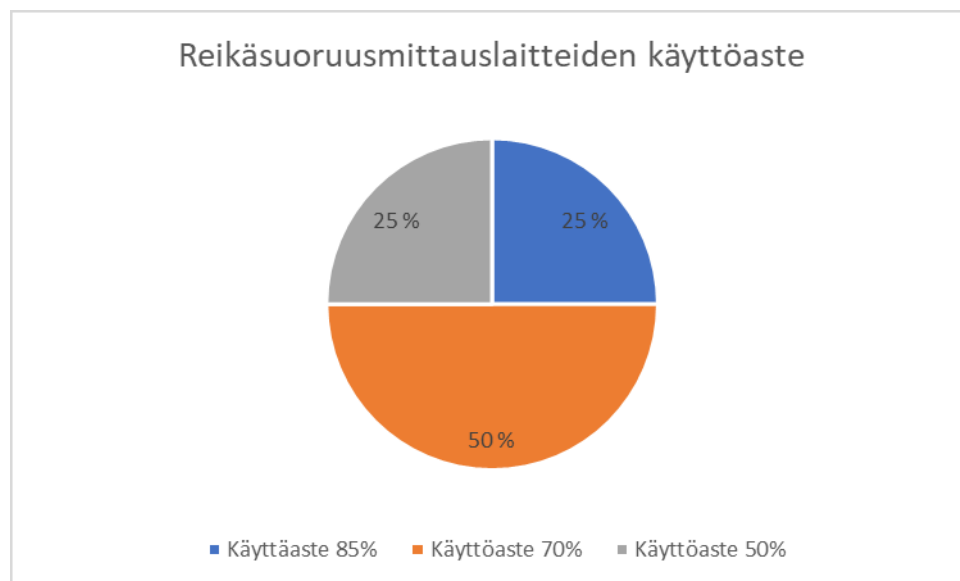
Reikäsuoritusmittauksen tärkeimpiä hyötyjä ovat porauksen ohjaus sekä panostuksen tehokas suunnittelu. Reaaliaikainen tieto porauksesta mahdollistaa porausparametrien muuttamista, jolla päästään haluttuun poraustarkkuuteen. Kun reikä on porattu ja suoritus mitattu voidaan panostuksella vaikuttaa kallion räjähtävyyteen. Jos reikäsuorutusta ei mitata ei voida tietää suunnitellun reiän todellista sijaintia. Näin ollen etu voi olla liian pieni verrattuna reiän panostukseen, jolloin kallio räjähtää hallitsemattomasti. Jos käytössä ei ole reikäsuoritusmittauslaitteistoa, yksi keino on laittaa louhetta rintauksen alaosaan suojaaksi. Louhe on varatoimi, jos etu porareikien alaosassa olisi liian pieni. Tästä syntyy tarpeettomia kustannuksia, jos etummaisat reiät ovat olleet oikein porattuja ja etu riittävän suuri.

Kun kallio on irrotettu, louhetta aletaan lastaamaan. Irrotetun louheen lohkarukoolla on merkittävä vaikutus louheen kuljetusta ja jatkokäsittelyä ajatellen. Jos lohkar koko on liian suuri, sillä on suora vaikutus lastaus tehokkuuteen sekä on mahdollista, että ylisuurat lohkareet täytyy rikkoa erikseen kaivinkoneen puomiin asennettavalla hydraulisella iskuvasaralla. Reikäsuoritusmittalaitteiden käytöllä on suora vaikutus vasaroinnista aiheutuvien kustannusten vähenemiseen, koska tällöin panostus on paremmin suunniteltavissa. Ylisuurien lohkaroiden syntymiseen voidaan myös vaikuttaa aiemmin käsitellyn suunnitteluohjelma SHOTPlusin käyttämisellä. Ylisuurten lohkaroiden käsittelystä syntyy myös epäsuoria

kustannuksia, mitä ovat kuormauskaluston seisominen ja kaluston rikkoutuminen. Hyvällä suunnittelulla saavutetaan kaikista paras lopputulos, jossa reikäsuoruuksimittaus on tärkeässä osassa.

