

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka, Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infratekniikka, maa- ja kalliorakennustekniikka

Juho Hämäläinen

3D-poravaunun toteumatiedon hyödyntäminen räjäytyssuunnitelmassa

Opinnäytetyö 2015

Tiivistelmä

Juho Hämäläinen

3D-poravaunun toteumatiedon hyödyntäminen räjäytyssuunnitelmassa, 37 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka, Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Infratekniikka, maa- ja kalliorakennustekniikka

Opinnäytetyö 2015

Ohjaajat: yliopettaja Tuomo Tahvanainen, Saimaan ammattikorkeakoulu, työmaapäällikkö Petteri Keinänen, Destia Oy

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin 3D-poravaunun tuottaman toteumatiedon hyödyntämisen mahdollisuuksia eri ohjelmistoilla. Tavoite oli löytää ohjelma, jonka avulla toteumatiedosta saataisiin hyötyä työmaille. Opinnäytetyössä tutkittiin viittä eri ohjelmistoa. Ohjelmat valittiin yhdessä opinnäytetyön tilaajan kanssa.

Tutkimus toteutettiin ottamalla yhteyttä ohjelmistojen edustajiin ja keskustelemalla heidän kanssa ohjelmistojen mahdollisuuksista. Useimmat ohjelmistoista olivat myös kokeilukäytössä, jolloin pystyttiin itse tutustumaan ohjelmistojen ominaisuuksiin. Lisäksi yhdessä opinnäytetyön tilaajan kanssa pohdittiin millaisia mahdollisuuksia toteumatiedon hyödyntämiseen tietokoneohjelmistoilla voisi olla.

Opinnäytetyön tuloksena ilmeni, ettei 3D-poravaunun toteumatiedon hyödyntäminen ole vielä mahdollista kaikilla kokeilla ohjelmistoilla. Suurimpia ongelmia toteumatiedon hyödyntämisessä oli hyödyntämisen viemä aika suhteessa siitä saatuun hyötyyn. Toisaalta tämä johtui siitä, että nykyinen toteumatieto ei sisällä sellaista tietoa, josta olisi suurta hyötyä louhinnasta.

Asiasanat: avolouhinta, 3D-poravaunu, toteumatieto

Abstract

Juho Hämäläinen

Utilization of 3D drill rig's drilling data in blast plans, 37 pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology, Lappeenranta

Degree Programme in Construction Engineering

Civil Engineering

Bachelor's Thesis 2015

Instructors: Mr Tuomo Tahvanainen, senior lecturer, Saimaa University of Applied Sciences, Mr Petteri Keinänen, Work Site Manager, Destia Oy

The purpose of the the research was to find out how to use 3D drill rig's drilling data in blast plans. The main purpose was to find a way to use drilling data in blast design programs. There were five different programs tested. All programs was intended for open cut mining blast design. The research was commissioned by Destia Oy.

The information was gathered from email conversations and meetings with design programs representatives. Also the license to test for most of the programs were given. Also ways to use drilling data were figured out with the instructors of this thesis.

The result of this thesis show that it is not a very good way to use drilling data with design programs. Only two programs were able to make a blast design from the drilling data. The biggest problem was the elapsed time compared with the profit that was gotten.

Keywords: Open cut mining, 3D drill rig, drilling data

Sisällys

Käsitteet.....	5
1 Johdanto.....	6
2 Louhinta.....	7
2.1 Avolouhinta.....	8
2.2 Avolouhintamenetelmiä.....	9
2.3 Avolouhinnan suunnittelun perusteet.....	10
2.3.1 Pengerlouhinnan poraussuunnitelma.....	12
2.3.2 Pengerlouhinnan panostussuunnitelma.....	13
2.3.3 Tarkkuuslouhinnan suunnittelu.....	14
3 Poraus.....	15
3.1 Avolouhinnan porauskalusto.....	15
3.2 Poravaunujen koneohjausjärjestelmät.....	17
4 Suunnitteluohjelmat.....	19
4.1 GEOVIA Surpac.....	19
4.2 Trimble Business Center.....	20
4.3 Sandvik Driller's Office.....	20
4.4 Detoplan.....	21
4.5 Orica SHOTPlus 5.....	21
5 Toteumatiedon hyödyntämisen mahdollisuuksia.....	22
6 Työssä tutkitut ohjelmistot.....	25
6.1 Toteumatiedon käsittely.....	26
6.2 Poraussuunnitelma.....	29
6.3 Panostussuunnitelma.....	30
7 Yhteenveto.....	32
8 Pohdinta.....	33
Kuvat.....	35
Taulukot.....	35
Lähteet.....	36

Käsitteet

CAD	(Computer-Aided Design) on yleisnimitys tietokoneavusteiselle suunnittelulle.
DTM	(Digital Terrain Model) on digitaalinen maastomalli, joka pyrkii kuvailemaan maastoa sellaisena kuin se luonnossa on.
GNSS	(Global Navigation Satellite System) on yleisnimitys eri satelliittijärjestelmien muodostamalle paikannusjärjestelmälle.
IREDES	(International Rock Excavation Data Exchange Standard) on kaivosteollisuuden tarpeisiin kehitetty tiedonsiirtostandardi.
MWD	(Measurement While Drilling) on porauksen aikana mitattavaa tietoa, jonka tarkoitus on luoda tietoa kiven laadusta.
Ominaispanostus	on kerralla räjäytettävän räjähdysaineen määrä per räjäytettävän kallion tilavuus. Yksikkö on kg/m^3 .
Ominaisporaus	on porattujen reikien yhteispituus per niillä räjäytettävän kallion tilavuus. Yksikkö m/m^3 .

1 Johdanto

Destia on suomalainen rakennus- ja infrastruktuurialan palveluyritys. Destian päätoimenkuvaan kuuluu infrakohteiden rakentaminen ja ylläpito. Sen erikoisrakentamisen toimialoja ovat kiviainestuotanto, kalliorakentaminen, ratarakentaminen ja -ylläpito sekä asiantuntijapalvelut. Kalliorakentamisen toimialaan kuuluvat niin maanpäällinen kuin maanalainenkin louhinta sekä kaivosrakentaminen. (Destia Oy 2014.)

Kalliorakentamisen määrä lisääntyy jatkuvasti. Tilan loppuessa kasvukeskuksista siirrytään rakentamaan maan alle sekä yhä vaikeampiin paikkoihin. Vaikeat rakennuspaikat vaativat usein kallion louhintaa vaikeissa olosuhteissa. Vaikeat olosuhteet muodostuvat muun muassa asutuksen läheisyydestä, tärinärajoituksista ja louhinnan vaaditusta tarkkuustasosta.

Nykyaikaisissa keskiraskaissa avolouhintaporaukseen tarkoitetuissa poravaunuissa on 3D-koneohjausjärjestelmä. Näiden järjestelmien tarkoitus on saada porauksesta mahdollisimman yhdenmukainen suunnitelmien kanssa. 3D-poravaunut keräävät myös toteumatietoa poratuista rei'istä. Tärkeimmät näistä tiedoista ovat reiän aloitus- ja lopetuspisteiden koordinaatit. Toteumatiedoista voisi olla hyötyä porauksen jälkeisessä suunnittelussa, mutta sitä hyödynnetään nykyisin varsin vähän. (Kuusjärvi 2010.)

Opinnäytetyön tavoite on löytää keinoja hyödyntää poravaunun tuottamaa toteumatietoa. Ensisijaisesti pyritään selvittämään kuinka toteumatietoa voitaisiin soveltaa avolouhinnan panostussuunnitelmia tehtäessä. Opinnäytetyön rajautuu viiteen suunnitteluohjelmaan, joiden ominaisuuksia vertaillaan. Louhinnan osaluista työ rajautuu vain avolouhintaan.

Opinnäytetyön alussa käsitellään lyhyesti avolouhintaa sekä avolouhinnan panostus- ja poraussuunnitelmien laadintaa. Sen jälkeen tutustutaan eri suunnitteluohjelmistoihin. Loppupuolella käsitellään ohjelmistojen toteumatiedon hyödyntämisen mahdollisuuksia sekä tutkittujen ohjelmistojen mahdollisuuksia toteumatiedon hyödyntämiseen.

2 Louhinta

Louhinta on kallion irrottamista tai irtokiviaineksen rikottamista räjäyttämällä. Louhintaa käytetään etenkin rakennus- ja kaivosteollisuudessa. Louhinta voidaan jakaa kolmeen pääalueeseen: avolouhinta, maanalainen louhinta ja vedenalainen louhinta. Avolouhinta käsittää kaiken maanpinnalla tapahtuvan louhinnan. Maanalaiseen louhintaan kuuluu tunneleiden ja luolien louhinta. Vedenalainen louhinta puolestaan sisältää kaiken tyyppiset veden alla tapahtuvat louhinnat. (Vuolio 2008, 88.)

Lähestulkoon kaikki louhinta on avolouhintaa. Rakennustyömaiden avolouhintoilla pyritään saamaan pois rakennuksen osien tiellä oleva kallio. Infrarakentamisessa kalliota louhitaan tie-, johto- tai putkilinjoilta pois. Kaivosteollisuudessa louhitaan malmipitoista kalliota rikastettavaksi ja sivukiveä pois malmin tieltä. Maanalaisen louhinnan avulla rakennetaan tiloja asutuskeskuksissa, joissa maanpäällinen rakennustila on vähissä. Louhintaa käytetään myös kiviaineksen irrottamiseen tarve- ja hyötykiveksi, kuten katukiviksi tai kalliomurskeeksi. Vedenalainen louhintaa suoritetaan satamissa, telakoilla ja laivaväylillä vedenalaisten kallioesteiden poistamiseksi. (Vuolio & Halonen 2010.)

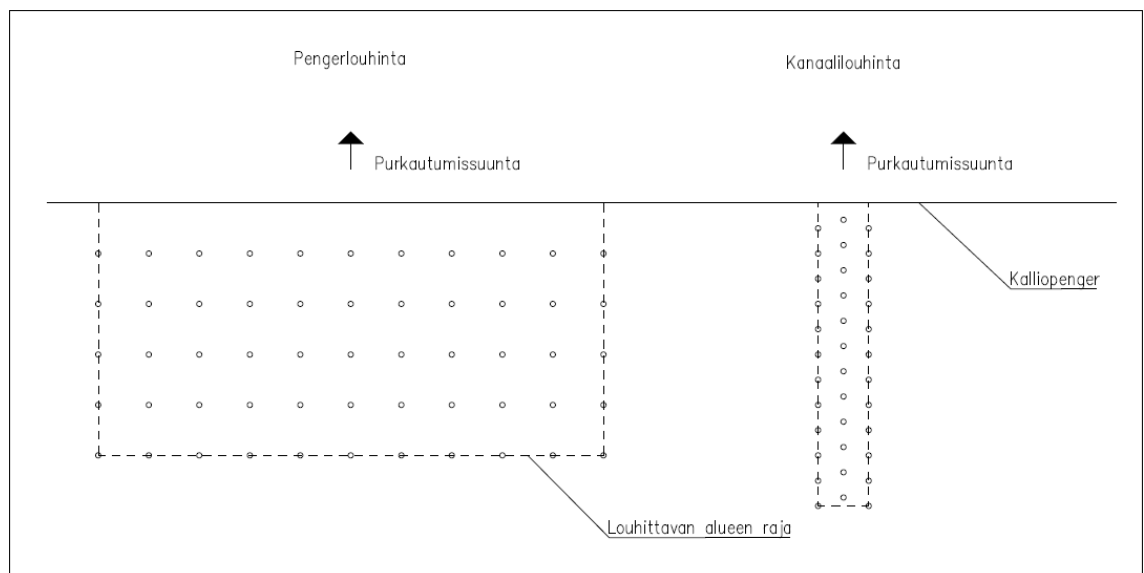
Louhinnan vaiheet ovat yleisesti panostuksen suunnittelu, poraus, panostus, räjäytys ja louheen poiskuljetus. Suurilla louhintatyömailla nämä vaiheet toteutuvat useita kertoja peräjälkeen tai eri puolilla työmaata yhtä aikaa, jos se työmaalla on mahdollista. Louhinta rakennustyömailla on pienimuotoisempaa kuin louhinta kaivoksilla ja kiviaineslouhimoilla. Toisaalta rakennustyömailla usein vaaditaan parempaa louhimisen tarkkuutta ja laatua. Tämä tekee louhinnasta rakentamisessa kustannuksia lisäävän tekijän, jota pyritään välttämään tai optimoimaan mahdollisimman edulliseksi. Rakennusteollisuudessa kaivoksilla ja kiviaineslouhimoilla louhinta on tuotannon perusprosessi, jolloin sen optimointi tuo merkittäviä säästöjä. (Jääskeläinen 2010, 227, 442.)

