

SAIMAAN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikka Lappeenranta
Rakennustekniikka
Maa- ja kalliorakennus

Juha Viitala

EMULSIO- JA ANFO -PANOSTAMINEN AVO- LOUHINNASSA

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

Juha Viitala

Emulsio- ja anfopanostaminen avolouhinnassa, 30 sivua

Saimaan Ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Rakennustekniikka

Maa- ja kalliorakennus

Opinnäytetyö 2010

Ohjaajat: aluejohtaja Ismo Kivimäki, Lemminkäinen Infra Oy. Yliopettaja Tuomo Tahvanainen, Saimaan ammattikorkeakoulu.

Työn aiheena on tehdä laskentapohja emulsio- ja anfopanostamisen kustannuksien laskemiseen. Tehtävänä on myös vertailla näitä panostusmuotoja toisiinsa työn raskauden ja kustannusten osalta. Tutkimusmateriaalina käytän Lemminkäisen räjäytystyönjohtajien kokemusta ja omaa kokemustani avolouhinta-alalta. Työn varsinainen pohtiminen alkoi kesällä 2010, mutta aihe on tuttu jo vuodelta 2009, eli olen voinut käyttää hyväksi omaa työkokemustani opinnäytetyössä. Olen ollut mukana räjäyttämässä kalliota noin 150 kertaa, joista suurin osa on massalouhintaa ja noin puolet emulsiolla tapahtunutta räjäytystä.

Tulokset osoittivat, että emulsiopanostaminen on useimmiten halvempaa kuin anfopanostaminen. Anfopanostaminen on vain silloin halvempaa, kun kenttä on täysin kuiva ja kooltaan 5000 - 8000 kiintokuutiota. Kun kentässä on vähäinen määrä vettä, 20 % (vesireikiä), kulkevat emulsio- ja anfopanostamisen kustannukset käsikädessä, noin 1-5 % erolla, aina 10 000 kiintoteoreettiseenkuutioon asti.

Työrasitus emulsiopanostamisessa on vähäisempää. Louhinnassa on aina olemassa myös psyykkinen rasitus. Emulsiopanostusta on käytetty vähemmän eikä sen käyttäytymisestä ei tiedetä niin tarkkaan kuin anfopanostamisen. Tästä johtuen psyykkinen rasitus on kovempaa emulsiopanostuksessa mutta fyysinen rasitus kevyempää.

Tekemäni kysely aiheesta Lemminkäisen räjäytystyönjohtajille osoitti, että emulsiopanostusta ei suosita siksi, että se pitää tilata ainakin viikkoa ennakoon. Ongelmia on ollut myös etutäyteen kanssa; reiät ovat tulleet liian täyteen. Jos etutäyttö epäonnistuu, se tarkoittaa sitä, että kiviä sinkoaa enemmän ilmaan, ja se tuo lisää riskejä.

Emulsiota tulisi käyttää kustannussäästöjen vuoksi enemmän. Suunnitelmia tulisi tehdä pitemmälle kuin pari päivän päähän. Räjäytyspäivät voidaan ennustaa ainakin massalouhinnassa yhteistyössä murske-asemien kanssa. Forcitin tulisi kouluttaa panostajiaan paremmin ja sen tulisi hankkia kalustoa lisää lisääntyneen kysynnän vuoksi. Toisaalta Lemminkäinen voisi kilpailuttaa ulko-maalaisia räjäytysaineen toimittajia.

ABSTRACT

Juha Viitala

The usage of emulsion and anfo-explosives in opencast mining, 30 pages

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Thesis 2010

Instructors: Regional Manager Ismo Kivimäki, Lemminkäinen Infra Oy. Senior Lecturer Tuomo Tahvanainen, Saimaan ammattikorkeakoulu.

The main objective was to create an Excel application that helps calculate the usage and prices of the following blasting techniques: emulsion and anfo. The work stress factor was also compared. An interview was created for the blasting foremen of Lemminkäinen. Their knowledge about blasting and my own work experience are used in the work. I have been involved in blasting 150 fields blasts. Most of the blasts were mass excavations and about half of them were blasted with emulsion.

The results show that usage of emulsion instead of anfo is almost every time cheaper. Usage of anfo is only cheaper when there is no water at the field and the field is from 5000 to 8000 cubic meters. When the water percentage is low like 20%, the price of anfo and emulsion fields are about the same until 10 000 cubic meters.

The physical stress when using emulsion is much lesser. But because of the fact that we do not know so much about blasting with emulsion the mental stress is more overwhelming.

One of the big problems in using the emulsion explosives is that you have to order it one week in advance. There has also been problems with the cover fill. The holes have become too full. When this happens rocks from the blast tend to hurl from the blast more easily and that is dangerous, means more risks.

As a conclusion, we should use more emulsion, because it is cheaper. One should be able to predict the blast days in co-operation with the chiefs of the stone crushing stations. Forcit Explosives should train their crew better and get more emulsion cars because of the growing demand. Then again Lemminkäinen could take offers from foreign explosives providers.

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	5
2 RÄJÄHDYSAINEET	6
2.1 Patruunat	6
2.1.1 Dynamiitti	6
2.1.2 Kemix	7
2.2 Irrallinen räjähdysaine	8
2.2.1 Anfo ja Ahti-Anfo	8
2.3 Emulsio	9
2.3.1 Kemiitti 510	9
2.3.2 Kemiitti 610	10
3 KENTÄN PANOSTUS.....	11
3.1 Emulsiopanostus.....	12
3.2 Anfo-panostus.....	13
3.3 Emulsio- ja Anfopanostuksen erot.....	13
4 KÄYTTÖKOhteet	14
5 KOKEMUKSIA ERI PANOSTUSTAVOISTA	16
5.1 Henkilökohtaiset kokemukset.....	16
6 EXCEL LASKENTAPOHJA.....	17
6.1 Lähtötiedot	18
6.2 Tulosten analysointi	21
6.2.1 Kemiittikentän analysointi	21
6.2.2 Anfokentän analysointi	23
7 KUSTANNUSTEN VERTAILU EMULSIO- JA ANFOKENTISSÄ.....	24
7.1 Porametrit	25
7.2 Räjähdysaine kustannukset	26
7.2 Työaikakustannukset	26
7.3 Räjätysnallit ja hidasteet.....	26
7.4 Yhteiskustannukset.....	27
8 PÄÄTELMÄT	27
LÄHTEET	30

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössäni tulen vertailemaan nestemäisellä räjäytysaineella panostamista, eli emulsiopanostusta, irrallisella räjähdysaineella panostamiseen, eli anfopanostamiseen. Lemminkäinen Infra Oy tilasi minulta tämän työn kesällä 2010. Yhteyshenkilönä Lemminkäiseltä toimii louhinnan aluejohtaja Ismo Kivimäki.

Materiaalina tulen käyttämään Forcit Explosives Ab:n tuotetietokuvauksia eri räjähdysaineista sekä hintatietoja. Olen tehnyt kyselyn Lemminkäisen räjäytystyönjohtajille. Saamani vastauksia tulen hyödyntämään työssäni. Minulla on myös työkokemusta louhinnasta emulsiolla ja anfopanostamisesta reilun vuoden ajalta.

Tavoitteena on löytää perusteet, milloin kenttä kannattaa tehdä emulsiolla ja milloin anfolla. Kustannukset ja työrasitus ovat tärkeimmät vertailukohteet. Tulen tekemään Excel-laskentapohjan, joka laskee emulsio- ja anfokentän kustannukset annetuilla lähtötiedoilla. Excel-laskentapohjassa tulen huomioimaan mm. seuraavat asiat: porametrिमäärät, räjäytysaineiden menekin, työaikakustannukset, km-korvaukset, kentän suunnittelun ja työrasituksen. Excel on tarkoitus antaa Lemminkäisen räjäytystyönjohtajien käyttöön opinnäytetyön valmistumisen jälkeen.