Opinnäytetyö -Kysely louhinnasta (liite 1) kyselyyn vastanneista suurimmalla osalla (81,8 %) ei ollut käytössä reikäsuoruuksimittauslaitteisto. Kyselyyn vastanneista, joilla oli reikäsuoruuksimittauslaitteita, kaikki olivat sitä mieltä, että laitteiden hankinta on ollut hyvä investointi yritykselle. Huomioita oli myös omaisuusvahinkojen poistuminen ja turvallisuuden parantuminen. Kaikki vastanneet olivat sitä mieltä, että reikäsuoruuksimittauksesta saatava data parantaa työturvallisuutta. Vastaajien mukaan työturvallisuutta parantavia tekijöitä oli ollut kivien sinkoilun merkittävä väheneminen, panostuksen suunnittelun parantuminen sekä tieto keularivin todellisesta edusta, joka huomioidaan panostuksessa. Yli puolet vastanneista oli sitä mieltä, että porareiden ammattitaito oli parantunut oman mittauskaluston hankinnan ansiosta. Porareiden ammattitaidon koettiin parantuneen muun muassa niin, että porarit ovat olleet kiinnostuneita porattujen reikien suoruudesta sekä laatuun keskittyminen on lisääntynyt.

Opinnäytetyö -Kysely louhinnasta (liite 1) kartoitettiin reikäsuoruuksimittauslaitteiden käyttöasteita, joka on tärkeässä roolissa laitteistoja hankkiessa. Kuvassa 6 on näytetty, miten vastaajien käyttöasteet jakautuivat.



Kuva 6. Reikäsuoruuksimittauslaitteiden käyttöasteet, 50 prosenttia vastanneista sanoi, että laitteiden käyttöaste on 70 prosenttia.

5.5 Trimble Groundworks 3D-koneohjaus

Koneohjauksen suurin hyöty on suunnitelman mukainen kentän poraaminen, joka helpottaa porarin työtä maastossa. Koneohjauspohjaisessa porauksessa porarin maalaamat reikäpaikat eivät ole tarpeellisia, koska kaikki tarvittava tieto löytyy räjäytyssuunnitelmasta. Työtä nopeuttaa myös se,

että räjäytyssuunnitelma siirretään poravaunun koneohjaukseen sähköisesti. Kun porarin ei tarvitse merkitä reikäpaikkoja, hänellä on enemmän aikaa tehdä varsinaista työtä, jonka myötä poravaunun käyttöaste on suurempi verrattuna aiempaan. Kun työmaalla on käytössä kaivinkone, jossa on koneohjausjärjestelmä, jonka osatessa tulkita saman datan kuin poravaunu, kaivinkoneella on tieto missä suunnitellut reikäpaikat sijaitsevat ja se voi tyhjentää porattavan alueen valmiiksi. Koneohjauksella saavutettu hyöty on ajallisesti sekä kustannuksellisesti kannattavaa.

6 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli havainnollistaa digitalisaation mahdollisuuksia ja sen hyödyntämistä louhintatöissä. Työssä kartoitettiin yrityksen käyttämää tietokoneavusteista louhinnan suunnitteluohjelmaa ja siihen liittyviä ohjelmistoja ja niiden käyttötarkoituksia. Työssä käsiteltiin, kuinka niiden käyttäminen näkyy tuotannossa ja suunnittelussa.

Työn tekemisen tueksi toteutettiin kaksi kyselyä, joissa käsiteltiin louhinnassa käytettäviä toimintatapoja ja -menetelmiä sekä ohjelmia ja niiden hyödyntämistä tuotannossa ja suunnittelussa. Kyselyiden tarkoituksena oli tarkastella, kuinka paljon louhintatöissä hyödynnetään nykyisin saatavilla olevaa teknologiaa. Suomenkieliseen kyselyyn vastauksia kertyi 11, ja kysely lähetettiin 56 louhinta-alan yritykselle. Tavoitteena oli saada suurempi vastausmäärä, jolloin kyselyn tietoja olisi voinut hyödyntää tehokkaammin. Ruotsalaisille ja norjalaisille yrityksille suunnattuun kyselyyn tuli ainoastaan yksi vastaus, joten sitä en voinut hyödyntää työssäni. Olisi ollut kiinnostavaa saada heiltä enemmän vastauksia, koska yleisesti ottaen he ovat edelläkävijöitä infrarakentamisessa verrattuna Suomeen.

Rakennusalan tapaan myös louhintatyö on hyvin vanhoillinen. Omista hyviksi todetuista toimintatavoista ei haluta luopua eikä uudistuksia oteta hyvin vastaan. Usein tämän tyylisissä tilanteissa on kyse myös henkilöstön vajavaisesta kouluttamisesta uusiin toimintatapoihin. Erilaisten mittaus-ten ja suunnitteluohjelmien asema työmailla on kasvanut viime vuosina huomattavasti, mutta niiden kallis hankintahinta ei innosta yrityksiä investoimaan tekniikkaan. Tähän vaikuttaa myös se, että tietoa ja käyttäjäkokemuksia on vähän saatavilla. Tietokoneohjelmien ja mittalaitteiden kehittyminen ja niitä tukevat sovellukset vievät louhinta-alan toimintaa teknologisempaan suuntaan. Teknologian kehittyminen myös laskee ohjelmien hankintahintaa ja näin käyttäjäkunta kasvaa ajan myötä. Uskon, että tulevaisuudessa mittalaitteiden sekä tietotekniikan käyttäminen yleistyy, etenkin jos tilaajat alkavat vaatimaan tarkempia tuloksia työn toteuttamisesta.