Louhinnan kustannukset määräytyvät louhittavan kiviaineksen määrästä, louhinnan halutusta tarkkuudesta ja ympäristön rajoituksista. Ympäristön rajoituksia voivat olla esimerkiksi räjäytyksen suojaamisen tarve, tärinärajoitukset sekä työaikarajoitukset. Asutuskeskuksissa louhiminen on kalliimpaa kuin asumatto-

malla alueella. Myös kallion ja kiven laatu vaikuttaa suuresti sekä louhinnan hintaan että nopeuteen. (Vuolio & Halonen 2010.)

2.1 Avolouhinta

Avolouhinta voidaan jakaa pengerialouhintaan ja kanaalilouhintaan. Avolouhinta on yleensä pengerialouhintaa eli kalliota irrotetaan penkereestä siten, että selkeitä purkautumissuuntia on vähintään kaksi. Yleensä yksi purkautumissuunta on ylös ja yksi penkereeseen suuntaan. Kanaalilouhinta on pengerialouhinnan erikoismuoto, jossa penkereeseen suuntaisen purkautumistilan kapeus vaatii suuremman ominaisporauksen ja ominaispanostuksen käyttämisen. Kuvassa 1 on esitetty pengerial- ja kanaalilouhinnan eroja. (Vuolio & Halonen 2010.)



Kuva 1. Pengerial- ja kanaalilouhinnan erot.

Rakennustyömailla tapahtuva avolouhinta suoritetaan usein asutulla alueella. Tämä tarkoittaa avolouhinnassa sitä aluetta, joka on 200 metrin päässä asutusta rakennuksesta tai paikasta, jossa ihmisiä tavallisesti oleskelee. Asutulla alueella tulee räjäytyskenttä suojata riittävästi. Asutulla alueella joudutaan myös louhimaan pienempiä määriä kerrallaan, koska sinkoutumien ja tärinän aiheuttama vaara on suuri. Tämä aiheuttaa lisätyötä ja hidastaa louhintaa. (Valtioneuvoston asetus 16.6.2011/644.)

Avolouhinnassa välittömät kustannukset muodostavat noin 75–80 % kaikista kustannuksista. Välittömät kustannukset sisältävät vain louhintatyön tekemisen

kustannukset. Yhteiskustannuksia ovat loput 20–25 %. Niihin sisältyy sellaiset kulut, joita ei välttämättä voi kohdistaa juuri tietyille työvaiheille, kuten työnjohdon kulut tai vakuutuskulut. Taulukossa 1 on esitelty, kuinka avolouhinnan välittömät kulut jakautuvat. (Vuolio & Halonen 2010, 179.)

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

Taulukko 1. Avolouhinnan välittömien kustannusten osuudet. (Vuolio & Halonen 2010, 179.)

2.2 Avolouhintamenetelmiä

Penger- ja kanaalilouhinnan lisäksi avolouhinnassa tarvitaan usein muita menetelmiä, jotta haluttuun lopputulokseen päästään. Menetelmiä tarvitaan etenkin, jos halutaan louhitun kalliopinnan taso toleranssin sisään tai louhitun pinnan tasaisuudelle on annettu vaatimus. Toleranssiin louhimista kutsutaan tarkkuuslouhinnaksi ja pinnanmuotoon perustuvaa louhintaa silolouhinnaksi. (Jääskeläinen 2010, 225.)

Tarkkuuslouhintaa käytetään muiden rakenteiden, kuten rakennusten perustusten, läheisyydessä. Tarkkuuslouhinnalla voidaan pyrkiä myös säästöihin tulevaisuudessa, jos aiotaan suoraan kalliopinnalle rakentaa. Tarkkuuslouhinta lisää turvallisuutta. Kun kalliopinta pyritään jättämään mahdollisimman ehjäksi, on putoavien kivien vaara pienempi. Ehjä kallioseinä on myös halvempi puhdistaa ja lujittaa. Kuvassa 2 on esimerkki tarkkuuslouhitusta kalliopinnasta. Silolouhinnalla pyritään saamaan kalliosta mahdollisimman esteettisen näköinen. Silolouhintaa käytetään esimerkiksi teiden kallioleikkauksissa ja julkisten paikkojen kallionleikkauksissa. Sekä tarkkuus- että silolouhintaa on käytetty jo pitkään tarvekilouhimoilla. (Vuolio & Halonen 2010.)



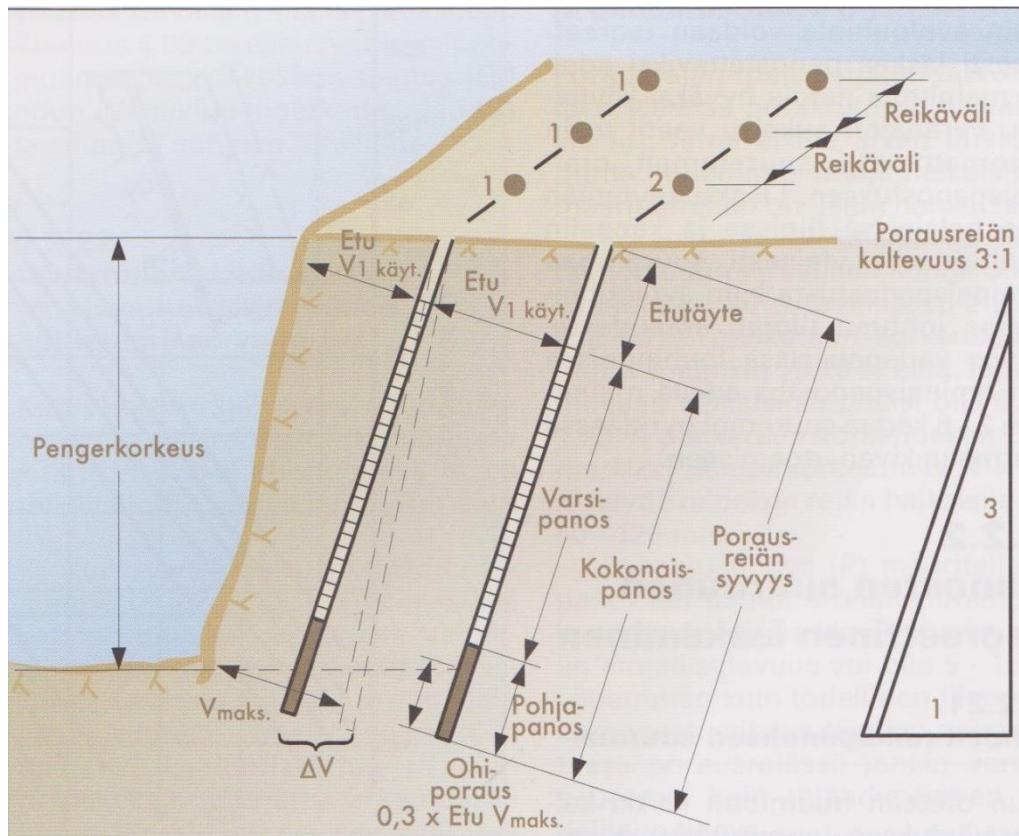
Kuva 2. Tarkkuuslouhittu kallio.

Tarkkuuslouhinnalle määrätty tavoitetaso saavutetaan tihentämällä reikäväliä ja pienentämällä ominaispanostusta. Kaikki räjäytyslinjan reiät räjäytetään samaan aikaan, jos tärinärajoituksia ei ole. Tarkkuuslouhinnassa porauksen tulee olla virheetöntä, sillä panostus on suunniteltu kevyeksi. (Vuolio & Halonen 2010.)

2.3 Avolouhinnan suunnittelun perusteet

Tärkein tavoite louhinnan suunnittelussa on saada aikaan kallion lohkaroituminen ja siirtyminen eli heitto. Suunnittelussa on otettava huomioon kallion geologiset ominaisuudet ja räjähdysgeometria sekä käytettävän räjäytysaineen ja sytytysvälineiden ominaisuudet. Kallion geologisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi kallion kovuus, rakoilu ja kalliotyyppin vaihtelevuus. Räjähdysgeometria tarkoittaa purkautumiskulmaa räjäytyksen suuntaan. Eri räjähdysaineiden ominaisuudet voivat erota suurestikin. Jopa samalla räjähteellä on erilaisia ominaisuuksia riippuen patruunakoosta. Sytytysjärjestelmien tärkeimmät eroavaisuudet ovat hidasteiden tarkkuudessa sekä aikaväli- ja sytytysjärjestyksensuunnittelun mahdollisuuksissa. (Vuolio & Halonen 2010.)

Pengerlouhintaa suunniteltaessa on tunnettava yleisesti käytössä oleva nimikeistö ja niiden kirjainlyhennelmät. Kuvassa 3 on esitetty pengerlouhinnan käsitteistöä.



Kuva 3. Pengerloughinn käsitteistöä. (Vuolio & Halonen 2010, 109.)

Panostussuunnitelmaa tehtäessä on tärkeä tietää mikä ominaispanostusaste oikea juuri sille kalliolle, jota ollaan louhimassa. Kun räjäytyskenttä on kerran räjäytetty, ei lopputulokseen voi enää vaikuttaa. Tämän takia suunnittelijan ja panostajan on tiedettävä tarkasti räjäytyskentän onnistumiseen vaikuttavat asiat. Räjäytyksen jälkeen on tehtävä analyysi, jossa kerätään tietoa tulevia räjäytyksiä varten. Sen perusteella voidaan muuttaa esimerkiksi ominaispanostusta tai -porausta, jotta seuraava räjäytys olisi edellistä parempi. (Vuolio & Halonen 2010.)