Pyrkimyksenä on myös kertoa eri panostusmuotojen käytännön työstä, kuvata päivän työ vaihe vaiheelta. Työn tarkoituksena on tehdä yksityiskohtainen kuvaus työn rasituksista, onnistumisesta ja suunnittelun tärkeydestä.

Tulen kertomaan myös eri räjäytysaineiden käyttötarkoituksista, niiden koostumuksista, vaaratekijöistä ja käsiteltävyydestä.

Olen päättänyt rajata käsiteltävät räjähdysaineet patruunoiden kohdalta dynamiittiin ja kemixiin, irrallisen räjähdysaineen kohdalla anfoon ja ahti-anfoon, sekä emulsion kohdalla Kemiitti 510:een, Kemiitti 610:een ja Kimuluxiin.

Olen ollut räjäyttämässä noin 160:tä kenttää, joista suurin osa on emulsiokenttiä, osa anfo kenttiä ja noin 35 patruunakenttää. Niin sanotusti tutkimuskentät on räjäytetty jo. Samoin keskustelut muiden räjäytystyönjohtajien kanssa ovat tuoneet paljon uutta tietoa opinnäytetyötä varten.

2 RÄJÄHDYSAINEET

Tässä luvussa tulen käsittelemään emulsio- ja anfopanostamisessa tarvittavia räjähdysaineita, niiden koostumuksia ja käyttötarkoituksia, sekä emulsio- että anfopanostamisessa tarvitaan kolmenlaisia panoksia: pohjapanos, varsipanos ja yleensä pintapanos. Pohjapanoksen sytytys tehdään räjäytysnallilla. Kun pohjapanoksena käytetään dynamiittipatruunaa, räjäytysnalli upotetaan dynamiittiin. Varsipanos ja pintapanos syttyy dynamiitin aiheuttamasta räjähdyksestä. Pintapanoksen syttyminen voidaan varmistaa ns. pintanallilla, joka upotetaan pintapanoksessa käytettävään räjähdysaineeseen, yleensä kemixiin tai dynamiittiin.

2.1 Patruunat

Patrunoiduilla räjähdysaineilla tarkoitetaan valmistajan muoviin tai vahapaperiin pakkaamia aineita. Patruunan pituus on 530 mm ja halkaisija vaihtelee 24 millimetristä aina 60 millimetriin asti. Patruunan halkaisija valitaan sen mukaan, kuinka suurta porareikää tehdään. Avolouhinnan yleisimmät reikäkoot Lemmin-käisellä ovat 76 mm ja 89 mm.

2.1.1 Dynamiitti

Dynamiitti (kuva1) on yleisin räjähdysaine. Sitä käytetään pohjapanoksena suuren räjähdystehonsa ansiosta. Dynamiitti kestää vettä erittäin hyvin.

Fordyn-dynamiitti sisältää nitroglykolia ja ammoniumnitraattia. Se on muovilainen (plastinen) räjähdysaine.

Dynamiitti soveltuu vedenalaiseen louhintaan, avolouhintaan ja tarkkuutta vaativaan louhintaan. Tarkkuutta vaativaan louhintaan se soveltuu siksi että sen anosteltavuus on helppo hallita (hyvin pieniä ja suuria määriä). Ominaispaino $1,5 \text{ kg/dm}^3$, tämä mahdollistaa suuren panostusasteen (kg/m) tarvittaessa.

Yleensä sekä emulsio että anforkentässä käytetään dynamiittia pohjapanoksena. Esimerkiksi kentässä jossa reikäkoko on 76 mm, käytetään joko kokonaista dynamiittia (halkaisija 60 mm pituus 530 mm) tai puolikasta.

Dynamiittia käytetään myös varsipanoksen kevennys panoksena. Tällöin käytetään pientä dynamiittia, joka on halkaisijaltaan 24 mm ja pituus 200 mm.

(Oy Forcit Ab:n kotisivut)



Kuva 1 Fordyn-Dynamiitti

2.1.2 Kemix

Kemix-patruunoita käytetään avolouhinnassa yleensä ns. kevennyksenä varsipanoksen yläosassa. Kevennyksellä pyritään minimoimaan kivien sinkoutuminen ympäristöön. Käytännössä anfo- tai emulsioaineen pinta jätetään 2 - 6 m päähän reiän yläpäästä ja täytetään loppu kemixillä. Kemixillä voidaan myös keventää ensimmäisen rivin reikiä. Etureikien kevennys on panostajan päätös. Tähän päätökseen vaikuttavat edun pituus ja kallion laatu. Kemixiä voidaan käyttää myös varsipanoksena, varsinkin tarkkuuslouhinnassa.

Kemix A on emulsioräjähdysaine, joka on pakattu patruunaan (esimerkkinä kuva 2). Siihen on lisätty alumiinia sen räjähdyslämmön lisäämiseksi. Tämä räjähdysaine kestää myös hyvin vettä.

Kemix A on räjähdysteholtaan heikompaa kuin dynamiitti. Ominaispaino eli räjähdysaineen tiheys kemix A:lla $1,2 \text{ kg/dm}^3$ vrt. dynamiitti $1,5 \text{ kg/dm}^3$
(Oy Forcit Ab:n kotisivut)



Kuva 2 Kemix A

2.2 Irrallinen räjähdysaine

Irrallisella räjähdysaineella tarkoitetaan anfoa ja ahti-anfoa. Irrallinen räjähdysaine nimi tulee siitä, että kyseiset räjähdysaineet tuodaan kentällä 25 kg säkeissä. Itse räjähdysaine on raemaista ja väriltään vaaleanpunaista. Näitä käytetään avolouhinnassa varsipanoksena. Varsipanos on suurin panos kolmesta panoslajista. Reiän panostamisessa panostaja laittaa reikään pohjapanoksen, yleensä dynamiitin. Tämän jälkeen panostaja kaataa anfosäkistä reikään räjähdysainetta haluamaansa korkeuteen asti ja panostaa varren yläosan kemixillä.

2.2.1 Anfo ja Ahti-Anfo

Anfoja käytetään varsipanoksena. Näitä räjähdysaineita käytetään asuinalueen ulkopuolella. Tavallinen anfo (säkissä valkoinen pohja: esimerkkinä kuva 3) ei ole vedenkestävää. Anfoja menee noin 0,90 - 0,95 kiloa metrille.

Ahti-Anfo (säkissä sininen pohja: katso kuva 3) kestää melko hyvin kosteutta. Ahti-Anfoa voidaan siis panostaa kosteisiin reikiin, kun vesi on puhallettu rei'istä ennen panostusta. Tiheys n. $0,90\text{--}0,95 \text{ kg/dm}^3$.

(Oy Forcit Ab:n kotisivut)



Kuva 3 Anfo & Ahti-Anfo

2.3 Emulsio

Emulsiota käytetään varsipanoksena. Emulsio sekoitetaan vasta paikan päällä. Tämän vuoksi se ei ole kuljetuksen aikana räjähdysainetta. Sen jälkeen, kun emulsio on pumpattu reikiin, syntyy kemiallinen reaktio ja emulsio on valmista räjähdysainetta noin 20 minuutin kuluttua. Emulsio pumpataan siihen suunnitelluista erikoisautoista suoraan reikään. Emulsiopanostaminen on tässä suhteessa helpompaa ja nopeampaa. Etutäytteen suuruuden määrittäminen on osoittautunut ongelmaksi emulsiopanostuksessa. Tämä johtuu siitä, ettei tarkkaan tiedetä, kuinka paljon emulsio turpoaa reikään valuttamisen jälkeen. Mitä enemmän emulsiota saadaan prillattua, sitä vähemmän se turpoaa. Emulsion haitallinen turpoaminen on ongelmallista varsinkin silloin kun lähialueella on varottavia rakenteita.