Työssä tutustuttiin muun muassa poravaunun 3D-koneohjaukseen, jonka suurin hyöty tällä hetkellä on reikien poraaminen oikeaan sijaintiin suunnitelmien mukaisesti. Tulevaisuudessa olisi hyödyksi, jos koneohjauksesta saataisiin enemmän todellista toteumatietoa kallion laadusta sekä porauksesta, mitä voitaisiin hyödyntää suunnittelussa. Tällä hetkellä koneohjauksesta saatava toteumatieto perustuu ohjelman arvioon. Yritykselle kannattavinta olisi, että kaikki mahdollinen tieto, mitä on saatavilla, voitaisiin hyödyntää tehokkaasti. Uskon, että tulevaisuudessa koneohjausta voidaan kehittää niin, että siitä saatava todellinen toteumatieto sekä tieto kallion laadusta olisi laajemmin käytettävissä.

Orican SHOTPlus -suunnitteluohjelmassa on paljon ominaisuuksia, joita voidaan hyödyntää louhintatyössä erittäin tehokkaasti. Koen, että kaikista ohjelmista ja laitteistoista, joihin työssäni perehdyin SHOTPlus on keskeisessä roolissa. Sillä saadaan hyödynnettyä muista laitteistoista saatua tietoa ja tiedon yhdistäminen ja käyttäminen on helppoa. Mikään käytetyistä laitteistoista ja ohjelmista ei yksinään riitä, jos työn kustannuksia sekä turvallisuutta pyritään parantamaan parhaaksi mahdolliseksi. Kaikissa ohjelmissa ja laitteissa on omat hyvät puolet mutta parhaan hyödyn niistä saa käyttämällä niitä yhdessä.

Viime vuosina työturvallisuuden merkitys työmailla on kasvanut huomattavasti. Tilaajien ja urakoitsijoiden asenteet ovat muuttuneet suuntaan, jossa arvostetaan entistä enemmän turvallisesti toteutettua työtä. Työturvallisuuden ollaan valmiita panostamaan lisäämällä työstä syntyneitä kustannuksia. Tilaajien sekä työntekijöiden tietoisuus työturvallisuudesta on kasvanut ja näin osataan vaatia, että työ toteutetaan turvallisesti. Työturvallisuuden investointi tuo yritykselle kustannussäästöjä muun muassa vähentyvien sairaspöissaolojen ja työterveyshuollon tarpeen muodossa. Kaikki tässä työssä käsiteltyjen tietokoneohjelmien sekä sovelluksien käyttäminen lisää työturvallisuutta.

LÄHTEET

Aamulehti. 2018. Kultakaivoksen rakennustyöt etenevät Valkeakoskella - tavoitteena on saada 20 maitopurkillista kultaa kahdessa vuodessa *Aamulehti* 27.6.2018. Haettu 18.4.2020 osoitteesta <https://www.aamulehti.fi/a/201035102>

Hokkanen, J. (2015). *UAV-kopterin pistepilven tarkkuus*. Opinnäytetyö. Maanmittaustekniikka. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Haettu 20.4.2020 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/93543/Hokkanen_Jeremia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hustrulid, W. (1999). *Blasting principles for open pit mining: Volume 1, General design concepts*. Rotterdam: Balkema

Jääskeläinen, R. (2010). *Maarakennuksen ja louhinnan perusteet*. Porvoo: Tammertekniikka / Amk-Kustannus Oy

Kalliomäki, M. (2017). *Kauko-ohjatun ilma-aluksen käyttö betonirakenteisen asuinkerrostalon kuntotutkimuksen apuna*. Rakennustekniikka. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Haettu 2.5.2020 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/127808/Kalliomaki_Mika.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lappalainen, P. & Paalumäki, T. (2015). *Kaivos- ja louhintatekniikka*. Helsinki: Opetushallitus: Kaivosteollisuus FinnMin 2015

Olofsson, S. (1997). *Applied Explosives Technology for Construction and Mining*. Ärla: APPLEX

Orica. (n.d.). About Us. Haettu 3.4.2020 osoitteesta <https://www.orica.com/About-us#.XqBvJsgzZPY>

Ratu 0443 (2017). *Louhinta. Menekit ja menetelmät*. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 3.4.2020 osoitteesta https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%200443?external_system=Juha&page=1