Räjäytyssuunnitelman laatiminen alkaa purkautumissuunnan valinnalla, joka yleensä on avoimen penkereen suunta. Purkautumissuuntaa voidaan säädellä myös sytytysjärjestyksellä. Seuraavaksi suunnitellaan porareikien sijoittelu eli etu ja reikäväli. Viimeisenä suunnitellaan reikäpanoksien suuruus ja koostumus. (Vuolio 2008, 105.)

2.3.1 Pengerlouhinnan poraussuunnitelma

Poraussuunnittelu aloitetaan määrittämällä käytettävästä räjähdysaineesta riippuva maksimietu $V_{\text{maks.}}$. Maksimietu tarkoittaa panosreiän pohjalla olevaa suurinta etua metreissä, jolla kallio vielä irtoaa. Kaavassa 1 on esitetty maksimiedun laskeminen dynamiitille ja kaavassa 2 aniiteille ja patruunoiduille emulsiolle. Kaavoissa l_b on räjähdysaineen patruunakokohtainen panostusaste, joka saadaan räjähdeainetoimittajan taulukoista. (Vuolio & Halonen 2010.)

$$V_{\text{maks.}} = 1,47\sqrt{l_b} \quad (1)$$

$$V_{\text{maks.}} = 1,42\sqrt{l_b} \quad (2)$$

Maksimiedun avulla voidaan laskea käytännön etu V_1 kaavalla 3. Käytännön etu ottaa huomioon porauksen virheet. Kaavassa 0,1 on porauksen aloituspaikan virhe ja $0,03 * H$ porauksen suuntavirhe. (Vuolio & Halonen 2010.)

$$V_1 = V_{\text{maks.}} + 0,1 + 0,03 * H \quad (3)$$

Irrotuslouhinnassa edun ja reikävälin suhde on tavallisesti 1,25. Suhde voi vaihdella johtuen edellä mainituista louhintaan vaikuttavista tekijöistä. Kaavalla 4 lasketaan reikäväli E_1 edun avulla. (Vuolio & Halonen 2010.)

$$E_1 = 1,25 * V_1 \quad (4)$$

Seuraavaksi lasketaan porareian pituus metreissä kaavalla 5. Porareikä porataan yleensä halutun pohjatason alapuolelle 0,3 maksimiedun verran. Kaavassa 3 K on pengerkorkeus ja H reiän syvyys. (Vuolio & Halonen 2010.)

$$H = K + 0,3 * V_{\text{maks.}} \quad (5)$$

Porareikiä kallistetaan, jotta irtoamiskulma olisi suurempi. Tämän avulla panosta voidaan pienentää pystyreikiin verrattuna. Kallistetut reiät saavat aikaan myös kallion paremman lohkaroitumisen. Kaavalla 6 lasketaan kallistetun porareian syvyys. Kaavassa a on kallistuskerroin, joka kallistuksen ollessa 3:1 on 0.05. (Vuolio & Halonen 2010.)

$$H_{\text{kall}} = H + a * H \quad (6)$$

Ominaisporaous b voidaan laskea näiden arvojen avulla kaavalla 7. Kaavassa 7 B on kentän leveys ja n reikiä reikäriiviä kohti. (Vuolio & Halonen 2010.)

$$b = \frac{n * H_{\text{kall}}}{B * V_1 * K} \quad (7)$$

2.3.2 Pengerloughinnan panostussuunnitelma

Avoloughinnassa panostusta suunniteltaessa on laskettava reiän täyttömäärät pohjapanoksen ja varsipanoksen osalta valituille räjähdaineille. Räjähdaine-kohtaisen ominaisuudet löytyvät räjähdainevalmistajien taulukoista.

Pohjapanoksen pituus h_b lasketaan kaavalla 8 ja paino Q_b kaavalla 9. Pohjapanos mitoitetaan siten, että se on 1,3 kertaa käytännön edun mittainen.

$$h_b = 1,3 * V_1 \quad (8)$$

$$Q_b = 1,3 * V_1 * I_b \quad (9)$$

Varsipanosta käytetään, kun pengerkorkeus on suurempi kuin 1,8 kertaa etu. Varsipanos on pohjapanoksen yläpuolella ja se on kevyempi kuin pohjapanos. Varsipanos on tavallisesti 40 %–100 % pohjapanoksen suuruudesta. Käytetty varsipanoksen suuruus riippuu sallitusta heitosta, sinkoutumisesta ja halutusta lohkarokoosta. Varsipanos ulottuu yleensä noin 0,5–1 edun päähän kalliopinasta. Loppuosa täytetään etutäytteellä, esimerkiksi sepelillä.

Kaavalla 10 lasketaan varsipanoksen panostusaste I_p , jolla kivi vielä irtoaa tavallisessa avoloughinnassa kun kallio on vähärakoista. Varsipanoksen pituus h_p saadaan kaavalla 11. Kaava 11 vaatii, että pohjapanoksen ja etutäyteen määrä koko reiän syvyydestä on tiedossa. Esimerkki kaavassa pohjapanos on 1,3 kertaa ja etutäyte yhden kerran edun mittainen. Varsipanoksen paino Q_p voidaan laskea kaavalla 12. (Vuolio & Halonen 2010.)

$$I_p = 0,4 * I_b \quad (10)$$

$$h_p = H - 1,3 * V - V \quad (11)$$

$$Q_b = h_p * I_p \quad (12)$$

Usein pyrittäessä sopivaan lohkokokoon käytetään suurempaa panostus astetta kuin $0,4 * I_b$.

Yhden reiän sisältämä räjähdeaineen paino Q_t saadaan yksinkertaisesti lisäämällä pohjapanoksen ja varsipanoksien painot. Samoin reiän sisältämän räjähdeaineen pituus h_t saadaan lisäämällä pohja- ja varsipanosten pituudet. Räjätyskentän ominaispanostus q voidaan laskea kaavalla 13. (Vuolio & Halonen 2010.)

$$q = \frac{Q_t}{V_1 * E_1 * K} \quad (13)$$

2.3.3 Tarkkuusloughinnan suunnittelu

Tarkkuusloughinnassa voidaan käyttää kahta menetelmää: raonräjäytystä tai jälkiloughintaa. Raonräjäytysmenetelmässä räjäytyskentän reunalinjaan räjäytetään rako ennen varsinaista kentän loughintaa. Rako voidaan räjäyttää ennen varsinaisen kentän räjäytystä, jolloin kyse on esiraon räjäyttämisestä. Usein rako räjäytetään varsinaisen kentän räjäytyksen yhteydessä. Jälkiloughintamenetelmässä tarkkuusloughintalinja räjäytetään kentän loughinnan jälkeen. Jälkiloughinta voidaan suorittaa kentän räjäytyksen yhteydessä tai sen jälkeen. (Vuolio & Halonen 2010.)

Tarkkuusloughintaan rakennusloughinnassa käytetään usein F-putkipanoksia tai Kemix A -putkipanoksia, koska ne soveltuvat hyvin yleisesti käytetyille reikäläpimitoille. Tarkkuusloughinta voidaan suunnitella nopeasti taulukon 2 avulla. Taulukossa 2 raonräjäytyksen etu V on 0,5 kertaa kenttäreikien reikäväli. Usein taulukon arvoja joudutaan soveltamaan kallion laadun vaihtelun ja työmaakohtaisten erojen vuoksi. (Vuolio & Halonen 2010.)

Porausreikä- läpimitta mm	Panostus- aste kg/m	Valmis panos		Jälkilouhinta		Raon- räjäytys- reikäväli E m
		Räjähdyks- aine	Koko	Reikäväli E m	Etu V m	
34 - 51	0,21	F- putkipanos	17 x 460	0,5 - 0,6	0,7 - 0,9	0,3 - 0,5
51 - 64	0,22	Kemix A - putkipanos	17 x 1000	0,5 - 0,6	0,7 - 0,9	0,3 - 0,5
51 - 76	0,42		22 x 1000	0,6 - 0,8	0,8 - 1,0	0,5 - 0,7
76 - 89	0,55		25 x 1000	0,8 - 1,1	1,0 - 1,4	0,6 - 0,8

Taulukko 2. Etu, reikäväli ja panostus pengertarkkuuslouhinnassa (Vuolio & Halonen 2010, 263).

3 Poraus

Louhinnassa poraus tapahtuu poravaunuilla. Poravaunua ohjaa porari. Porari poraa reikiä annetun poraussuunnitelman mukaisesti. Porauksessa tapahtuu usein virheitä. Neljä tyypillisintä porausvirhettä ovat reiän väärä aloituspaikka, reiän väärä kallistus, väärä reikäsyvyys ja reiän taipuminen. Markkinoilla on poravaunuihin asennettavia koneohjausjärjestelmiä, joiden tarkoitus on vähentää porausvirheitä (Kuusjärvi 2010). Joskus työmaalla on mahdotonta porata suunniteltua reikää. Silloin porarin ammattitaito ja tiedonkulku työmaalla korostuvat. (Vuolio 2008.)

3.1 Avolouhinnan porauskalusto

Avolouhinnassa poraus tapahtuu Suomessa lähes kokonaan päältätyövällä porauskalustolla. Päältätyövän poralaitteen toiminta perustuu iskuenergiaan, syöttövoimaan ja pyörytykseen. Iskuenergian ja pyörytyksen poratankoon luo poravaunun puomissa oleva poravasara. Poravasara liikkuu puomissa luoden syöttövoiman. Poratankoa pitkin energia siirtyy poratankon päässä olevaan porakruunuun, joka siirtää energian kallioon. Porauksen onnistumiseksi tarvitaan lisäksi huuhtelu, jolla porauksen tuottama kiviä poistetaan reiästä. Yleensä huuhtelu toteutetaan paineilmalla onton poratankon läpi. (Vuolio & Halonen 2010.)

Pääasiassa pengerlounhinnassa käytetään joko kevyitä tai keskiraskaita poravaunuja. Kevyet poravaunut ovat yleensä hytittömiä (kuva 4). Kevyillä poravaunuilla tehdään reikäkooltaan pieniä reikiä, joiden läpimitta on 27–42 millimetriä. Kevyet poravaunut käyttävät kiinteää poratankoa ja niillä porattujen reikien syvyys on yleensä alle 5 metriä. Keskiraskaat vaunut soveltuvat parhaiten läpimitaltaan 45–76 millimetriä olevien reikien poraukseen. Tyypillinen pengerkorkeus keskiraskaalle vaunulle on 5–15 metriä. Raskailla poravaunuilla voidaan porata jopa yli 200 millimetrin läpimittaisia reikiä. Raskaita poravaunuja käytetään suurilla avolouhoksilla (Vuolio & Halonen 2010). Raskaat ja keskiraskaat vaunut käyttävät jatkotankokalustoa, jossa poratanko voidaan jatkaa liittämällä niitä toisiinsa jatkoholkkien avulla. (Jääskeläinen 2010.)