2.3.1 Kemiitti 510

Kemiitti 510:tä käytetään varsipanoksena. Se valmistetaan ja pumpataan porausreikiin panostuskohteessa. Emulsion valmistuksessa voidaan käyttää prillattua ammoniumnitraattia (10 - 30 %). Itse pyrin aina käyttämään korkeinta mahdollista prillausprosenttia, koska silloin emulsio on tehokkaampaa ja helpommin hallittavaa (ei turpoa). Väriltään se on kellertävää tai valkoista. Kemiitti liukenee veteen erittäin hitaasti. Kemiitti 510 valmistetaan raaka-aineliuoksista panostusajoneuvossa, joka tekee siitä epävarmempaa kuin Kemiitti 610. Prilla-

us tarkoittaa sitä, että räjähdysaineen kaasutilavuutta kasvatetaan. Kemiitti 510:in pääraaka-aineet ovat ammoniumnitraatti, vesi, öljy ja emulgointiaineet. Kemiitti pumpataan 40 - 100 m pitkällä letkulla porareikään. Kemiitillä panostessa saadaan progressiivinen panostus, eli räjähdysaineen tiheys alenee reiän yläosaa kohden. Yhdellä kuormalla voidaan tuoda noin 12 t kemiittiä työmaalle. (Oy Forcit Ab:n kotisivut)

2.3.2 Kemiitti 610

Kemiitti 610:tä käytetään varsipanoksena. Se valmistetaan Vihtavuoren tai Kemin emulsiotehtaissa ja herkistetään panostuksen yhteydessä. Kemiitti 610 on aina "prillattua" toisin kuin Kemiitti 510 saa, joko "prillattuna" 10-30 % tai ilman "prillausta".

Kimulux ja kemiitti 610 ovat kummatkin valmistettu emulsiotehtaissa ja ovat käyttövarmempia. Omat kokemukseni ovat enimmäkseen Kimuluxista, jota voi verrata kemiitti 610:een. Emulsiotehtaissa valmistettu kemiitti on tehokkaampaa, eikä se turpoa niin paljoa porareiässä. Näin etutäytteen suuruuden määrittely helpottuu.

Kemiitti 610 pääraaka-aineet ovat Kemiitti 610 matriisi, ammoniumnitraattiprilli ja kaasutusliuos. Kemiitti liukenee veteen erittäin hitaasti, voidaan pumpata märkään reikään ilman reiän kuivaksi puhallusta.

Kemiitti 610 toimitetaan kentällä erikoisvalmisteisella sekoituspanostusajoneuvolla (kuva 4) niin kuin Kemiitti 510 ja Kimulux. Erona on se, että Kemiitti 610:tä voidaan tuoda jopa 20 tonnia yhdellä kuormalla. (Oy Forcit Ab:n kotisivut)



Kuva 4 Kemiitti 510

3 KENTÄN PANOSTUS

Tässä luvussa kerrotaan kentän räjäytyksen suunnittelusta ja eri panostustavoista. Kentän suunnittelussa ensimmäisenä mennään tutustumaan kohteeseen. Mitataan, kuinka korkea rintausta on ja selvitetään, kuinka paljon louhetta tullaan irrottamaan. Tämän jälkeen kutsutaan porari paikalle ja käydään suunnitelma läpi hänen kanssaan. Määritellään ruutukoko, emulsiolle suurempi ja anfolle pienempi. Tässä yhteydessä valitaan myös räjäytyssuunta ja käydään läpi lähellä olevat alueet. Selvitetään, tarvitaanko paikalle tärinämittausta ja/tai katselmuksia olemassa oleviin rakennuksiin. On otettava huomioon myös lähistöllä olevat tiet ja muut liikenneyhteydet esimerkiksi lentokentät. Tässä vaiheessa selviää myös se, voidaanko käyttää emulsiota, anfoa vai pelkästään patruunapanostusta.

Kun poraus on saatu käyntiin, arvioidaan itse ja porarin kanssa, milloin kenttä on valmis. Tämä vaihe suunnittelussa on tärkeä silloin, kun kenttä räjäytetään emulsiolla, koska panostuspäivä tulee tietää viimeistään viikkoa (7pv) ennen. Tässä suhteessa anfokentän suunnittelu on helpompaa, koska räjähdysaineet siihen voi tilata vaikka edellisenä päivänä ennen klo 13.00.

3.1 Emulsiopanostus

Emulsiopanostuksessa kannattaa työnjohtajan ja ylipanostajan tulla kentälle tuntia (riippuu kentän koosta) ennen emulsion saapumista. Tunnissa ehditään laittamaan pohjapanokset reikiin.

Emulsion kulkuneuvon mukana tulee kaksi Forcitin työntekijää, joilla on panostamiseen tarvittavat lupakirjat. Toinen toimii kentällä panostajana. Toinen säätelee emulsion syöttöä näyttöpäätteeltä emulsiokulkuneuvosta käsin ja on radioyhteydessä panostajaan. Ylipanostaja tai työnjohtaja antaa Forcitin panostajalle ohjeet etutäyteen mitoista, esimerkiksi kaksi metriä. Forcitin panostaja alkaa täyttämään reikiä emulsiolla. Ylipanostajan on hyvä kulkea melkein heti perässä tarkistamassa etutäyteen pituus ja laittamassa pintapanos reikään. Kun reikä on panostettu, kaadetaan sinne täkkäyssepele. Emulsiopanotuksessa ei tarvita ”omia miehiä” kuin ylipanostaja. Kiireen tullen myös työnjohtaja voi auttaa. Reikä voi ylitäytyä esimimerkiksi Forcitin panostajan virheestä. Tällöin voidaan emulsiota poistaa reiästä putken avulla tai sitten laskea vettä reikään, jolloin emulsio nousee kallion pinnalle. Forcitin panostajan tulee olla tarkka, ettei jätä reikään ns. vesipatjaa. Vesipatja tarkoittaa sitä, että panostusletkua vedetään liian nopeasti tai nykäisten ylöspäin. Tällöin vesi pääsee muodostamaan vesipatjan panostettavaan reikään. Jos näin tapahtuu, niin kemiitin palaminen pysähtyy kyseiseen vesipatjaan eikä räjäytys ole täydellinen.

Kentän valmistuttua, kun kaikki reiät on tehty, kemiittiauto poistuu. Ylipanostaja ja työnjohtaja sitovat kentän Nonel United-järjestelmän hidastimilla. Kun kenttä on kytketty hoidetaan turvatoimet. Turvatoimilla käsitetään seuraavat asiat; ilmoittaminen kaikille räjäytyskentän lähistöllä oleville työmaille/henkilöille ja varmistetaan, että ihmiset/työkoneet poistuvat räjäytysalueelta ennen kuin aletaan hälyttämään. Kun turvatoimet ovat kunnossa, aloitetaan hälyttäminen, ensiksi pitkä hälytys, tällä saadaan ihmisten huomio heräämään. Tämän jälkeen aletaan hälyttää ensiksi pitkällä torven soitoilla ja tämä tahti tihenee koko ajan räjäytyshetkeä kohden. Hälytyksen tulisi kestää kolme minuuttia. Kun hälytystä on jatkunut kolme minuuttia, räjäytystyönjohtaja antaa luvan räjäyttää kentän. Kai-

kesta tästä on tehty ennakkoon räjäytyssuunnitelma räjäytystyönjohtajan toimesta.

(Räjäytys ja louhintatyön järjestysohjeet 2010, FINLEX)

3.2 Anfo-panostus

Anfo-panostamisessa tarvitaan enemmän henkilöitä kuin emulsiolla panostettaessa. Tarvitaan työnjohtaja, ylipanostaja ja panostajan apulainen. Tämän lisäksi kantoapuna on myös räjäytysaine rekan kuski, joka voi toimia panostajana tarvittaessa. Isolla kentällä olisi hyvä olla vielä yksi apumies kantoapuna. Kenttään panostetaan pohjanpanokset samaan tapaan kuin emulsiokenttään. Tämän jälkeen osa kantaa anfosäkkejä rei'ille jotka ylipanostaja panostaa. Ahti-anfoa tarvitaan silloin, kun panostusreiässä on vettä. Yleisin tapa on puhalttaa reikä kuivaksi, panostaa pohja dynamiitillä. Tämän jälkeen lisätään ahti-anfoa niin paljon, että reikä on kuiva. Loppuosan reiästä voi täyttää anfolla. Etutäytteen määrittäminen on tässä helpompaa kuin emulsiopanostuksessa, koska ylipanostaja tekee sen itse. Kun reikä on panostettu panostajanapulainen tai apumies kaataa etutäytteen reikään.