Salmirinne, H., Hyvönen, E., Karinen, T., Konnunaho, J., Kurimo, M., Middleton, M., Niiranen, T., Panttila, H., Pasanen, A. & Turunen, P. (2017). *UAV-MEMO-projekti, osa I. Miehittämättömät ilma-alukset malminetsinnässä ja kaivostoiminnassa*. Geologian tutkimuskeskus. Haettu 20.4.2020 osoitteesta: http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_232.pdf

Salonen, J. (2016) *Porauksen optimointi satelliittipaikannuksen ja porauksensuunnitteluohjelmien avulla mursketuotannossa*. Haettu 23.3.2020 osoitteesta <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/infra/infra->

[akatemia/kivianespaivat-2016/iouko-salonen-mursketuotannon-porauksen-optimointi-2016.pdf](#)

Siitonen, E. (2011). *3D -skannaamisen ja fotogrammetrian hyödyntäminen suunnittelutyössä*. Tekniikan ja liikenteen ala. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Haettu 6.5.2020 osoitteesta:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31982/siitonen_eetu.pdf?sequence=1

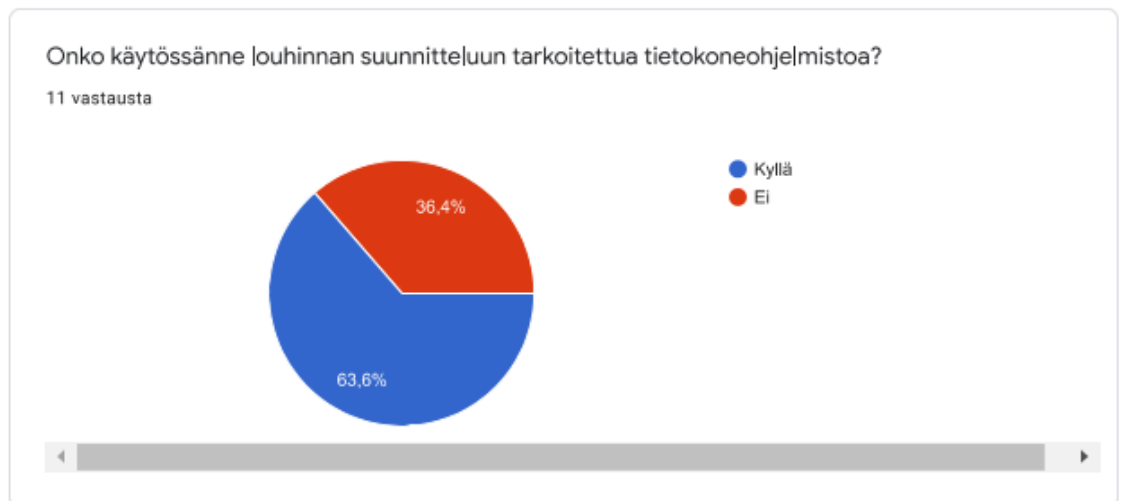
Stiehr, J. F. (2011). *ISEE Blasters' Handbook*. Cleveland: International Society of Explosive Engineers

Tose, S. S. J. (n.d.). A Review of the Design Criteria and Practical Aspects of Developing a Successful Pre-split. International Symposium on Stability of Rock Slopes in Open Pit Mining and Civil Engineering. The South African Institute of Mining and Metallurgy. s. 525-546

Valtioneuvoston asetus räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta 644/2011. Haettu 15.3.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110644#L2P5>

Vuolio, R. & Halonen, T. (2012). *Räjätystyöt*. Helsinki: Suomen Rakennus Media Oy

Opinnäytetyö- kysely louhinnasta



Jos vastasitte edelliseen kysymykseen "Kyllä", mitkä/mikä ohjelmisto?

7 vastausta

Blastech

3D WIN

i SURE

3 D yin

O-Pitblast, AB Forcit Oy:n tarjoama ohjelmisto

Forcit O-Pitblast ja Sandvik Driller's Office

O-PitBlast, SanRemo, 3DWin, Certiq, rocmanager

Mitä tietoja hyödynnätte louhintakentän suunnittelussa? (Esim. Fotogrammetrialla tuotettua pistepilviaineistoa)