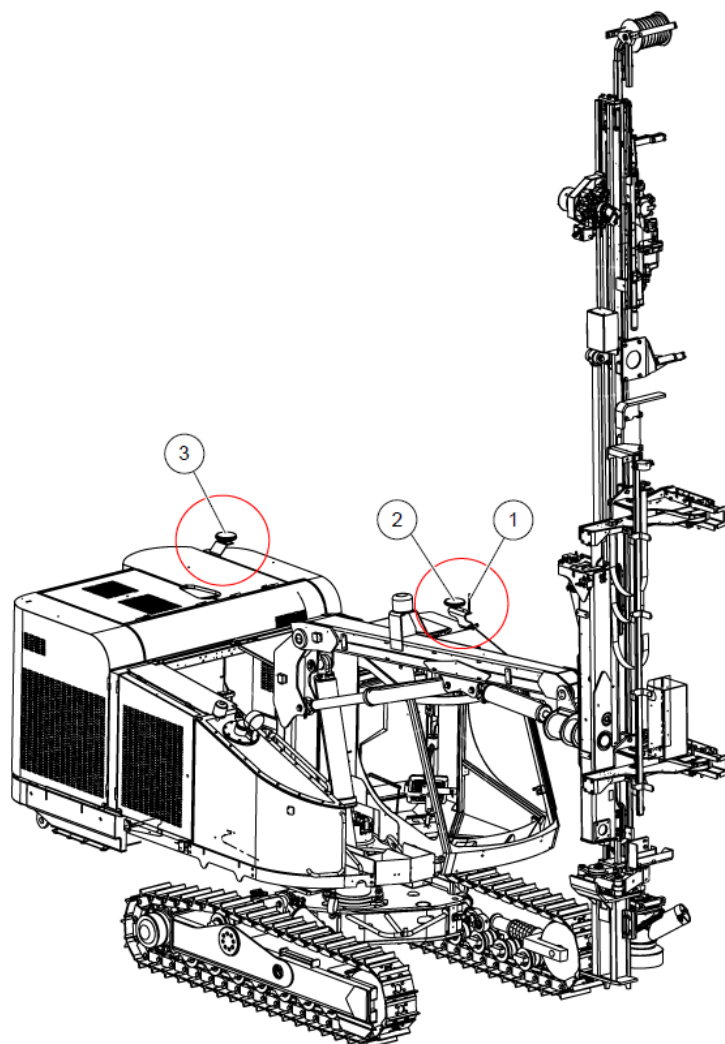
Kuva 4. Kevyt poravaunu. (Atlas Copco 2015.)

Porakaluston valintaan työmaalle vaikuttavat niin kallion ominaisuudet kuin louhinnan kokokin. Myös työmaakohtaiset asiat, kuten maasto ja asutuksen läheisyys, vaikuttavat porakalustoon. Varsinkin suurimpien poravaunujen liikuteltavuus ja maasto-ominaisuudet ovat huonoja. Lisäksi niiden huonon ulottuvuuden ja suuren koon vuoksi ne eivät sovellu ahtaille työmaalle. Pengerkorkeus ja irrottettavan kallion kokonaismäärä vaikuttavat porakalustoon periaatteessa siten, että mitä suuremmat määrät, sitä suurempi porakalusto. Kallion laatu voi vaikut-

taa valittuun porakalustoon. Kallion ollessa huonolaatuista joudutaan poraamaan tarvittavaa huomattavasti suurempia reikiä, jotta reikien tukkeutuminen vältettäisiin. Useasti käytetään yrityksellä jo valmiiksi olevaa porakalustoa ja tuotanto suunnitellaan siten, että olemassa olevan porakaluston käyttö on mahdollista. (Vuolio & Halonen 2010.)

3.2 Poravaunujen koneohjausjärjestelmät

Poravaunujen ja maamittauslaitteiden valmistajat ovat kehittäneet poravaunuihin koneohjausjärjestelmiä. Näiden koneohjausjärjestelmien tarkoitus on tehdä poraamisesta tarkempaa, nopeampaa ja helpompaa. Poravaunujen koneohjausjärjestelmiä ovat esimerkiksi Sandvikin TIM3D, Atlas Copcon SmartRig ja Trimblen DPS900. Eri valmistajien koneohjauksen toteutukset vaihtelevat hieman, mutta peruseriaate on, että poravaunussa on GNSS- tai vastaava paikannusmenetelmä ja sensoreita, jotka tunnistavat poravaunun puomin asennon ja paikan. Usein paikannustarkkuutta parannetaan joko työmaalla olevan tukiaseman tai matkapuhelinverkon avulla. Poravaunun ohjaamossa on tietokone, josta porari näkee minne ja millä kaltevuudella reikä on porattava. Lisäksi tietokone pysäyttää porauksen automaattisesti, kun oikea reikä syvyys on saavutettu. Kuvassa 5 on esitetty keskiraskas poravaunu, joka on varustettu Sandvikin TIM3D koneohjausjärjestelmällä. Kuvassa 5 kohta 1 on radiomodeemiantenni ja 2 sekä 3 GPS-antenneja (TIM3D 2013.). (Sandvik TIM3D.)



Kuva 5. Keskiraskas TIM3D-poravaunu. (TIM3D 2013.)

Poravaunujen koneohjausjärjestelmät tarvitsevat tietokoneohjelmistolla tuotetun poraussuunnitelman tai yksikertaisessa tapauksessa suunnitelman voi tehdä porari itse ohjaamon tietokoneen avulla. Nykyaikaisessa koneohjausjärjestelmässä suunnitelmat tuodaan poravaunulle langattoman tiedonsiirron tai USB-muistitikun avulla. Poravaunun tietokone osaa laskea uuden paikan ja suunnan reiälle joko niin, että porataan viereen samansuuntainen ja yhtä syvä reikä tai porataan viereen reikä, jonka päätepiste on sama kuin alkuperäisen reiän. Porari voi myös muokata poraussuunnitelmaa, mikäli reikää ei voi porata suunniteltuun kohtaan. Poravaunun koneohjausjärjestelmällä on myös mahdollista porata ilman etukäteen tehtyä poraussuunnitelmaa. Silloin järjestelmä näyttää reiän syvyyden, tavoitetason ja sen hetkisen porauskohdan. Koneohjausjärjestelmä tallentaa toteumatiedon myös ilman suunnitelmaa porattaessa. (Sandvik TIM3D.)

Poravaunujen koneohjausjärjestelmät keräävät myös tietoa poratuista rei'istä. Tieto sisältää reiän aloituspisteen, syvyyden ja poraukseen käytetyn ajan. Tämä tieto on siirrettävissä suunnittelijalle, joka voi verrata toteutunutta porausta suunniteltuun. Porauksen toteumatiedosta voi helposti nähdä mahdolliset porausvirheet lukuun ottamatta reikien taipumista, jota koneohjausjärjestelmillä ei voida todeta. Useat koneohjausjärjestelmät tallentavat toteumatiedon IREDES -standardin mukaiseen formaattiin, jonka käsittely on mahdollista useilla suunnitteluohjelmilla. (SmartRig Handbook.)

4 Suunnitteluohjelmat

Louhintatyön suunnitteluun on olemassa useita ohjelmistoja. Useimmat louhinnan suunnitteluun tarkoitetut ohjelmistot ovat CAD-tyylisiä, kuten rakennusalan suunnitteluohjelmat yleisestikin. Monissa ohjelmistoissa louhinnan suunnittelu on vain yksi monista ohjelman ominaisuuksista, kun taas toiset ohjelmat ovat tarkoitettu vain louhinnan suunnitteluun.

Opinnäytetyössäni tutustuin viiteen louhinnan suunnitteluun tarkoitettuun ohjelmistoon. Ohjelmistot eroavat toisistaan muun muassa laajuuden, käyttötarkoituksen ja käyttöliittymän osalta. Seuraavana esittelen opinnäytetyössä tutkittuja ohjelmistoja.

4.1 GEOVIA Surpac

GEOVIA Surpac on etenkin kaivosteollisuuden tarpeisiin suunniteltu ohjelmisto. Sillä onnistuu niin maanalaisten kaivosten kuin avolouhostenkin suunnittelu. Surpacilla onnistuu myös kaivosten geologian ja malmivarantojen mallintaminen. GEOVIA Surpac on maailman suosituin geologian ja kaivosten suunnitteluohjelmisto. (GEOVIA Surpac 2014.)

GEOVIA Surpac koostuu useista moduuleista. Perusohjelmiston mukana tulevat vain perusominaisuudet. Jokainen yritys voi valita tarvitsemansa lisäominaisuudet ohjelmistoon. Ohjelmistossa on noin 20 moduulia. Moduulit koostuvat työkaluista, jakamis- ja yhteistyövälineistä, geologian suunnittelusta, teknisestä suunnittelusta sekä tutkimusvälineistä. (GEOVIA Surpac 2010.)

Louhinnansuunnitteluun GEOVIA Surpacissa on omat työkalunsa, kuten Drill and Blast Design -moduuli. Moduulin avulla voi suunnitella poraamisen kiinteätä korosta tai DTM -mallista. Sillä voi luoda panostussuunnitelmia ja -kaavioita. Ne voidaan ladata tietokantaan, josta kaikki projektissa mukana olevat voivat niitä käyttää. Ohjelmistolla voidaan luoda ja muokata sytytysuunnitelmia ja luoda animaatio sytytysjärjestyksen tarkastelua varten. (GEOVIA Oy 2015.)

4.2 Trimble Business Center

Trimble on maamittaus- ja paikannusjärjestelmiä valmistava yritys. Trimble on myös koneohjauksen asiantuntija. Trimblen DPS900 on poraamiseen ja paalutukseen suunniteltu koneohjausjärjestelmä. Se on asennettavissa useiden valmistajien eri kokoihin pora- ja paalutusvaunuihin. (Trimble DPS900 2013.)

Trimble Business Center – Heavy Construction Edition on rakennusteollisuuden tarpeisiin luotu ohjelmisto. Sen avulla voi tehokkaasti hallita Trimblen koneohjausjärjestelmiä. Ohjelman avulla voi luoda suunnitelmia ja malleja erilaisiin rakennuskohteisiin. Ohjelma sisältää muun muassa pora- ja paalutussuunnittelun, pintamallien luonnin, 3D-tunnelimallien luonnin sekä kustannus- ja menekkiarvioinnin. Ohjelmalla voi luoda poraussuunnitelmia 3D-malleihin ja -tasolle. Nämä kaaviot on vietävissä langattomasti työmaalle (Trimble DPS900 2013). (Business Center – HCE 2014.)

4.3 Sandvik Driller's Office

Sandvik Construction on Sandvik-konserniin kuuluva rakennusteollisuuden laitteiden ja palvelujen tuottaja. Se on erikoistunut louhinnan, kallio- sekä yhdyskuntarakentamisen, kiviainestuotannon ja kierrätyksen tuotteisiin. Sen tuotteita ovat muun muassa poravaunut, murskaimet ja kuljetuskoneet. Sandvik Construction tarjoaa poraussuunnitelmien tekoon Driller's Office -ohjelmiston. (Sandvik Construction 2015.)

Sandvik Driller's Office on poraussuunnitelmien tekemiseen tarkoitettu ohjelmisto. Se on suunniteltu Sandvikin TIM3D-poravaunujen koneohjausjärjestelmää varten. Driller's Office on suunniteltu yksinkertaiseksi ja suhteellisen kevyeksi ohjelmaksi. Sen avulla voi luoda porauskaavioita 3D-maastomalleihin ja tallen-

taa ne sähköiseen muotoon. Tiedosto on helppo viedä työmaalle ja poravau-
nuun. Driller's Office mahdollistaa myös porauksen toteumatietojen tarkastelun
poraamisen jälkeen. Ohjelman avulla voi luoda toteumatietoon perustuvan ra-
portin poratuista rei'istä. Driller's Office on suunniteltu ja valmis käytettäväksi
Sandvikin TIM3D-järjestelmän kanssa. (Sandvik Driller's Office 2014.)