Kentän valmistuttua, kenttä kytketään Nonel United-järjestelmän hidastimilla. Tämän jälkeen hoidetaan turvatoimet, hälytetään ja räjäytetään.

3.3 Emulsio- ja anfopanostuksen erot

Emulsiopanostuksessa tarvitaan vähemmän henkilöitä. Anfopanostamisessa kannen määrittely on helpompaa. Emulsiopanos on nopeampaa ja kevyempää kuin anfopanostaminen. Emulsiokentissä säästetään porametri määrissä koska ne voidaan porata isompaan ruutuun. Emulsiota käyttäessä työmäärä vähenee, joka vaikuttaa panostajien ja apumiesten jaksamiseen raskaassa työssä. Työssä on testissä lihasvoiman lisäksi myös psyykinen puoli. Kentän räjäyttäminen ei ole täysin vaaratonta. Työnjohtajalla ja ylipanostajalle voi tulla kova stressi, jos joku menee vikaan kentän panostamisessa. Tässä suhteessa pa-

nostamistyötä tulisi helpottaa kaikin mahdollisin keinoin, kuitenkin niin, että se pysyy turvallisena. ”Kaikki kentät pitäisi ottaa niin kuin ne olisivat ensimmäisiä” (Pentti Ikola, räjäytystyönjohtaja).

4 KÄYTTÖKOHTEET

Suurin rajoittava tekijä sekä anfo- että emulsiopanostuksessa on se, ettei niitä saa käyttää asutun alueen louhinnassa. Tämä tarkoittaa sitä, ettei 200 m alueella kentästä katsottuna saa olla asuintaloja, varastorakennuksia tai muita kohteita, joissa ihmisiä tavallisesti oleskelee. Jos joudutaan louhimaan asutulla alueella, käytetään pelkästään patruunoituja räjähdysaineita sekä pohja- että varsipanoksena. Kohteissa, joissa on esimerkiksi teollisuushalleja tai asuintaloja, kentän läheisyydessä voi olla tärinärajoituksia. Asuttu alue tulee olla kuitenkin vähintään 200 metrin päässä räjäytyskentästä. Tällöin kohteesta mitataan tärinät, ja kokemuksen perusteella päätetään, mitä panostustapaa käytetään. Kyselyn tuloksista, jotka tein räjäytystyönjohtajille, on kuitenkin käynyt ilmi, että jos anfoa pystytään käyttämään tärinärajoista huolimatta, niin pystytään myös emulsiota. Tämä oli itselleni uusi tieto ja edesauttaa emulsion käyttöä tärinäherkissä kohteissa.

(Räjäytys- ja louhintatyö järjestysohjeet 2010, FINLEX).

Tästä huolimatta emulsiokentissä kiviä lentää enemmän kuin anfokentissä. Tähän on syynä se että emulsio on tehokkaampaa ja etutäytteen pituuden määrittely on haastavampaa. Emulsio tunkeutuu myös kallion rakoihin ja halkeamiin tehokkaammin kuin anfo. Tämä taas johtuu siitä, että emulsio on nestemäistä. Tässä tapauksessa Forcitin panostajan tulee olla tarkkana siitä, kuinka paljon emulsiota reikään menee. On käynyt niinkin, että yhteen reikään on pumpattu kaksinkertainen määrä emulsiota verrattuna edelliseen reikään. Tässä vaiheessa olisi pitänyt ”hälytyskellojen” soida ja asianomaisten ymmärtää, että emulsiota menee isoon halkeamaan eikä enää pelkästään reikään.

”Porauksen onnistuminen on 95 prosenttia ammun onnistumisesta”, sanoi eräs ylipanostaja. Onnistunut poraus on erittäin merkittävä kentän räjäytyksen onnistumisesta. Pahoja virheitä aiheuttavat porareikien taipumat varsinkin jos ne porataan kiertoon ensimmäisessä rivissä tai toiseen reikään kiinni. Emulsiokentässä tapahtuu enemmän kivien sinkoilua. Tämä vaikeuttaa emulsion käyttöä, ja näin ollen sitä ei voi käyttää kaikissa samoissa paikoissa kuin anfoa.

Pohjoisessa, Seinäjoelta ylöspäin käytetään pääsääntöisesti vain emulsiota. Pohjoisen kohteissa on harvoin särkyvää tai tärinäherkkää kohdetta lähistöllä. Kentät suunnitellaan murska-asemien työmaapäälliköiden kanssa yhteistyössä aikataulullisesti ja aina tiedetään viikko, jopa kaksi viikkoa eteenpäin missä ammutaan milloinkin.

Etelässä on monta muuttujaa, jotka vaikeuttavat emulsion käyttöä osaltaan. Särkyviä kohteita on lähempänä ja etelän meno tuntuu hektisemmältä. Aina ei osata suunnitella kentänräjäytys ajankohtaa viikkoa tai kahta eteenpäin. Mielestäni etelässä voitaisiin käyttää emulsiota enemmän kuin nykyään käytetään. Tämä vaatisi kuitenkin tarkempaa suunnittelua ja ennen kaikkia pidemmälle aikavälille tähtäävää suunnittelua.

Yksi rajoittava tekijä emulsiolla käyttökohteiden kannalta on se, että emulsioauto ei pääse joka paikkaan. Kentälle pitää olla suhteellisen hyvät kulku yhteydet. Emulsioauto on varustettu panostusletkulla, joka on 100 – 150 m pitkä. Toisaalta kentän voi panostaa myös rintauksen edestä eli alhaalta käsin. Tällöin emulsioauton pumppu kuormittuu enemmän ja voi pahimmassa tapauksessa rikkoutua. Anfo-säkit voidaan kantaa miesvoimalla melkein minne vaan. Kun käytössä on pyöräkuormaaja, traktori tai kaivinkone, voidaan fyysistä rasitusta vähentää.

5 KOKEMUKSIA ERI PANOSTUSTAVOISTA

5.1 Henkilökohtaiset kokemukset

Vuonna 2009 tammikuussa toimin työnjohtotehtävissä Lemminkäisellä. Tämä oli ensi kosketukseni louhintaan. Opiskelin alaa tuolloin Pentti Ikolan alaisuudessa. Tuolloin alueenamme oli Etelä-Pohjanmaa, Oulu ja Lappi. Käytimme emulsiota lähestulkoon joka kentässä ja kokemukset olivat positiivisia.

Pariin otteeseen kentästä jäi liian paljon rikkoja, jotka jouduimme räjäyttämään sitten seuraavan kentän yhteydessä tai erikseen. Rikoksi kutsutaan lohkaretta, joka on jäänyt liian suureksi. Suunnittelimme porauskaavion paikkakohtaisesti, koska tämä säästi porametrejä ja nopeutti kentän valmistumista. Onnistuimme tässä, koska lopputulos oli vähintäänkin tyydyttävä, eli kentälle ei jäänyt liikaa rikkoja.

Keskustelimme murskapomojen kanssa ja myös murska-aseman henkilökunnan kanssa usein kentän onnistumisesta ja räjätyksen laadusta. Heidän kanssaan yhteistyössä pidimme ruutukoon samana tai pienensimme tai suuren-
simme sitä.

Suunnittelimme aina vähintään seuraavan viikon eteenpäin ja teimme työstä kaksi viikkosuunnitelmaa. Tähän tarvittiin yhteistyötä murska-asemien työmaapäälliköiltä. He kertoivat, kuinka paljon louhetta menee läpi ja milloin vaihdetaan mihinkin lajikkeeseen. Tällä tavoin pystyimme arvioimaan, milloin louhe loppuu, eli milloin me tulemme irrottamaan lisää louhetta. Tämä mahdollisti emulsion tilaamisen viikkoa etukäteen, joka oli tarpeellista, koska emulsioautot olivat niin pitkälle varattuja.