6 vastausta

Hyödynnetään pistepilviaineistoa

Kentän suunnittelee rajausten osalta tilaajan päägeologi

Fotogrammetrialla sekä laserkeilausta

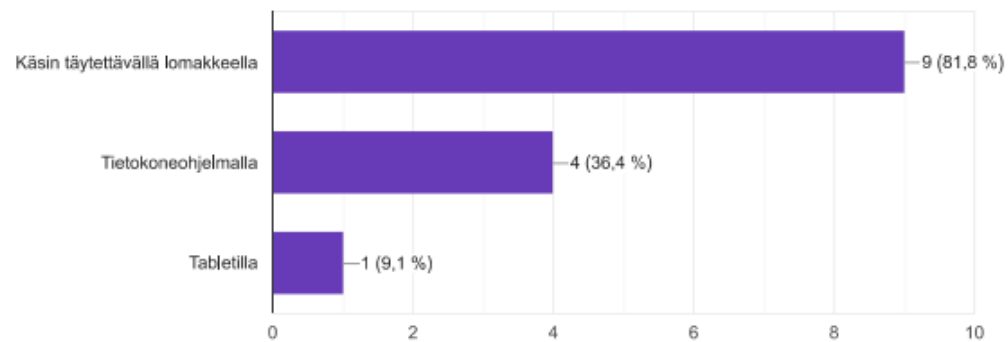
Todellisen edun todentamisen sekä reikäsuoruuden

Kalliopinnan kartoitustietoja (fotogrammetriaa ja GPS-kartoitusta) tai pohjatutkimustietoja kalliopinnasta ja suunnitelmista luotuja 3D-malleja.

Keulan laserkeilaus, reikäsuoruuksmittaukset, louhittavan kentän pintojen mittaus GPS-mittauslaitteistolla

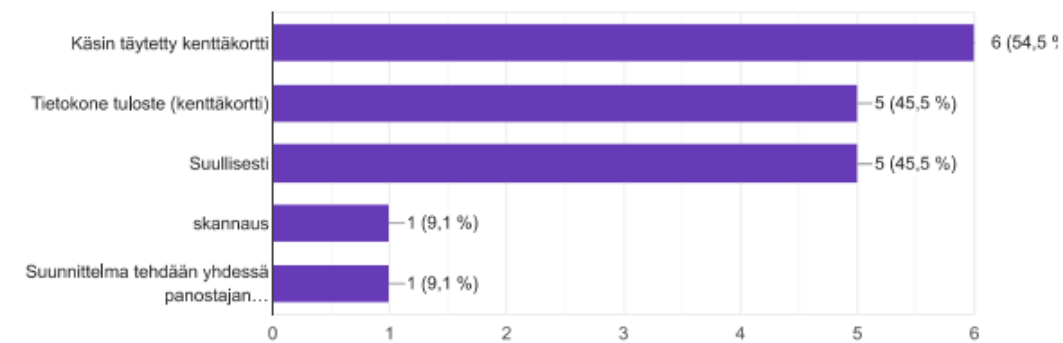
Miten teette kenttäkortin?

11 vastausta



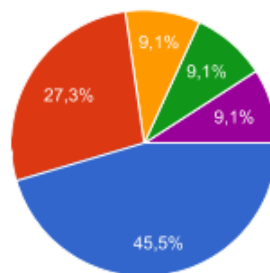
Miten räjäytyssuunnitelman tiedot toimitetaan panostajalle?

11 vastausta



Miten kentän todellinen keulapinta huomioidaan porauksessa?

11 vastausta

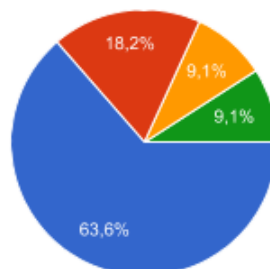


- Porari poraa omien silmämääräisten havaintojen perusteella
- Porari poraa 3D-laitteiston suunnitelman mukaisesti
- mitataan
- Molemmat vaihtoehdot, käytössä sekä 3D vaunuja että karvalakkimallisia vaunuja
- Skannattu keulapinta tuodaan suunnitteluohjelmistoon ja poraus suu...



Miten kentän todellinen keulapinta huomioidaan panostuksessa?

11 vastausta

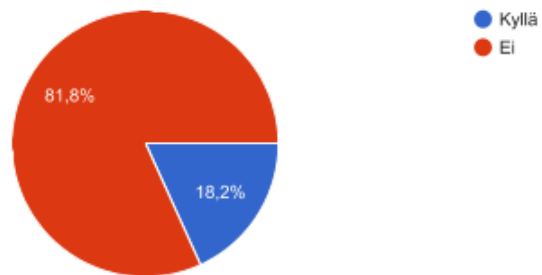


- Panostaja panostaa silmämääräisesti oman arvion mukaisesti
- Panostaja panostaa tietokoneohjelmalla tehdyn suunnitelman mukaisesti
- Meillä keulat mitataan aina edellisten räjäytysten jälkeen ja panostus ja poraus suunnitellaan sen mukaisesti.
- Sekäettä



Käyttääkö yrityksenne diginalleja?

11 vastausta



Jos käytätte, niin minkä toimittajan?