4.4 Detoplan

Forcit Oy on suomalainen räjähdemaalalan yritys. Se valmistaa ja myy räjähdemateria-
alia pääasiassa pohjoismaihin. Forcit tarjoaa myös räjähteisiin liittyvää konsultoin-
tia, kuten panostussuunnittelua ja värinänhallintaa, sekä alan koulutusta. Panos-
tussuunnitelmien tekemiseen Forcitilla on Detoplan-niminen ohjelmisto. (Forcit
2015.)

Detoplan on Forcit Oy:n ja Waremännin yhteistyössä toteuttama panostussuun-
nitteluohjelma. Ohjelma poikkeaa muista louhinnan suunnitteluohjelmista toi-
mintaympäristöltään, sillä se on internet-selaimessa toimiva ohjelma. Ohjelmisto
toimii siten, että selaimella mennään internetsivulle, jonne kirjaututaan omilla
tunnuksilla. Kirjautumisen jälkeen on nähtävillä kaikki työmaat sekä niille jo teh-
dyt suunnitelmat. Detoplanea ei tarvitse asentaa koneelle ja se on käytettävissä
kaikilla tietokoneilla, joissa on internetyhteys. (Tarkkanen 2015.)

Detoplanin avulla voidaan tehdä viranomaisten vaatimia panostussuunnitelmia.
Detoplanilla räjäytysuunnitelma tehdään järjestelmällisesti: ensin suunnitellaan
poraus, sitten panostus ja viimeisenä sytytys. Aikaisempia suunnitelmia voi
käyttää uusien pohjana, mikäli työmaalla tehdään paljon samanlaisia räjäytyk-
siä. Ohjelmaan on lisätty valmiiksi Forcitin räjähdemateriaalit ja yleisimmät pohjois-
maissa käytetyt sytyttimet. Detoplanilla voidaan tarkastella reikien syttymisjär-
jestystä animaation avulla. (Tarkkanen 2015.)

4.5 Orica SHOTPlus 5

Orica on maailman suurin kaivos- ja rakennusteollisuudelle räjähteitä valmista-
va yritys. Sen tuotteita ovat räjähdemateriaalit ja sytyttimet. Orica tarjoaa myös rä-
jäytyspalveluja, koulutusta ja teknisiä palveluja. SHOTPlus 5 on Orican panos-

tussuunnitteluun tarkoitettu ohjelmisto, jonka standard-versio on Orican asiakkaille ilmainen. (Orica 2015.)

SHOTPlus 5 on 3D-pohjainen panostussuunnitelmien tekoon tarkoitettu ohjelmisto. Ohjelmiston perusosan avulla voi suunnitella panostuksen ja sytytyksen avolouhinnassa. SHOTPlus 5 on osa Orican Blaster's Desktop ohjelmistoalustaa, johon saatavilla lisäksi monia lisäominaisuuksia, kuten tunneleiden panostussuunnittelu ja sähkönsäätöjen ajastuksen suunnittelu. Lisäksi SHOTPlus 5:stä on Premier-versio, jossa on enemmän ominaisuuksia, kuten tilavuuksien laskeinta ja laserskannausten tuonti.

SHOTPlus 5:lla voi suunnitella räjäytyskentän panostuksen ja sytytyksen. Ohjelmaan voi lisätä oman yrityksen käytössä olevia räjähdettäviä aineita ja sytytysvälineitä. Ohjelmiston avulla voi luoda animaatioita sytytysjärjestelmistä ja tarkistaa niiden pohjalta syttymisjärjestyksen. SHOTPlus 5:n avulla voi luoda erilaisia raportteja suunnitelmasta, kuten räjähdettäviä aineiden menekkiraportin. Ohjelmalla voi tulostaa panostussuunnitelman ja kenttien sytytysuunnitelman. SHOTPlus 5:een on tuotavissa pohjatietoja eri muodoissa. Näitä tietoja ovat maastomallit, aikaisemmat räjäytysuunnitelmat ja poraustiedot. Tuettuja muotoja ovat AutoCADin dxf- ja Surpacin str-muoto. Lisäksi pohjatietoja voi tuoda tekstitiedostoista, kuten csv-taulukoista tai txt-tiedostoista.

5 Toteumatiedon hyödyntämisen mahdollisuuksia

Koneohjatun poravaunun tuottamaa toteumatietoa voisi hyödyntää monella tavalla. Sen avulla voidaan kehittää louhintaprosessista tehokkaampi, taloudellisempi ja turvallisempi. Tiedon käyttämiseksi tarvitaan kuitenkin sovelluksia ja sen tulkitsemiseen ammattitaitoa. Porauksen toteumatietoa analysoimalla voidaan tehostaa niin louhinnan suunnittelua, itse porausta kuin louhintatyömaalla työskentelyäkin. Toteumatiedon hyödyntäminen ei saa kuitenkaan olla liian vaikeaa tai työlästä, jotta saaduista tiedoista olisi taloudellista hyötyä. Toteumatietoa voidaan hyödyntää lyhyellä ja pitkällä aikavälillä. Lyhyellä aikavälillä hyödyntämistä on yhden työmaan aikana tehtävä hyödyntäminen. Pitkän aikavälin hyödyntämisellä puolestaan tarkoitetaan useamman työmaan tietojen hyödyntämistä.

Porauksen toteumatietoa on hyödynnettävissä erilaisissa louhintaan liittyvissä suunnitelmissa. Toteumatiedon avulla suunnitelmat voidaan tarkistaa ja tarvittaessa tarkentaa ja muokata. Myös uusia suunnitelmia voidaan luoda toteutuneiden porausten pohjalta. Louhintatyössä porauksen jälkeen tulee panostusvaihe. Ennen porausta on tehty poraussuunnitelma ja sen pohjalta panostussuunnitelma. Koneohjatulla poravaunulla porattaessa porausvirheiden määrä on pienentynyt, mutta niitä voi silti tulla. Porauksen jälkeen toteumatiedon avulla voidaan tarkistaa, kuinka paljon poratut reiät eroavat suunnitelluista. Jos tarpeeksi suuria eroja löytyy, voidaan panostussuunnitelmaa tarpeellisilta osin muokata vielä ennen panostusta. On myös mahdollista, että suunniteltuun kohtaan maastossa ei voi porata reikää. Silloin toteumatiedosta nähdään, mihin kohtaan korvaava reikä on porattu ja panostussuunnitelmaa on helppo korjata tarvittaessa.

Jos räjäytyskenttä porataan ilman koneohjausta, mutta koneohjatulla poravaunulla, on toteumatiedon tarkistaminen hyödyllistä, koska silloin virheiden mahdollisuus on tavallista suurempi. Etenkin reikien kallistus ja syvyys on hyvä tarkistaa toteumatiedosta. Toteumatiedosta nähdään jos jokin reikä on täydellisesti väärin porattu, esimerkiksi merkittävästi liian matala. Silloin voidaan porata uusi reikä, jos poravaunu on vielä saatavilla.

Toteumatiedon viemisestä panostussuunnitelmaan voi olla hyötyä monella tavalla. Panostussuunnitelmaan saadaan poratut reiät niiden todellisille paikoille. Lisäksi silloin saadaan suunnitelmaan reikien todellinen syvyys. Syvyyden avulla saadaan suunnitelmaan oikeat panosten ja etutäytteiden pituudet. Tämä helpottaa ja nopeuttaa panostustyötä työmaalla. Reikien todellisten syvyyksien ja niiden välisten etäisyyksien avulla voidaan selvittää tarvittavat nallien johdinpituuudet.

Reikien todellinen sijainti suunnitelmissa helpottaa panostajan työtä työmaalla. Panostajan on helpompaa löytää kaikki reiät maastosta ja nopea tarkistaa, kuinka paljon kuhunkin reikään räjähdeainetta laitetaan. Lisäksi työmaan turvallisuus paranisi kun toteumatiedon avulla reikäkohtaisen panostussuunnitelman tekeminen olisi mahdollista. Silloin voi esimerkiksi varmistua, että matalimpiinkin reikiin tulee tarpeeksi etutäytettä. Liian vähäinen etutäyte voi aiheuttaa räjäytyk-

sen epäonnistumisen ja louheen sinkoutumisen vaaran. Toteumatiedon avulla tehty reikäkartta auttaisi reikien löytymistä talvella lumen alta. Reikien tarkan paikan ja reikäkohtaisen panoksen tietämisestä on hyötyä etenkin silloin kun käytetään panostusajoneuvoa, koska panostusajoneuvon poistuttua työmaalta panostamatta jääneet reiät aiheuttavat lisäkustannuksia.

Toteumatietoa hyödyntäen on helpompi suunnitella seuraavan kentän poraus. Toteumatiedosta on hyötyä etenkin, jos seuraava kenttä on aiemman alapuolella, kuten usein avolouhoksilla. Edellisen räjäytyksen alapuolelle porattaessa on tapana porata yläpuolella olleen kentän reikäneliöiden keskipisteisiin. Tällä vältetään vanhaan reiän pohjaan poraaminen, joka voi aiheuttaa terän hajoamisen tai räjähtämättömän räjähdäaineen räjähtämisen. Aiemman porauksen toteumatiedoista selville saatavat reikien loppupisteiden koordinaatit kertovat mihin uutta reikää ei ainakaan kannata suunnitella. Myös suunniteltaessa uutta porausta aikaisemman kentän viereen toteumatiedosta on hyötyä. Varsinkin silloin, jos uutta porausta suunnitellaan ennen edellisen kentän räjäytystä, jolloin toteumatiedosta voi arvioida edellisen kentän reunan.

Joskus reikään panostettu nalli ei toimikaan. Sähkönallega käytettäessä nallin toimimattomuus voidaan havaita ja yrittää purkaa kyseisen reiän panos. Jos nallin toimimattomuus havaitaan silloin, kun panoksen purkaminen on mahdollonta, on kenttä räjäytettävä ilman toimimatonta panosta. Räjäytyksen jälkeen toimimattoman panoksen etsimisessä louheen seasta auttaa, kun toteumatietojen avulla tiedetään kyseisen reiän loppupisteen koordinaatit. Tämä lisää myös etsinnän turvallisuutta ja nopeutta, kun tiedetään varmasti, missä panos ei ainakaan ole. Louheen puhdistuksen ja kohteen turvalliseksi toteamisen jälkeen on yleensä suoritettava korjausräjäytys, koska kallion pinta on jäänyt liian korkealle räjähtämättömän reiän kohdalta. Korjausräjäytyksen porausta suunniteltaessa voidaan toteumatiedon avulla varmistaa, ettei porata liian lähelle räjähtämätöntä reikää.

Toteutuneen porauksen avulla voidaan arvioida, jääkö kallion pinta johonkin kohtaan liian korkealle. Tämä voi johtua porausvirheestä kuten liian matalasta reiästä. Jos näin epäillä käyneen, kyseinen kohta voidaan räjäytyksen jälkeen

puhdistaa ja mitata kallion pinnan todellinen taso. Jos tarvetta korjausräjätyselle on, voidaan se suunnitella turvallisesti toteumatiedon avulla.