Seuraavan vuoden 2010 kesällä toukokuussa tutustuin Itä-Suomen louhintaan. Kävin räjäyttämässä kenttiä muun muassa Mikkeliissä, Lappeenrannassa, Joensuussa, Joutsenossa ja Lahdessa. Tämän kesän aikana kolmen ja puolen kuukauden aikana käytin emulsiota vain kolme kertaa. Suurin osa kentistä oli

suunniteltu jo valmiiksi ja niitä tuntui tulevan aina sieltä täältä. Juha Von Hertzen oli minulla ohjaavana työnjohtajana ja sain paljon arvokasta kokemusta ”tarkkuuslouhinnasta” Kyminjärven voimalaitoksella. Olin voimalaitoksella kaksi kuukautta. Siellä laskin massoja, mietin, miten saisi tärinöitä rajoitettua ja miten voisimme estää kivien sinkoutumisen. Tämä poikkesi tarkkuudeltaan paljon siitä, mitä räjäytyksen suunnittelu oli pohjoisessa 2009.

Teimme kyllä viikko suunnitelmaa, mutta tuntui, ettemme pystyneet suunnittelemaan ainakaan viikkoa pitemmälle. Tähän syyksi näin voimalaitoksen vaikeat ja stressaavat räjäytykset. Stressaava tekijä oli myös niiden suunnittelu. Ne pari emulsiokenttää, joita pääsin ampumaan, menivät hyvin. Etelässä kuitenkin emulsioautot ovat vielä vaikeammin saatavissa kuin pohjoisessa kovan kysynnän takia. Tämän takia autot pitäisi pystyä tilaamaan viikkoa, pahimmillaan kahatta viikkoa ennen kentän ampumista.

6 EXCEL LASKENTAPOHJA

Olen rakentanut Excel-laskentapohjan (kuva 5) helpottamaan kemiitti- ja anfo-kenttien kustannuksien vertailua. Laskentapohja on moniulotteinen ja se laskee tarkat kustannukset Forcit Explosives ab:n OVH-hinnoilla räjähdysainesta ja Forcitin työntekijöiden tuntipalkat. Lisäksi ohjelma laskee kustannukset omista työntekijöistä annetun henkilömäärän ja tuntipalkan mukaan. Porametrimäärät on laskettu hintaan. Tulen kertomaan tarkoista laskumenetelmistä ja määreistä työn mukaisessa järjestyksessä seuraavissa kappaleissa.

Laskentapohja avolouhintaa emulsio & anfo

Syötä lähtötiedot oransseihin ruutuihin

Valitse liukuvalikoista halutut määreet

Vihreisiin ruutuihin on annettu oletusarvot, myös näitä voi muuttaa

Haluttu kenttäkoko

20000

m3ktr

Rintauksen korkeus

14

m

(lisää ohiporaus)

Etutäyte

2

m

Reikäkoko Ø

Ø83

Toimitusmatka

151-200

km

Pohjapanos

Fordyn Ø60

Pintapanos

Fordyn Ø24

Kevennys emulsio

Kemix A Ø50

0

kg

Kevennys anfo

Kemix A Ø50

0

kg

Vesimäärä kentässä

20

%

Työaikakustannukset

Nimike

€/h

h

Emulsio [määrä]

Anfo [määrä]

Työnjohto

70

8,0

1

1

Ylipanostaja

60

8,0

1

1

Apulainen

50

8,0

0

1

Forcit

50

8,0

0

1

ALENNUS prosentti räjähdysaineista:

0

%

Emulsiokenttä

Etu

3,2

m

Ruutu

7,68

m²

Reikäväli

2,4

m

Ominaispanostus

0,76

Reikiä

187

kpl

Porametrit

2618

pom

9163

€

Pohjapanos

Fordyn Ø60

393

kg

16

Laatikkoo

940

€

Pintapanos

Fordyn Ø24

25

kg

1

Laatikkoo

65

€

Kevennys

Kemix A Ø50

0

kg

0

FALSE

0

€

Emulsio

14766

kg

14175

€

Nallit

MS 500 6,0

187

kpl

477

€

Räjäytys

MS 475 15,0

187

kpl

739

€

Hidasteet

17/25/42

187

kpl

413

€

Työaikakustannukset

1040

€

km-korvaukset

110

€

Anfo & ahti-anfokenttä

Etu

2,8

m

Ruutu

6,44

m²

Reikäväli

2,3

m

Ominaispanostus

0,64

Reikiä

222

kpl

Porametrit

3108

pom

10878

€

Pohjapanos

Fordyn Ø60

466

kg

19

Laatikkoo

1116

€

Pintapanos

Fordyn Ø24

29

kg

2

Laatikkoo

130

€

Kevennys

Kemix A Ø50

0

kg

0

FALSE

0

€

Varsipanos

Anfo

9884

kg

396

Säkkiä

9009

€

Ahti-anfo

2471

kg

99

Säkkiä

3490

€

Nallit

MS 500 6,0

71

kpl

181

€

Räjäytys

MS 475 15,0

222

kpl

877

€

Hidasteet

17/25/42

222

kpl

491

€

Työaikakustannukset

1840

€

km-korvaukset

132

€

EMULSIO KENTÄN YHTEISKUSTANNUSET

27122

€

96,4

ANFO & AHTIANFO KENTÄN YHTEISKUSTANNUKSET

28144

€

Kuva 5 Excel-laskentapohja

6.1 Lähtötiedot

Panostettavien kenttien laskenta alkaa siitä, kun käyttäjä syöttää tarvittavat lähtötiedot laskentapohjaan. Ensimmäisenä tulee syöttää haluttu kentän koko kiinteoteoreettisissa kuutioissa [m3ktr]. En valinnut tähän kohtaan liukuvalikkoo, koska mahdollisia kenttäkokoja olisi ollut loputtomasti. Näin ollen halutun kenttäkoon voin määrittää jopa 1 m3ktr:n tarkkuudella. Kun haluttu kenttäkoko on syötetty, ohjelma laskee suoraan tästä tulevan tonnimäärän valmista mursketta. Kallion tilavuuspainona olen käyttänyt kerrointa 2,7. Tämä kerroin on muodostunut ns. vakioksi. Kertoimen voi kuitenkin helposti muuttaa, kohtaan ominaispaino. Tämä on mahdollistettu sen takia, että kallion ominaispaino voi vaihdella huomattavan paljon.

Seuraavaksi syötetään kallion pengerkorkeus. Tämä tiedetään jo silloin, kun käydään suunnittelemassa kenttää. Korkeuteen tulee lisätä ohiporaus, joka on yleensä 1 - 1,5 m. Ohiporauksen pituus tiedetään silloin, kun kenttää suunnitellaan. Laskentapohja ottaa huomioon ryöstökertoimen osuuden.

Reikäkoon valinta onnistuu näppärästi liukuvalikosta, tällä hetkellä valittavana on kolme eri kruunukokoa, 76Ø 83Ø ja 89Ø. Olen valinnut nämä kruunukoot, koska ne ovat yleisimmin käytettyjä Lemminkäisellä. Mitä isompi kruunukoko valitaan, sitä enemmän kemiittiä ja anfoa kuluu, esimerkkinä taulukko 1. Arvoja voi myös vapaasti muuttaa laskentapohjassa.

Taulukko 1. Reikäkoon ja räjähdysaineen kulutuksen suhde.

Kruunukoko Ø	Anfo kg/m	Kemiitti kg/m
76	3,9	5,44
83	4,6	6,58
89	5,4	7,74

Reikäkoon valinta vaikuttaa myös käytettävään ruutukokoon. Käyttämäni määreet selviävät taulukosta 2. Haluamansa ruutukoon voi myös syöttää suoraan kemiitti ja anfotaulukoiden tietoihin, jos valmiit ruutukoot eivät ole sopivia. Tämän jälkeen laskentapohjaa sulkiessa ei kuitenkaan tulisi tallentaa muutoksia, koska tällöin taulukosta katoaa useampi jos-lause ja ainakin yksi indexi. Etu- ja reikäväli voidaan antaa myös manuaalisesti uudessa versiossa.