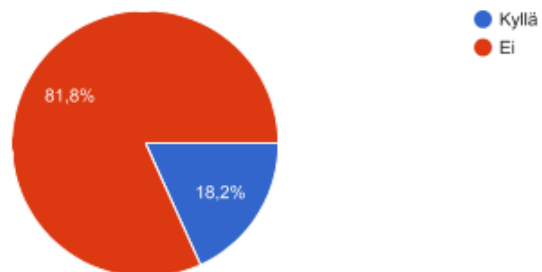
2 vastausta

Forcit

Hanwha, Orica

Onko yrityksellänne käytössä reikäsuoritusmittauslaitteistoa?

11 vastausta



Jos on, minkä palveluntarjoajan palvelut teillä on käytössä?

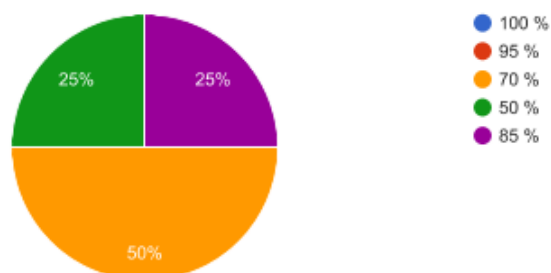
2 vastausta

Boretrak viewer/O-Pitlast

Forcit

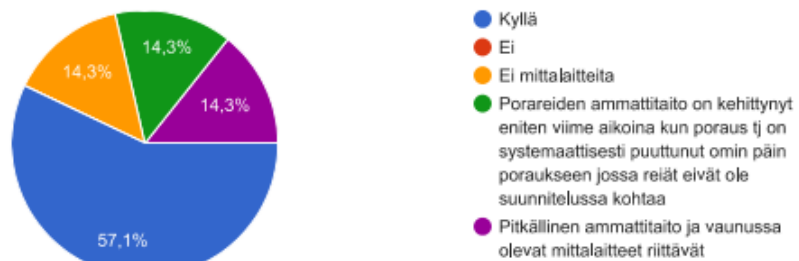
Mikä on laitteiden käyttöaste?

4 vastausta



Onko porareiden ammattitaito kehittynyt oman mittakaluston hankinnan myötä?

7 vastausta



Jos vastasit edelliseen kysymykseen "Kyllä", niin kerro miten?

4 vastausta

Reijän pohja tarkemmin porattu

Porarit ottaa huomioon suunnitellun kartan ja epäselvissä tapauksissa soittavat esimiehille.

Tiedetään kohteet, joissa reiät taipuvat voimakkaasti. Reikien taipumisen vaikutus murskairrotuksessa.

Porarit ovat olleet kiinnostuneita porattujen reikien suuruudesta ja keskittyneet laatuun enemmän.

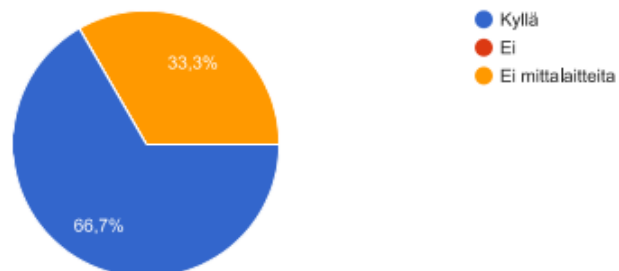
Millaisia säästöjä olette tehneet reikäsuoritusmittauksien myötä? Mm. Panostukset on voitu suunnitella tarkemmin tavoitteena parempi lohkaroituminen murskausta varten/rikot ja kynsien/ylihouhinnan välttäminen.

1 vastaus

Omaisuuksivahinkojen poistuminen, turvallisuuden parantuminen

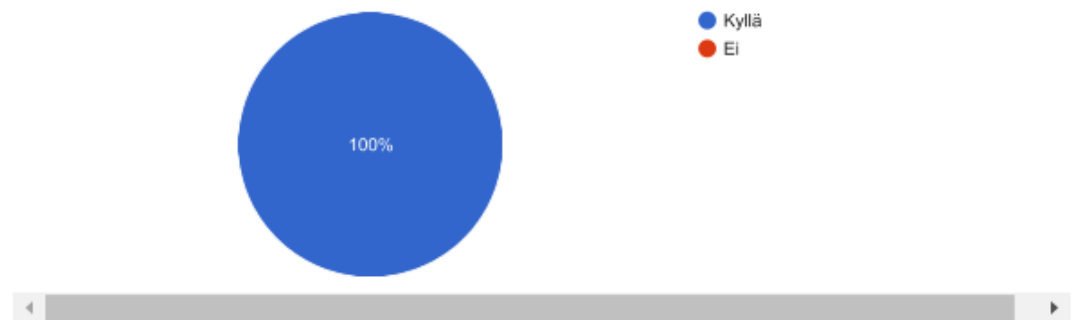
Onko reikäsuoritusmittalaitteiden hankinta ollut yritykselle hyvä investointi?