Louhintatyön tilaaja haluaa usein varmistua, että louhinta on suoritettu suunnitellulle tasolle saakka. Toteutuneen porauksen avulla voidaan todistaa, että vaaditulle tasolle on päästy. Täydellistä kuvaa kiinteän kallion pinnasta ei saada, mutta tarpeeksi suuren ohiporauksen avulla voidaan olla lähes varmoja siitä, että suunnitellulle tasolle on päästy. Usein tämä riittää, koska koko kalliopinnan puhdistus sekä kiinteän kalliopinnan mittaus tuo lisäkustannuksia.

Toteumatiedosta selviää myös reiän porauksen aloitus- sekä lopetusaika. Aikojen avulla voidaan seurata poravaunun tehokasta työaikaa. Porausajoista voidaan arvioida kallion ominaisuuksia. Tämä onnistuu esimerkiksi vertaamalla porausaikoja jonkin aikaisemmin poratun kallion porausaikoihin, jonka ominaisuudet tiedetään. Työajan seuraamisen avulla voidaan arvioida onko vaunutyyppejä paras kyseiselle työmaalle. Toteumatiedosta on laskettavissa myös yhden porareian poraamiseen kulunut aika sekä arvioitavissa puomin tai koko vaunun siirtoon kulunut aika. Näiden aikojen avulla voidaan seurata porareiden työsuoritusta. Työsuoritusten arvioinnin ja tehokkaiden työtapojen selvittämisen avulla voidaan poraamisesta saada taloudellisempaa. Poraus- ja siirtoaikoja tutkittaessa on muistettava, että porausaikoihin vaikuttaa monia porarista tai poravaunusta riippumattomia tekijöitä, kuten maaston ja kallion laatu sekä porakruunun kunto.

Pitkäaikaisella porausaikojen seurannalla ja arkistoinnilla voidaan arvioida poravaunun kuntoa ja huoltotarvetta. Silloin poravaunulle tai sen osille voidaan asettaa huoltovälejä poraamisen käytettyjen tuntien perusteella. Ainakin poraukseen käytettävien puominosien, kuten poravasaran, kunto olisi nopeasti arvioitavissa ilman purkutyötä, jos poraukseen käytetty kokonaisaika tiedettäisiin.

6 Työssä tutkitut ohjelmistot

Työssäni tutkin viittä eri rakennusalan toimijan ohjelmistoa. Ohjelmistot valittiin opinnäytetyön tilaajan aikaisempien kokemusten perusteella. Kuitenkin ennen

työn aloittamista ei ollut varmaa, pystyykö ohjelmistoilla ylipäättään käsittelemään poravaunun tuottamaa toteumatietoa.

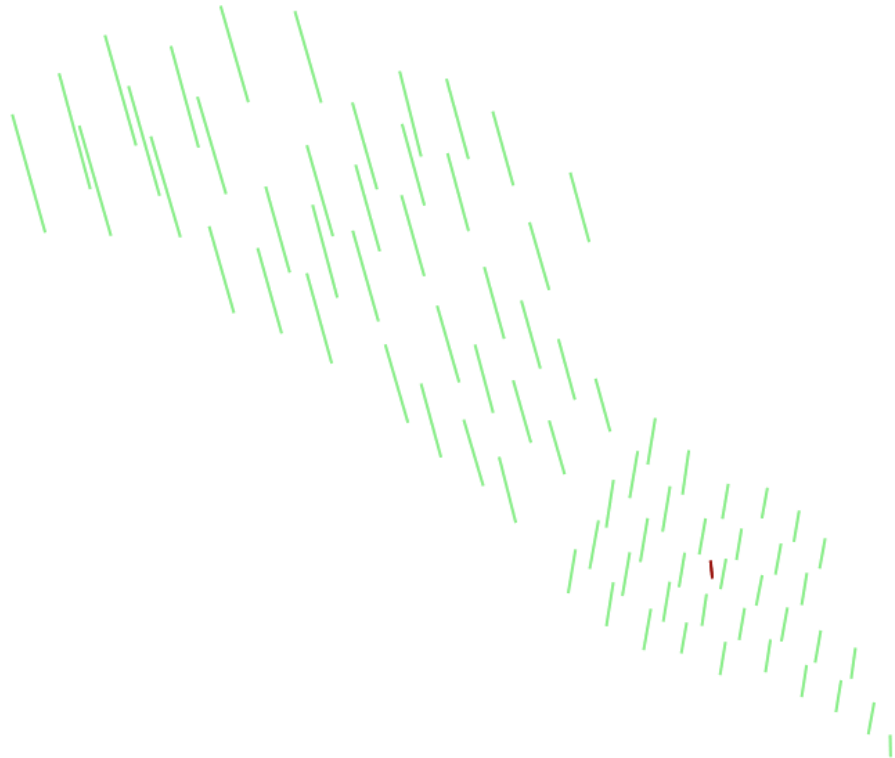
Ohjelmistojen testaamisessa apuna minulla oli ohjelmistojen asiantuntijoita yrityksistä sekä opinnäytetyöohjaajani. Yhdessä pohdimme ja kokeilimme, kuinka milläkin ohjelmistolla toteumatietoa voisi hyödyntää. Useista ohjelmistoista sain myös kokeilulisenssin omalle koneelleni.

Ohjelmistojen tutkimisessa käytetty toteumatieto oli peräisin Destian työmailta. Toteumatieto oli kerätty Sandvik DX780 keskiraskaalla poravaunulla. Koneohjausjärjestelmänä poravaunussa oli Sandvikin TIM3D. TIM3D tuottaa IREDES-standardissa olevan toteumatiedon.

6.1 Toteumatiedon käsittely

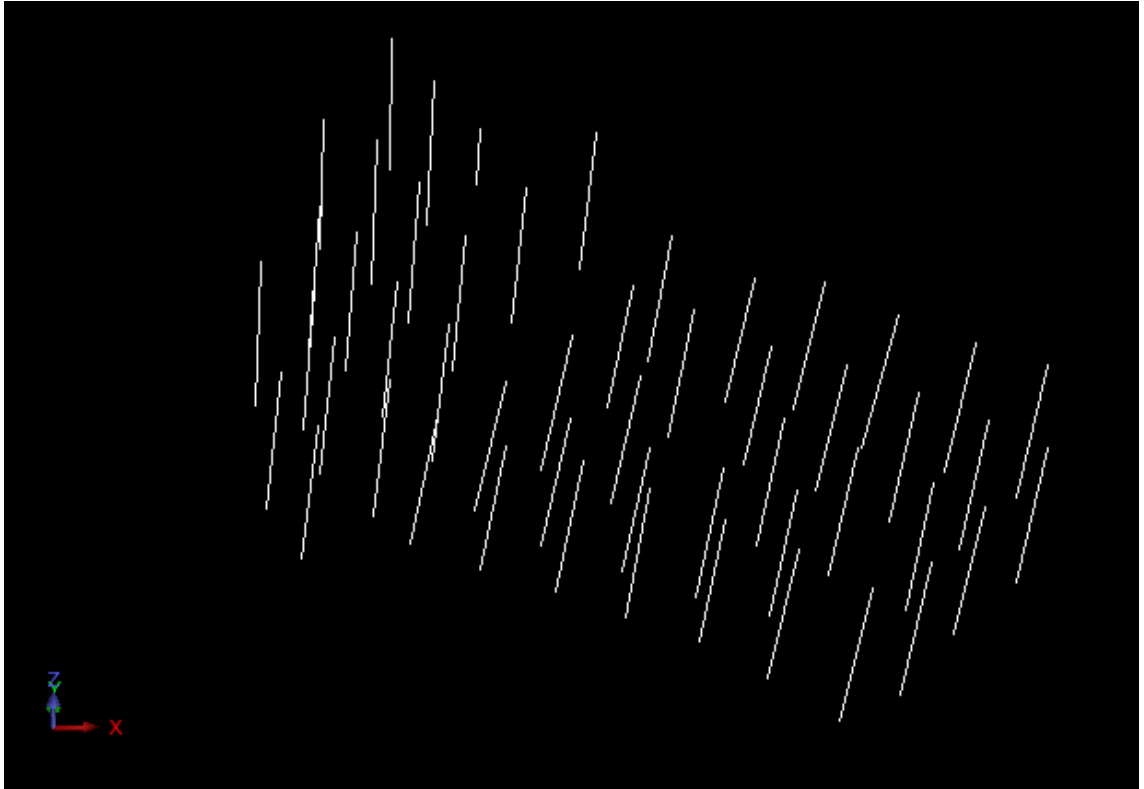
Tutkituista ohjelmistoista toteumatiedon pystyi avaamaan jossakin muodossa kaikilla muilla ohjelmitoilla paitsi Detoplanilla. Trimble Business Centerillä ei tosin saanut käytössäni olevaa IREDES-tietoa auki. Muilla ohjelmilla toteumatiedon sai auki sellaiseen muotoon, että sitä voitiin tarkastella ja siitä sai tietoja ulos.

Sandvik Driller's Office avasi suoraan poravaunulta saadun toteumatietotiedoston. Driller's Officen avaamasta toteumatiedosta selvisi reikien sijainti toisiinsa nähden. Reiät voitiin liittää myös maastomalliin. Kuvassa 6 on esitetty eräs porauksen toteumatieto avattuna Sandvik Driller's Office-ohjelmistolla. Kuva on otettu ohjelman 3D-katselutilassa. Kuvassa vihreät reiät tarkoittavat porattuja reikiä ja punainen porattua ja hylättyä reikää. Driller's Officella voi tehdä toteutuneesta porauksesta erityyppisiä raportteja. Taulukkoraporttiin ohjelma laskee porakoneen jo keräämien toteumatietojen lisäksi myös käytetyn porareiän halkaisijan sekä reiän kaltevuus- ja suuntakulman. Toinen raporttityyppi on kirjallinen raportti, joka sisältää porauksen kartan ja tietoja porauksesta, kuten reikien yhteen lasketun pituuden. Ohjelma avulla voi avulla luoda pintamallin reikien räjäytyksen jälkeisestä kallionpinnasta, kun ohiporaus on määritetty.