Taulukko 2. Reikäkoon ja ruudun suhde.

Kruunukoko Ø	Anfo Ruutu [m ²]	Kemiitti ruutu [m ²]
76	2,1 x 2,6 = 5,46	2,3 x 3 = 6,9
83	2,3 x 2,8 = 6,44	2,4 x 3,2 = 7,68
89	2,4 x 3,2 = 7,68	2,5 x 3,5 = 8,75

Toimitusmatka räjäytyskentälle vaikuttaa emulsion hintaan (taulukko 3) ja kilometrikorvauksiin. Kilometrit määritellään 50 km tarkkuudella ja etäisyys valitaan liukuvalikosta. Tämä etäisyys tarkoittaa panostuskentän ja tehtaan välistä etäis-

syyttä. Muodostuvaan km hintaan vaikuttaa myös se, kuinka paljon räjähdysainetta on kulunut. Alle 1000 kg toimituksesta veloitetaan 0,55 €/km ja yli 1000kg toimituksesta peritään 0,66 €/km. Näitä arvoja käytetään silloin, kun puhutaan kappaletavarasta. Kemiitin hintaan vaikuttaa sekä matka tehtaalta että kokonaiskulutus. Tämä kemiitin muuttuva hinta on huomioitu laskentapohjassa erillisin jos-lauseiden ja indeksi-lauseiden avulla.

Taulukko 3 Kemiitin hinta

	0-100	101-150	151-200	201-250	251 - 300	301 - 350	351 - 400
Määrä kg	km	km	km	km	km	km	km
3000-3999	1,23	1,27	1,30	1,36	1,42	-	-
4000-4999	1,14	1,18	1,21	1,25	1,32	1,38	1,46
5000-5999	1,08	1,10	1,12	1,14	1,17	1,23	1,30
6000-6999	1,03	1,04	1,05	1,07	1,09	1,12	1,18
7000-7999	1,00	1,01	1,02	1,03	1,05	1,08	1,10
8000-8999	0,97	0,98	0,99	1,00	1,02	1,04	1,06
9000-9999	0,96	0,97	0,98	0,99	1,01	1,03	1,05
10 000 tai yli	0,95	0,96	0,97	0,98	1,00	1,02	1,04

Pohjapanoksen valitaan Fordyn dynamiiteista. Dynamiitit valitaan halkaisijan perusteella. Valinta tapahtuu liukuvalikon avulla. Valittu pohjapanos vaikuttaa räjähdysaineiden kokonaishintaan, km-korvausten muodostumiseen ja tilausmuistioon. Ohjelma laskee yhden patruunan reiälle. Haluttaessa voidaan valita ohjelma laskemaan vain puolikkaan patruunan reiälle.

Varsipanoksen kevennys valitaan liukuvalikosta, on mahdollista valita joko dynamiittia tai kemix A-patruunoita pintaan. Ohjelma laskee yhden patruunan joka reiälle.

Lisäksi voidaan valita "kevennyspanoksia". Nämä tulee valita kohtaan kevennys, liukuvalikosta kevennyksen nimi ja seuraavaan soluun määrä kiloina [kg]. Ahti-anfon kulutuksen arviointi perustuu omaan arvioon. Vesimäärän valinta on suoraan verrannollinen siihen kuinka paljon ohjelma laskee ahti-anfoa kentälle. Toisin sanoen, jos valitaan vesimääräksi 20% niin kentän kokonaisvarsipanoksen määrästä on 20% ahti-anfoa. Kentän vesimäärä arvioidaan prosenteissa 0 -

100 %:iin, aina kymmenyksien välein. Tämä arvo vaikuttaa ahti-anfon käyttömäärään. Olen katsonut parhaaksi, että ahti-anfon käyttömäärä on suoraan verrannollinen kentän kosteusprosenttiin. Eli jos vesimäärä on 20 % niin anfon kokonaismäärästä on ahti-anfoa 20 % (esimerkkinä taulukko 4)

Taulukko 4 Ahti-anfon määrä (reikäkoko 83ø)

Vesimäärä [%]	Kentän koko [m3ktr]	Ahti-anfon osuus [kg]
0	5000	0
10	5000	294
20	5000	588
30	5000	882
40	5000	1176
50	5000	1470
60	5000	1763
70	5000	2057
80	5000	2351
90	5000	2645
100	5000	2939

Etutäyteen pituus annetaan metreinä. Tämä vaikuttaa emulsion ja anfon määrään. Porametrimäärästä on vähennetty etutäyteen pituus x reikämäärä. Tällöin saadaan tarkka emulsion / anfon menekki. Näin ollen syötetty metrimäärä vaikuttaa myös lopulliseen hintaan.

6.2 Tulosten analysointi

Kun kaikki halutut lähtöarvot on syötetty, laskentapohja laskee tulokset alapuolella oleviin taulukoihin, kemiiti- ja anfokentän erikseen. Kummassakin kentässä käytetään samoja lähtöarvoja, paitsi erikseen valittavat kevennykset ovat voimassa vain ja ainoastaan niille osoitetuissa kentissä.

6.2.1 Kemiittikentän analysointi

Ensiksi määritetään ruutukoko, jota käytetään kyseisessä kentässä. Tähän valintaan vaikuttaa lähtötiedoissa valittu kruunukoko.

Seuraavaksi laskentapohja laskee, kuinka monta porareikää kyseiseen kenttään tulee, sekä porametrimäärän. Porametrimäärä määräytyy pengerkorkeus + ohiporaus kerrottuna reikämäärällä.

Tämän jälkeen ohjelma laskee pohja-, pinta-, varsi- ja kevennyspanosten määrän kiloina [kg]. Se laskee myös, kuinka monta laatikkoa kyseistä räjähdysainetta täytyy tilata. Räjähdysaineet veloitetaan aina laatikon mukaan. Yksi laatikko painaa 25 kg ja ne veloitetaan aina kokonaisten laatikoiden mukaan. Olen huomionut tämän seikan laskentapohjassa pyöristämällä määrän lähimpään 25:een kiloon.

Työajan olen laskenut kemiittikentälle neljän henkilön mukaan, eli työnjohto 1 hlö ja ylipanostaja 1 hlö. Forcitin kaksi miestä ovat panostaja ja emulsionsyötön ohjaaja. Forcitin miesten työajanhinnoittelu on otettu Forcitin räjähdysainehinnastosta sisältyvät kemiitin hintataulukkoon. Työnjohdolle ja ylipanostajalle olen laskenut työaikamäärät 8 tunnin mukaan. Vaikka aikaa menisi vähemmän, niin panostajalle maksetaan vähintään 8 tuntia / päivä.

Seuraavaksi on merkitty kustannukset. Ensimmäisenä vastaan tulevat porametriskustannukset. Tämä määräytyy porareikä koon ja porattujen metrien mukaan (taulukko 5).

Taulukko 5 Porametriskustannukset eri kruunuilla.

Kruunukoko Ø	€/pom
76	3,5
83	3,5
89	3,84

Räjähdysaineiden kokonaiskustannukset muodostuvat pohja-, varsi- ja kevennyspanoksista, toisin sanoen Laatikko määrä x 25 kg x kunkin räjähdysaineen hinta.

Työkustannukset muodostuvat työnjohdon, ylipanostajan ja Forcitin miesten tuntiveloituksista kun ne kerrotaan työajalla. (taulukko 6).