3 vastausta



Parantaako reikäsuoruuksmittauksesta saatava data työturvallisuutta?

4 vastausta



Tarkenna vastaustasi aiempaan kysymykseen, miten se on parantanut?

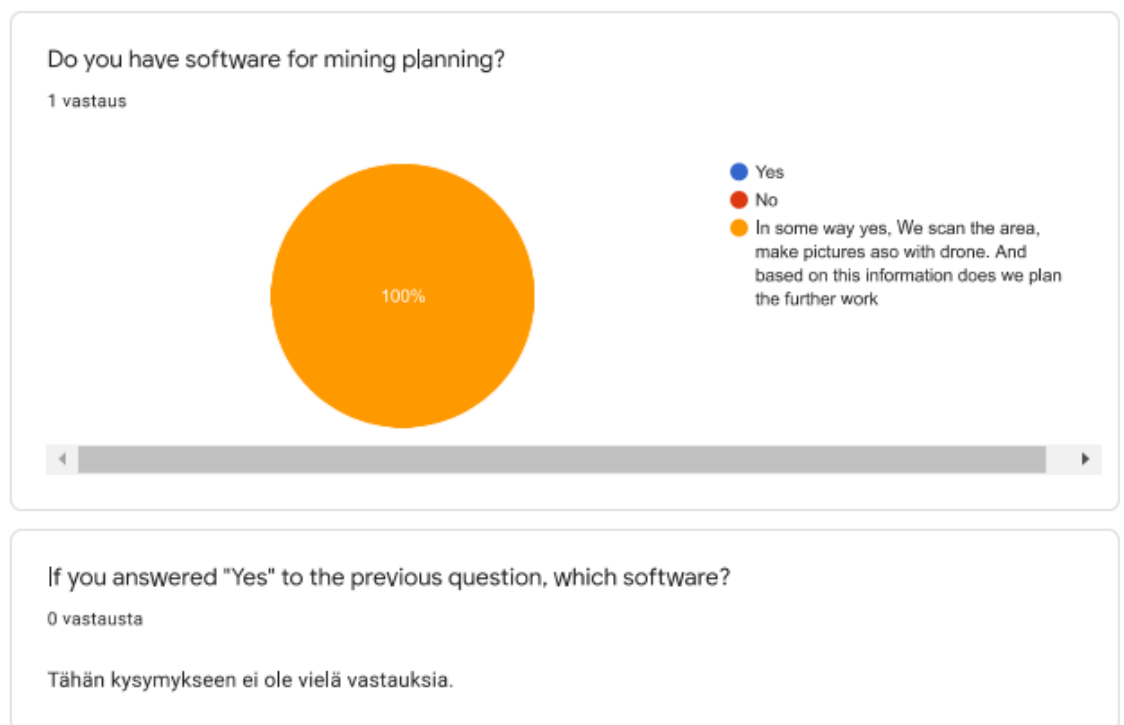
3 vastausta

Yleisesti ottaen parantaa, varsinkin isommissa kentissä ja isommissa porareijissä.

Kivien sinkoilun merkittävä vähentyminen

Keulariivien etu tiedetään tarkasti ja tämä otetaan huomioon panostettaessa. Tämä vähentää kivien sinkoiluriskiä.

Thesis -Gallup poll for mining



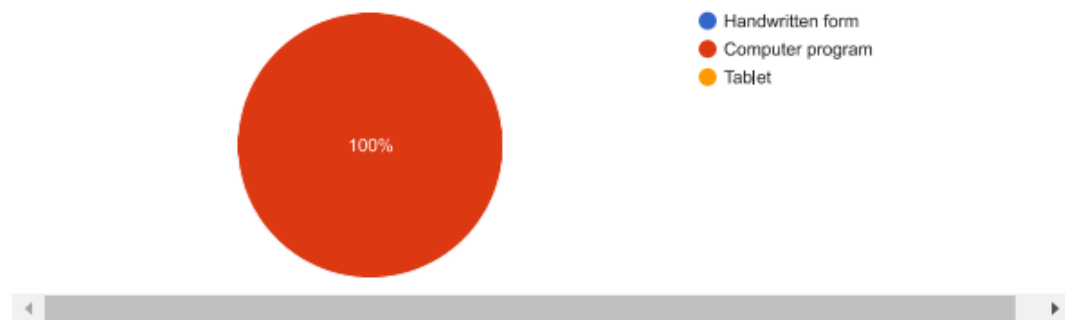
What information do you use to design your working field? (For example, point cloud data produced by photogrammetry)

0 vastausta

Tähän kysymykseen ei ole vielä vastauksia.