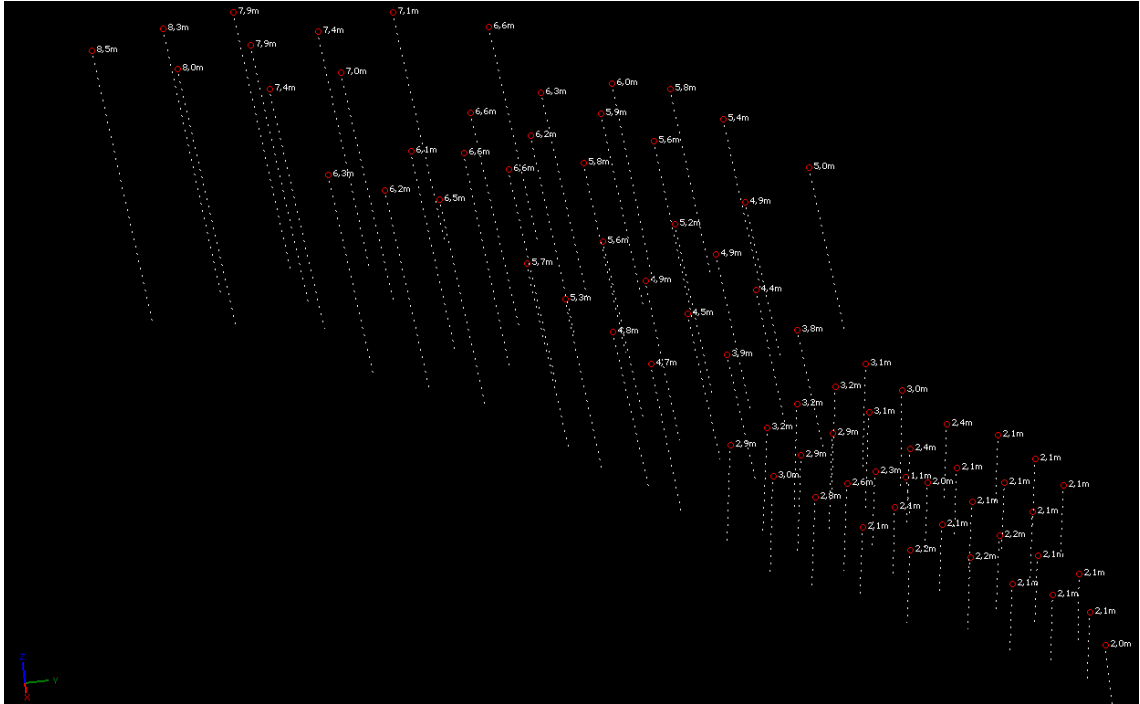
Kuva 6. Toteumatieto Driller's Officessa

GEOVIA Surpac avasi toteumatiedon, kunhan IREDES-muoto oli ensin muutettu Surpacin omaan str-muotoon. Muuttamiseen on olemassa excel-pohjainen makro. Surpacilla toteumatietoa voidaan tarkastella 3D-mallina. Toteumatiedosta sai luotua pdf-muotoisen raportin, jossa näkyi IREDES-formaatin sisältämät tiedot. Toteumatieto oli yhdistettävissä ohjelmaan tuotuihin maastomalleihin. Kuva 7 on Surpacista otettu kuvakaappaus, jossa on erään porauksen toteutuneet reiät.



Kuva 7. Toteumatieto Surpacissa.

Orican SHOTPlus 5 Standard-versio ei pystynyt suoraan avaamaan TIM3D:n tuottamaa toteumatietoa, mutta toteumatiedon sai vietyä ohjelmaan taulukoinnin jälkeen. Taulukon sain tehtyä esimerkiksi Driller's Officella. Taulukkoon tarvittiin reikien lähtökoordinaatit, syvyys sekä kallistus- ja suuntakulmat. Myös SHOTPlus 5:llä toteutuneita porauksia pystyi tarkastelemaan 3D-ympäristössä ja maastomallien kanssa. Kuvassa 8 on sama toteumatieto kuin kuvassa 6, mutta avattuna SHOTPlus 5:llä. SHOTPlus 5:ssä voi muokata tietoja, jotka näkyvät reikien yhteydessä. Kuvassa näkyy reiän pituus metreinä.



Kuva 8. Toteumatieto SHOTPlus 5:ssa.

6.2 Poraussuunnitelma

Avolouhinnan poraussuunnitteluun testatuista ohjelmista oli erikoistunut vain Sandvikin Driller's Office. Sillä poraussuunnitelmien tekeminen toteumatiedon pohjalta onnistui helposti. Trimble Business Center pystyi luomaan poraussuunnitelmia, mutta toteumatiedon avaamisen ongelmien takia ohjelmaa ei päästy testaamaan opinnäytetyön tarkoituksen mukaisesti. GEOVIA Surpacilla pystyi myös tekemään poraussuunnitelmia toteumatiedon avulla. Detoplanin avulla voidaan suunnitella poraus, mutta siinä ei voida hyödyntää toteumatietoa eikä suunnitelmaa voi viedä poravaunun koneohjausjärjestelmään. SHOTPlus 5:n avulla voi luoda uusia poraussuunnitelmia toteutuneiden reikien kanssa samaan suunnitelmaan. Suunnitelma on sen jälkeen vietävissä ulos IREDES-muodossa.

Sandvik Driller's Officeella poraussuunnitelmien tekeminen on helppoa. Ensimmäisenä valitaan poraussuunnitelman alkupiste, sen jälkeen valitaan porauksen tiedot, kuten reikien määrä, suunta, ohiporaus, lähtötaso ja syvyys tai lopputaso. Valintojen jälkeen ohjelma luo poraussuunnitelman, jota voi vielä muokata reikien sijoittelun ja määrän suhteen. Suunnitelman voi luoda samaan projektiin toteutuneiden porausten kanssa. Silloin voi suunnitella porauksen alkamaan

tarkasti siitä, mihin edellinen on päättynyt. Suunnitelman voi tuoda ulos ohjelmistosta IREDES-muodossa, jolloin se on suoraan vietävissä poravaunun koneohjausjärjestelmään.

Surpacin avulla voidaan luoda porauskaavioita, jotka ovat vietävissä IREDES-muotoisina poravaunulle. Surpac avaa myös toteutuneiden porausten tiedot, joten uudet porakentät voi suunnitella vanhojen reikien avulla.

SHOTPlus 5:llä poraussuunnitelmien luominen on helppoa eli valitaan suunnitelmatyökalulla porauksen tiedot, kuten reikien ja rivien määrä sekä reikäväli, reikien syvyys ja kaltevuus. Seuraavaksi valitaan reiän tyyppi ja sen jälkeen lisätään poraussuunnitelma oikealle paikalle. Ohjelmalla pystyi luomaan porauskaavioita toteutuneiden porausten kanssa samaan projektiin. Suunnitelmat voidaan tallennettua IREDES-muotoon, mutta niiden viemistä poravaunuun ei päästy kokeilemaan.

6.3 Panostussuunnitelma

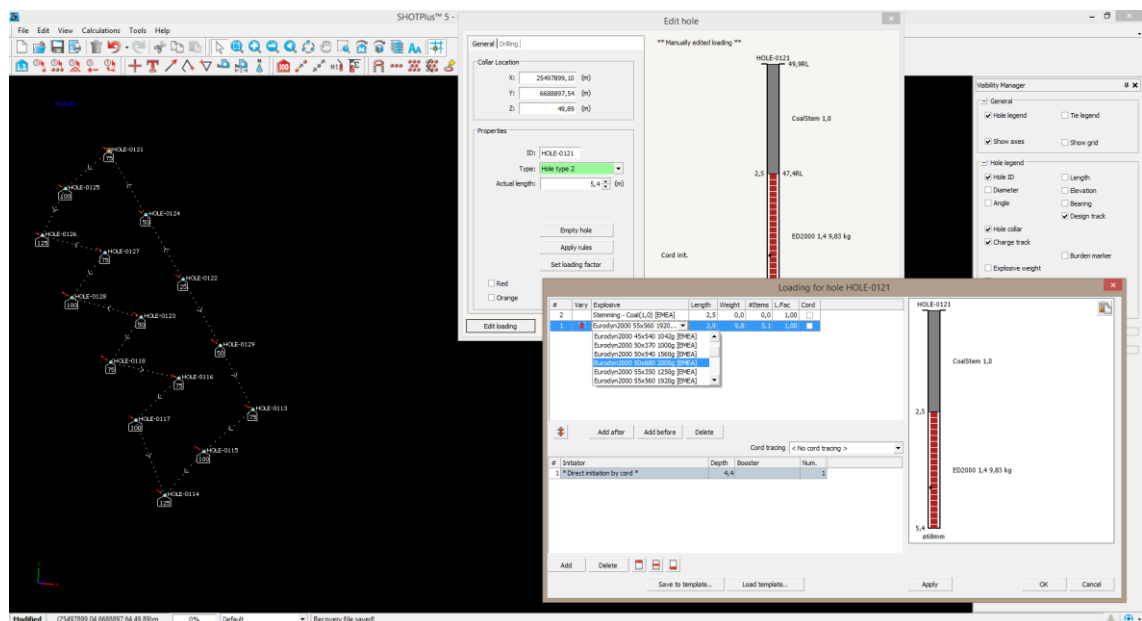
Panostussuunnittelu onnistuu kokeilluista ohjelmista Detoplanilla, SHOTPlus 5:llä ja Surpacilla. Näistä ohjelmista Detoplan ei pystynyt hyödyntämään toteumatietoa millään tavalla, joten sitä ei tässä kappaleessa käsitellä. SHOTPlus 5 ei pystynyt yksinään käsittelemään toteumatietoa, mutta sain ohjelmalla tehdyä panostussuunnitelmia toteutuneiden reikien pohjalta.

Surpacin Drill and Blast -moduulilla pystyy tekemään toteutuneisiin reikiin panostussuunnitelman. Toteumatiedosta voitiin valita reikäryhmiä tai yksittäisiä reikiä panostusta varten. Ohjelmaan voi lisätä käytössä olevat räjähdaineet ja sytytysvälineet sekä niiden hinnat. Panostus tapahtuu valitsemalla, kuinka monta metriä kutakin panostuksen osaa reikään tulee. Esimerkiksi 10 metriä syvään reikien panostus voisi olla 2,5 metriä etutäytettä, 7,5 metriä emulsioräjähdettä ja aloituspanos sekä nalli reiän pohjalle. Kun on valittu haluttu panostus, valitaan toteumatiedon rei'istä ne, jotka kyseisellä panostuksella halutaan panostaa. Jos valituista rei'istä kaikki eivät ole 10 metriä pitkiä voidaan valita, mikä panostuksen osista on liukuva. Esimerkiksi aikaisemmin esitetyn panostuksen emulsio-osa voidaan valita liukuvaksi 15 metriin saakka, jolloin 10,5 metriä syvä reikä sisältää 2,5 metriä etutäytettä ja 8 metriä emulsioräjähdettä. Tämä ominaisuus

on hyödyllinen, koska toteutuneet poraukset eivät ole lähes koskaan tarkasti yhtä syviä, vaikka suunnitelmassa näin olisikin.

Surpacin avulla voi suunnitella myös sytytystavan ja sytytysjärjestyksen. Myös sytytysjärjestelmiä voi lisätä ohjelmaan siitä riippuen, mitä työmaalla käytetään. Sytytyksen suunnittelun jälkeen Surpacilla voi luoda hidastetun animaation, jossa näkyy, missä järjestyksessä reiät räjähtävät. Valmiista panostuksesta voi Surpacilla luoda raportin, jossa on esitetty panostukseen liittyviä tietoja, kuten kuhunkin reikään panostettavat määrät, kokonaispanostusmäärät, materiaalikustannusarvio, ominaisporausta ja ominaispanostus.

SHOTPlus 5 pystyi luomaan panostussuunnitelman toteumatiedon pohjalta. Nopein tapa suunnitella panostus on valita toteumatietoa tuodessa millä tavalla reiät panostetaan. Panostuksen valinta on hyvin samantyylinen kuin Surpacissa: valitaan halutut panostusosat reiän pituudelle. Eripituisten reikien varalle voi jonkin panostuksen osan laittaa liukuvaksi. Kuvassa 9 on esitetty panostusvalinnat SHOTPlus 5:ssä sekä panostettuja toteumatiedon reikiä. SHOTPlus 5:ssä voi tallentaa usein käytettyjä reikätyyppejä, jotka sisältävät myös panostuksen.