Taulukko 6 Työaikakustannukset kemiittikentässä

Työaikakustannukset		h	€/h
Työnjohto	1	8	70
Ylipanostaja	1	8	60
Forcitinmies	2	4	50

Kilometrikorvaukset muodostuvat annetusta kilometrimäärästä tehtaalle x 2, koska matka veloitetaan edestakaisin. Jos pinta-, pohja- ja kevennyspanoksia on yhteensä alle 1000 kg, niin yhteiskilometrimäärä kerrotaan 0,55 €, Forcitin hinnaston mukaan. Toimituksen ollessa yli 1000 kg kilometrikorvaus on 0,66 €. Näiden määrien perusteella muodostuu emulsiokentän kokonaiskustannus, jota voidaan sitten vertailla anfokentän kustannuksiin. Samalla voidaan vertailla, mikä osio kummassakin kentässä aiheuttaa minkäkin verran kustannuksia.

6.2.2 Anfokentän analysointi

Anfo-kentän panostusjärjestys on sama kuin emulsiokentässä. Ruutukoko on kuitenkin erikokoinen, koska kemiittikenttä porataan aina isompaan ruutuun. Anfokentän ruutukokoon vaikuttaa valittu reikäkoko. Reikämäärä lasketaan samaan tapaan kuin kemiittikentässä, mutta tietenkin anfo-kentän määreillä, kuin myös porametrin määrä [pom].

Pohjapanos-, pintapanos- ja kevennyspanos lasketaan samalla tavalla kuin kemiittikentässä. Varsipanoksen yhteismäärä lasketaan ensin aputekijäksi. Tähän vaikuttaa porametrin määrä ja anfon määrä metrille. Ahti-anfon määrä on suoraan verrannollinen annettuun vesiprosenttimäärään. Vesiprosenttimäärää annattaessa on oltava tarkkana, koska ahti-anfo on puolet kalliimpaa kuin tavallinen anfo.

Työaikamäärät on laskettu neljälle henkilölle; työnjohto, ylipanostaja, apulainen ja Forcitin mies. Forcitin miehen hinta määrittyy samalla tavalla kuin kemiittikentässä. (taulukko 6.)

Taulukko 7 Työaikakustannuksen Anfokenttä.

Työaikakustannukset		h	€/h
Työnjohto	1	8	70
Ylipanostaja	1	8	60
Apulainen	1	8	50
Forcitinmies	1	0	40

Kokonaiskustannukset määräytyvät samoin kuin kemiittikentässä. Eriosa-alueiden kokonaiskustannuksien perässä on prosenttiluku. Prosenttiluku kertoo, kuinka paljon halvempaa tai kalliimpaa anfo-kentän osa-alue on verrattuna emulsiokenttään. Esimerkiksi: porametrikustannusten perässä lukee 115 %, tämä tarkoittaa sitä että anfo-kentän porametrikustannukset ovat 15 % kalliimmat kuin emulsiokentän. Laskentapohjan lopussa on kerrottu myös anfokentän ominaispanostus [kg/m³tr].

7 KUSTANNUSTEN VERTAILU EMULSIO- JA ANFOKENTISSÄ

Tässä luvussa vertailen emulsio- ja anfokenttien kustannuksia. Otan vertailussa huomioon seuraavat tekijät: porametrit, räjähdysaineiden menekki, työaikakustannukset, räjäytysnallit, hidasteet, km-korvaukset, kentän suunnitteluun käytetty aika ja työrasitus.

Kustannuksien vertailu pohjautuu tekemääni Excel-tilaukseen, laskentapohjaan. Tulen antamaan laskentapohjan Lemminkäisen käyttöön, kun opinnäytetyöni valmistuu.

Päätimme käyttää Forcit Explosives Ab:n OVH-hintoja, koska ne ovat kaikkien saatavilla eikä Lemminkäinen Infra Oy halua julkaista omia määrälennusprosentteja. Kaikilla yrityksillä on oma sopimus Forcitin kanssa räjähdysaineiden hinnoista.

Kerron kaikissa alaotsikoissa, mitä määreitä olen käyttänyt ja mitkä hinnat niihin pätevät. Vertailen hintoja määrällisesti ja prosentuaalisesti.

Lähtöarvoina vertailussa tulen käyttämään seuraavia arvoja:

Kentän koko:	5000 m ³ ctr
Rintauksen korkeus:	14 m
Reikäkoko:	83 mm ø
Etäisyys tehtaalta n:	151 - 200 km
Pohjapanos:	Fordyn ø60 (kokonainen)
Pintapanos:	Fordyn ø24
Vesimäärä:	20 %
Suun. kansi:	2 m
Kevennyskemiitti:	Kemix ø50
Kevenny anfo:	Kemix ø50

Käytän näitä arvoja, koska tämän kokoinen kenttä on hyvin yleinen. Vaikka yhteiskustannus on melkein sama, niin on siinä hyvä vertailla, mistä kustannukset muodostuvat ja kuinka paljon eroa eri osa-alueet aiheuttavat. Se, että lopulliset kustannukset ovat melkein yhtä suuret 5000 m³ctr:n kentällä, kertoo jo paljon emulsion edullisuudesta.

7.1 Porametrit

Porametrikustannukset ovat toiseksi suurimmat vertailtaessa työkustannuksia räjähdysainekustannuksia ja porametrikustannuksia. Koska emulsiokenttä porataan isompaan ruutuun, tässä esimerkissä $2,4 \times 3,2 = 7,68 \text{ m}^2$, niin porametrinä laskee huomattavasti. Anfokenttä sen sijaan porataan ruutuun $2,3 \times 2,8 = 6,44 \text{ m}^2$. Silloin anfokenttään tulee 781 porametriä, kuin taas emulsio kenttään vain 660 m. Kustannuksia vertaillen emulsiokentän porametrikustannukset ovat 2303 € eli 19% halvemmat kuin anfokentässä.

7.2 Räjähdyssaine kustannukset

Räjähdyssainekustannukset ovat suurin tekijä kokonaiskustannuksia vertaillessa. Tässä kentässä emulsiokentän räjähdysainekustannuksiksi muodostui 5197 €, joka on 1498 € kalliimpi kuin anfokentän räjähdysainekustannukset. Tässä tulee kuitenkin huomioda, että kentän vesimäärä on vain 20 %. Kalliin Ahti-Anfon osuus on siis vain 20 % anfon kokonaismenekistä. Emulsion hinta muodostuu siitä, kuinka kaukana kohde on räjäytystyökentästä ja kuinka paljon itse emulsiota menee kenttään.

7.2 Työaikakustannukset

Emulsiokenttään on laskettu, että siihen tarvitaan työnjohto (70 € / h), ylipanostaja (60 € / h). Anfokenttään on taas laskettu Työnjohto (70 € / h), ylipanostaja (60 € / h), apulainen (50 € / h) ja yksi Forcitin mies (40 € / h). Forcitin miesten työaika on kummassakin kentässä sama 4 h henkilöä kohti. Omille miehille on työaikaa laskettu 8 h henkilöä kohti. Näin ollen emulsio kentän työaikakustannuksiksi muodostuu 1040 €, joka on 800 € vähemmän kuin emulsiokentässä. Tämä on prosentuaalisesti 44 %. Km-korvauksia emulsiokentässä tulee 110 € joka on pakettiauton kustannus 200 kilometrille ja anfo-kentässä 132 €. Km-korvaukset emulsiokentässä ovat siis 20% halvemmat.

7.3 Räjätysnallit ja hidasteet

Otin tarkasteltavaksi myös räjäytysnallit ja hidasteet. Tämä on iso kustannuserä kentissä. Emulsiossa porausruutu on isompi. Tämän takia reikiä tulee vähemmän ja näin ollen nallien kulutus pienenee emulsiokentässä verrattuna anfokenttään. Tässä kentässä räjäytysnallien ja hidasteiden yhteishinta emulsiokentässä on 410 € eli 28 % halvemmat kuin anfokentässä.