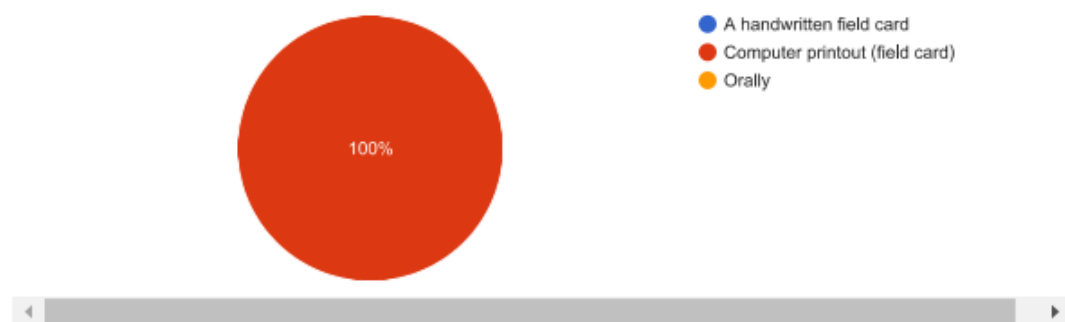
How do you make a field card?

1 vastaus



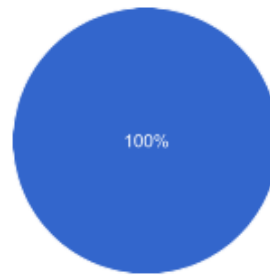
How is the mining plan information delivered to the collier?

1 vastaus



How is the actual bow surface taken into account when drilling?

1 vastaus

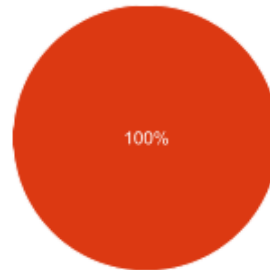


- The drill drills based on their own visual observations
- The drill drills the 3D hardware as planned



How is the actual bow of the field taken into account when charging?

1 vastaus

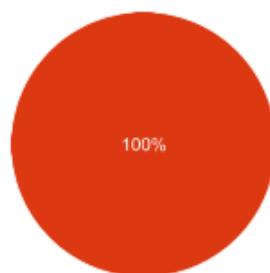


- The collier visually bets according to his own judgment
- The collier charging according to a plan made with a computer program



Does your company use digital detonator?

1 vastaus



● Yes
● No

If so, which supplier?

0 vastausta

Tähän kysymykseen ei ole vielä vastauksia.

Does your company use perforation straightening equipment?

1 vastaus



● Yes
● No

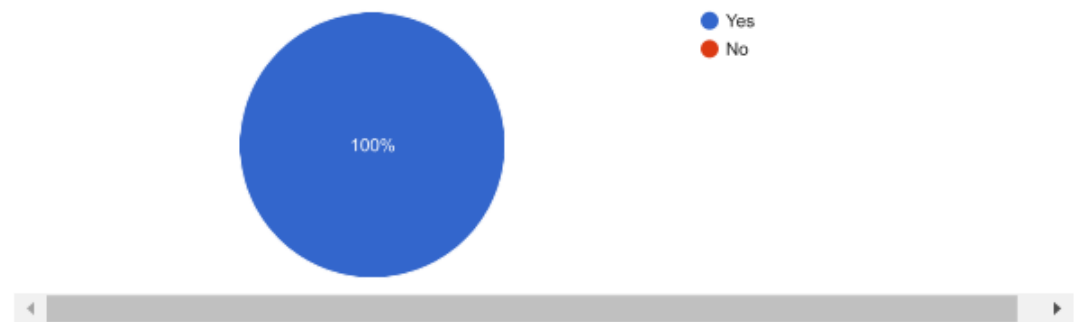
If so, which service provider do you use?

0 vastausta

Tähän kysymykseen ei ole vielä vastauksia.

Has your drill skills improved with the acquisition of your own measuring equipment?

1 vastaus



If you answered "Yes" to the previous question, please tell me how?

0 vastausta

Tähän kysymykseen ei ole vielä vastauksia.

What kind of savings have you made with perforation straightness measurements? For example, the bets could have been more precisely designed with the goal of better splitting for crushing / breaking and nail / over mining.

0 vastausta

Tähän kysymykseen ei ole vielä vastauksia.

Has the purchase of perforation straightness measurements equipment been a good investment for the company?

1 vastaus



● Yes
● No



Does data from perforation measurement improve safety at work?

1 vastaus



● Yes
● No



Please refine your answer to the previous question, how has it improved?

1 vastaus

It not only improve safety, it also improve the results from blasting