Kuva 9. SHOTPlus 5:n panostusvalintoja.

SHOTPlus 5 näyttää reikien eritavalla panostetut osat erivärisinä. Lisäksi ohjelma näyttää sytytyksen sidonnan viivoina reikien välillä. Sytytyksen hidastus näkyy reiän kohdalla millisekunteina. Ohjelmalla voi luoda tulosteen, jossa näkyvät

tiedot voi valita. Valittavissa olevia tietoja ovat esimerkiksi hidaste, panoksen koko, reiän nimi ja syvyys.

7 Yhteenveto

Opinnäytetyössä tutkittiin viiden eri ohjelmiston mahdollisuuksia hyödyntää 3D-poravaunun tuottamaa toteumatietoa. Tutkimus toteutettiin pääasiassa itse ohjelmiin tutustuen. Jokaisen ohjelman edustajiin oltiin yhteydessä ja heiltä saatiin ohjeita ohjelman käyttöön sekä vinkkejä toteumatiedon hyödyntämiseen. Myös opinnäytetyön tilaajan kanssa pohdittiin, kuinka ohjelmistoja voisi hyödyntää panostussuunnittelussa.

Nopean kokeilun perusteella ohjelmistoista GEOVIA Surpac sekä Orica SHOTPlus 5 ovat tutkittuun aiheeseen verrattuna parhaat. Molemmat ohjelmistot ovat ainoita tutkimuksessa mukana olleita ohjelmia, joilla saa sekä toteumatiedon auki että tehtyä siihen panostussuunnitelman. Toisaalta näiden ohjelmien lisäksi vain Detoplanilla pystyi panostussuunnitteluun.

Kokeilujen perusteella, ilman aiempaa kokemusta kummastakaan ohjelmasta, SHOTPlus 5 oli Surpacia helppokäyttöisempi. Toisaalta Surpac on huomattavasti SHOTPlus 5:ä monipuolisempi ohjelmisto. Molemmat ohjelmat tarvitsivat apuohjelman, jotta toteumatieto saatiin käyttöön. Surpaciin tämä apuohjelma oli valmiiksi saatavissa, mutta SHOTPlus 5:stä sellainen vielä puuttui.

Vaivattomimmin toteumatiedon avasi Sandvik Driller's Office. Osaksi tämä johtui siitä, että käytössä ollut toteumatieto oli peräisin Sadvikin TIM3D-järjestelmästä. Poraussuunnitelmien vientiä ohjelmistosta poravaunulle ei päästy kokeilemaan.

Taulukko 3 esittää opinnäytetyössäni saadun tuloksen jokaisesta kokeillusta ohjelmistosta. Tutkittuja toteumatiedon hyödyntämisen keinoja ovat toteumatiedon avaaminen ja poraus- ja panostussuunnitelmien tekeminen.

Ohjelma	Surpac	Driller's Office	Business Center	Detoplan	SHOTPlus 5
Ominaisuus					
Toteumatiedon avaaminen	Onnistui, makron avulla	Onnistui	Ei onnistunut	Ei onnistut	Onnistui, taulukoinnin jälkeen
Poraussuunnitelma	Onnistui, toteumatietoa hyödyntäen	Onnistui, toteumatietoa hyödyntäen	Onnistui, toteumatietoa hyödyntämättä	Onnistui, toteumatietoa hyödyntämättä	Onnistui, toteumatietoa hyödyntäen
Panostussuunnitelma	Onnistui toteumatietoon	Ei onnistut	Ei onnistut	Ei onnistut toteumatietoon	Onnistui toteumatietoon

Taulukko 3. Yhteenveto saaduista tuloksista.

8 Pohdinta

Opinnäytetyössä tutkitut ohjelmistot eivät täysin vastanneet ennen työn aloittamista tehtyjä olettamuksia. Lähtöolettamus ohjelmistoja valittaessa oli, että kaikilla pystyy ainakin käsittelemään 3D-poravaunun toteumatietoa. Toisaalta ohjelmistoja valittaessa ei opinnäytetyön tekijällä ollut kokemusta yhdestäkään ohjelmistosta ja työn tilaajallakin vain yhdestä.

3D-koneohjattuja poravaunuja on tällä hetkellä käytössä vähän. Koneohjauksessa ensisijainen asia on suunnitelman mukaisten reikien poraamisen helpottaminen. Toteumatiedon saanti on vain lisä, jonka hyödyntämiseen ei panosteta. Toisaalta toteumatiedossa esiintyy toisinaan virheitä, kuten vääriä syvyyksiä ja reiän koordinaatteja. Nämä virheet tekevät toteumatiedon käsittelystä haastavampaa ja hitaampaa.

Työn tekohetkellä ohjelmistoista Detoplan ja Driller's Office olivat vielä kehitysvaiheessa eikä niistä ollut julkaistu virallista myyntiin tarkoitettua versiota. Kaikki työssä mukana olevat ohjelmat kehittyvät jatkuvasti ja uusia ominaisuuksia sekä käyttöliittymän parannuksia julkaistaan tulevaisuudessa. Ohjelmistokehittäjillä

on myös suunnitelmia IREDES-muotoisen toteumatiedon hyödyntämisen lisäämisestä.

Opinnäytetyössä tutkin poravaunun toteumatiedon hyödyntämistä valituilla ohjelmilla tällä hetkellä. Tulevaisuudessa voidaan tutkia toteumatiedon hyödyntämistä uudelleen, mikäli työssä tutkittuihin ohjelmistoihin tulee uusia ominaisuuksia tai muita poravaunun toteumatietoa hyödyntäviä ohjelmistoja löytyy.

Opinnäytetyön perusteella ohjelmistojen kyvyssä hyödyntää toteumatietoa on vielä parannettavaa, jotta tietojen käytöstä saataisiin suurin mahdollinen hyöty. Suunnitteluohjelmistojen kannattaa panostaa toteumatiedon käsittelyn nopeuteen sekä helppouteen, jotta rakennusalan yritykset investoisivat niihin. Myös toteumatietoa keräävät koneohjausjärjestelmät kehittyvät koko ajan ja tulevaisuudessa saamme monipuolisempaa toteumatietoa, kuten MWD-tietoa. Ilman ajanmukaisia ja tehokkaita ohjelmistoja näiden tietojen hyödyntäminen ei ole järkevää.

Kuvat

- Kuva 1. Penger- ja kanaalilouhinnan erot, s. 8.
- Kuva 2. Tarkkuuslouhittu kallio, s. 10.
- Kuva 3. Pengerlouhinnan käsitteistöä, s. 11.
- Kuva 4. Kevyt poravaunu, s. 16.
- Kuva 5. Keskiraskas TIM3D–poravaunu, s. 18.
- Kuva 6. Toteumatieto Driller's Officessa, s. 27.
- Kuva 7. Toteumatieto Surpacissa, s. 28.
- Kuva 8. Toteumatieto SHOTPlus 5:ssä, s. 29.
- Kuva 9. SHOTPlus 5:n panostusvalintoja, s. 31.

Taulukot

- Taulukko 1. Avolouhinnan välittömien kustannusten osuudet, s. 9.
- Taulukko 2. Etu, reikäväli ja panostus pengertarkkuuslouhinnassa s, 15.
- Taulukko 3. Yhteenveto saaduista tuloksista, s. 33.

Lähteet

Atlas Copco 2015. Kuvagalleria. <http://multimedia.atlascopco.com/>.
Luettu 26.2.2015.

Business Center - HCE 2012. Esite. Trimble.
[http://construction.trimble.com/sites/construction.trimble.com/files/marketing_aterial/Brochure%20-%20Business%20Center%20-%20HCE%20-%20English_0.pdf](http://construction.trimble.com/sites/construction.trimble.com/files/marketing_material/Brochure%20-%20Business%20Center%20-%20HCE%20-%20English_0.pdf) Luettu 27.3.2015.

Destia Oy. 2014. Kotisivut.
<http://www.destia.fi/>. Luettu 20.12.2014.

DPS900 poraukseen ja paalutukseen 2013. Esite. Trimble.
http://construction.trimble.com/sites/construction.trimble.com/files/marketing_aterial/022482-2747-4-FI_DPS900_BRO_0513_LR.pdf. Luettu 18.2.2015.

Forcit Oy. 2015. Kotisivut. <http://www.forcit.fi/tietoa-yrityksesta/yritys>.
Luettu 25.2.2015.

GEOVIA Surpac 2014. Esite.
http://www.geovia.com//sites/default/files/products/surpac/GEOVIA_Surpac_Brochure.pdf Luettu 11.2.2015.

GEOVIA Oy. 2015. Kotisivut: Surpacin ominaisuudet.
<http://www.geovia.com/products/surpac/features> Luettu 11.2.2015.

Jääskeläinen, R. 2010. Maarakennuksen ja louhinnan perusteet. Tampere: Tammertekniikka / AMK-Kustannus Oy.

Kuusjärvi, J. 2010. Sandvik TIM3D – Tarkkuutta ja tuotantotehoa avolouhintaan. Konepörssi.
<http://www.koneporssi.com/uutiset/sandvik-tim3d-tarkkuutta-ja-tuotantotehoa-avolouhintaan/>. Luettu 20.12.2014.

Orica Ltd. 2015. Kotisivut. <http://www.oricaminingservices.com/fi/fi>.
Luettu 11.3.2015

Sandvik Construction 2015. Kotisivut.
<http://www.miningandconstruction.sandvik.com/fi>. Luettu 26.2.2015.

Sandvik Driller's Office 2014. Esite. Sandvik.
[http://www.miningandconstruction.sandvik.com/Sandvik/0120/Internet/Global/S003713.nsf/Alldocs/Products*5CDrill*rigs*and*rock*drills*5CSurface*tophammer*drill*rigs*2ADriller*27s*Office*software/\\$File/Sandvik_DrillersOfficeLeaflet_LR.pdf](http://www.miningandconstruction.sandvik.com/Sandvik/0120/Internet/Global/S003713.nsf/Alldocs/Products*5CDrill*rigs*and*rock*drills*5CSurface*tophammer*drill*rigs*2ADriller*27s*Office*software/$File/Sandvik_DrillersOfficeLeaflet_LR.pdf). Luettu 24.3.2015.

Sandvik TIM3D. Esite. Sandvik.
<http://www.selix.ca/pdf/TIM3Dbrochure.pdf> Luettu 12.2.2015

SmartRig Handbook. Ohjekirja. Sandvik.
http://www.atlascopco.co.uk/Images/SmartRig%20Handbook%20Low%20Res_tcm19-450530.pdf Luettu 17.2.2015.

Tarkkanen, J. 2015. Tekninen neuvonta. Forcit Oy. Tuusula. Keskustelu. 6.2.2015.

TIM3D käyttöohje 2013.

Valtioneuvoston asetus räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta. 16.6.2011/644.

Vuolio, R. 2008. Räjäytysopas 2008. Helsinki: SML:n Maarakentajapalvelu Oy.

Vuolio, R. & Halonen, T. 2010. Räjäytystyöt. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.