7.4 Yhteiskustannukset

Kenttien yhteiskustannukset ovat melkein samat vain prosentin ero (1,3 %). Emulsiokenttä on yhden prosentin halvempi, mikä on sinänsä pienoinen yllätys. Jos kenttä olisi vesimäärältään yhtään suurempi, niin anfo-kentän kustannukset nousivat huomattavasti räjähdysaineiden kustannuksien kohdalla. Tämä johtuu siitä että ahti-anfo on paljon kalliimpaa kuin anfo (55 % kalliimpaa). Kun vertailaan eri kenttien yhteiskustannuksia niin anfokenttä on ainostaan halvempi, 5000 - 8000 m³ctr kokoisissa kentissä ja tämä vaatii sen, että kenttä on täysin kuiva (vesimäärä 0 %). Kun kentän vesimäärä on suhteellisen pieni 0 – 20 % ja kenttäkoko on 0 - 8000 m³ctr, yhteiskustannukset menevät aikalailla käsikädessä vain 4 %:n heittoja. Kun mennään isompiin kenttiin, esimerkiksi 9000 m³ctr, ero on jo 6 % emulsiokentän hyväksi.

Taulukko 8 Kustannuksien vertailu eri kentissä.

Kenttäkoko [m ³ ctr]	Rintauksen korkeus [m]	Vesimäärä [%]	Toimitusmatka [km]	Emulsiokenttä [€]	Anfokenttä [€]	Ero [€]	Ero [%]	Halvempi
3000	14	0	200	5815	5999	184	3,07	Emulsio
5000	14	0	200	8875	8445	-430	-5,09	Anfo
8000	14	0	200	12469	12125	-344	-2,84	Anfo
12000	14	0	200	16933	17117	184	1,07	Emulsio
16000	14	0	200	21872	21950	78	0,36	Emulsio
20000	14	0	200	27122	26906	-216	-0,80	Anfo
3000	14	20	200	5815	6221	406	6,53	Emulsio
5000	14	20	200	8875	8757	-118	-1,35	Anfo
8000	14	20	200	12469	12625	156	1,24	Emulsio
12000	14	20	200	16933	17867	934	5,23	Emulsio
16000	14	20	200	21872	22950	1078	4,70	Emulsio
20000	14	20	200	27122	28144	1022	3,63	Emulsio

8 PÄÄTELMÄT

Tutkimukseni mukaan emulsiokenttä on lähes aina halvempi, poikkeuksena on vain täysin kuiva kenttä, eli anfo kentässä ei tarvitse ahti-anfoa. Tämä tutkimustulos on jokseenkin yllättävä. Lähtiessäni pohtimaan aihetta ajattelin, että löydän jonkin kenttäkorajan, jolloin emulsiopanostus tulee halvemmaksi. Pohdin aluksi, että pienemmillä kentillä anfopanostus tulee aina halvemmaksi. Laskentapohjan avulla suorittamani tutkimuksen lopputulos on kuitenkin erilainen.

Kenttien kustannukset ovat kuitenkin suhteellisen lähellä toisiaan, kun kenttä on kuiva. Mutta jos kenttä on märkä ja iso, niin emulsiopanostaminen tulee paljon halvemmaksi.

Emulsiopanostus on työmäärältään ja rasitukseltaan helpompaa. Se säästää niin apulaisia kuin ylipanostajiakin.

Pitää muistaa, että louhintatöissä on aina myös kova henkinen rasitus. Emulsiopanostaminen ei ole niin tuttua räjäytystyönjohtajille eikä ylipanostajille kuin anfopanostaminen. Tämä aiheuttaa stressiä ja sydämen tykytyksiä räjäyttäessä räjähdysaineella, jota ei tunneta niin hyvin. Tähän apuna on vain ja ainoastaan räjähdysaineeseen tutustuminen ja sen käyttäminen.

On kuitenkin rajoittavia tekijöitä, jotka vähentävät emulsion käyttöä huomattavasti. Yksi suurimmista tekijöistä on sen huono saatavuus. Emulsioauto pitää tilata viimeistään viikkoa ennen ampua. Tämä taas korostaa merkittävästi suunnittelun tarvetta. Pitää olla koko ajan tehtynä kaksi viikkois-suunnitelma. Kun tulee ongelma esimerkiksi, ettei rintausta ole saatu tarpeeksi auki, eli räjäytys siirtyy syystä tai toisesta seuraavalle päivälle on suuri ongelma edessä. Tämä ongelma on saada siirrettyä emulsioauto päivällä eteenpäin, sekä emulsioauto on yleensä siinä kohden jo varattuna. Pohjoisessa tähän ongelmaan törmättiin jonkun kerran, mutta yleensä saatiin selvitettyä asia toisten urakoitsijoiden ja Forcitin väen kanssa. Tämä on pohjoisessa helpompaa, koska tilaajia on vähemmän.

Etelässä emulsioautojen kysyntä on vielä kovempaa ja kuullun perusteella autoissa on myös enemmän ongelmia. Nämä tekijät ovat aiheuttaneet mielipahaa ja epäonnistumisia usein. Uskon emulsion käytön vähyys johtuvan enemmänkin tästä kuin esimerkiksi sijainnista, kustannuksista tai emulsion tehosta.

Toinen iso tekijä on se, etteivät Forcitin panostajat ole aina ammattitaitoisia tai eivät tunne emulsion käyttäytymistä tarpeeksi hyvin, jolloin ongelmaksi tulevat ylitäytetyt rei'ät. Tämä taas aiheuttaa sen, että kiviä sinkoilee enemmän. Tämä on vaarallista varsinkin lähellä asutusaluetta.

Emulsioautoissa on myös ollut vikaa. Milloin on mennyt tietokone ja milloin on mennyt pumppu rikki. Katsoisinkin, että Forcitin tulisi panostaa enemmän laatuun ja lisättävä määrää lisääntyvän kysynnän takia. Toisaalta ajattelisin, että Lemminkäisen tulisi harkita muitakin räjäytysaineen toimittajia, koska niitä on tulossa markkinoille lisää.

Uskoisin, että anforkentän voi tehdä tarkempaan kuin emulsiokentän. Tarkkuuslouhinnassa ja asutuksen lähellä joudutaan edelleen käyttämään pelkästään patruunoita.

Anfopanostaminen on tuttua ja turvallista, mutta ei niinkään kustannuksien (paitsi isoilla kentillä) vaan työrasituksen vuoksi tulisi lisätä emulsiopanostuksen käyttöä.

Vielä mielipide räjäytyksen lopputuloksesta: räjäytyksessä pyritään siihen, ettei jää kovin paljon rikkoja. Emulsiokentissä jää jonkin verran enemmän rikkoja, koska kansi pitää jättää isommaksi ja ruutu on suurempi kuin anfolla panostessa. Kuitenkin ammun laadun vaihtelu, ainakin massalouhinnassa, on näitä kahta vertaillen vähäinen.

KUVAT

- Kuva 1. Fordyn-Dynamiitti, s. 7
- Kuva 2. Kemix A, s. 7
- Kuva 3. Anfo & Ahti-Anfo, s. 8
- Kuva 4. Kemiitti 510, s. 10
- Kuva 5. Excel laskentapohja, s. 16

TAULUKOT

- Taulukko 1. Reikäkoon ja räjähdysaineen kulutuksen suhde, s. 18
- Taulukko 2. Reikäkoon ja ruudun suhde, s. 19
- Taulukko 3. Kemiitin hinta, s. 19
- Taulukko 4. Ahti-anfon määrä (reikäkoko 83ø) , s. 20
- Taulukko 5. Porametrikustannukset eri kruunuilla, s. 22
- Taulukko 6. Työaikakustannukset kemiittikentässä, s. 22
- Taulukko 7. Työaikakustannuksen Anfokenttä, s. 23
- Taulukko 8. Kustannuksien vertailu eri kentissä, s. 27

LÄHTEET

Oy Forcit Ab:n kotisivut. <http://www.forcit.fi> (luettu 10.10.2010)

Lemminkäinen infra Oy:n kotisivut. <http://www.lemminkaineninfra.fi> (luettu 15.10.2010)

Forcit Explosives räjähddeainehinnasto 1/2010 Oy Forcit Ab

Räjäytys- ja louhintatyö järjestysohjeet 2010, FINLEX

Vuolio, Raimo & Halonen, Tommi. 2010. Räjäytystyöt. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.