

Matti Westerlund

Murskausprosessin automatisointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

23.3.2013

Tekijä(t) Otsikko	Matti Westerlund Murskausprosessin automatisointi
Sivumäärä Aika	39 sivua + 2 liitettä 23.3.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Infra
Ohjaaja(t)	Aluepäällikkö Jan Liimatainen Tuntiopettaja Kai Kouvo
<p>Tässä insinööriyössä tutkittiin murskauslaitoksen automatisointiin liittyvää hanketta NCC Roadsin kannalta. Metso Oy toteutti DNA-järjestelmän sekä vastasi siihen tarvittavien komponenttien toimittamisesta ja asentamisesta. Projektin lopuksi myös Metso Oy toimitti raportin toteutetusta hankkeesta. Raportteja tarkasteltiin ja vertailtiin osapuolten kesken.</p> <p>Insinööriyössä esitellään murskausprosessi ja sen laitteisto. Pohditaan mahdollisia ongelmakohtia joita sinä esiintyy sekä tarkasteltiin prosessin tuottavuutta Metso Oy:n tuottaman Bruno-ohjelman avulla. Tiedot näistä perustuvat työmaalla tehtyihin haastatteluihin sekä Metso Oy:n laitteistoon pohjautuviin asiakirjoihin.</p> <p>Tämä työ sisältää myös DNA-järjestelmästä saatavilla olevien raporttien esittelyn sekä niistä kerätyn informaation vertailua. Lopuksi pohditaan projektin kannattavuutta NCC Roadsin kannalta sekä kerrotaan yhteenvedossa keskeisimmät seikat, jotka koettiin merkittävimiksi koko hankkeen aikana sekä tulevaisuudessa.</p>	
Avainsanat	Murskain, automaatio, murske, vertailu

Author(s) Title	Matti Westerlund Automatization of crushing proses
Number of Pages Date	39 pages + 2 appendices 23 March 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Infrastructure
Instructor(s)	Jan Liimatainen, Area Manager Kai Kouvo, Lecturer
<p>Purpose of this thesis was to produce a report for NCC Roads from the automatization project in crushing site in Ohkola. Metso Minerals supply and install all the goods which are mainly needed to create an automation program and system. In the end of the project Metso Oy also create similar report; reports has been compared with each other and results have been analyzed afterwards.</p> <p>The thesis includes introduction of crushing proses and it`s machines and equipment. Also errors and problems of the proses have been stated in the report. Effectivity of proses has been analyzed by Bruno- Program which is launched by Metso Oy. All the information has been collected by interviewing persons working in crushing site; data information is based on automation system. Metso`s machine manuals have been used in the part of proses introduction.</p> <p>In part of data- analyze includes introductions of statistics which has been compered in thesis. Profitability from point of NCC has been considered in the end of the report. Summary also includes some speculation from reasons which may cost a lack of actual information in this project.</p>	
Keywords	crushing, automatization, gravel

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Maapallon rakenne	2
2.1	Syväkivet ja graniitti	2
2.2	Suomen maaperän rakenne	3
3	Murskeiden käyttö Suomessa	3
3.1	Ympäristö ja luonnonvarat	4
4	Murskausprosessi	5
4.1	Murskausalueella liikkuminen	5
5	Murskauksen lähtökohdat	6
5.1	Prosessikaavio	6
5.1.1	Syötin	7
5.1.2	Esimurskaus	8
5.1.3	Välimurskaus	10
5.1.4	Väliseulonta	10
5.1.5	Seulaverkot	11
5.1.6	Välivarastointi	12
5.1.7	Loppumurskaus	13
5.1.8	Loppuseulonta	14
6	Murskeet	15
7	Bruno-ohjelma	16
8	Tarjouksen sisältö	19
8.1	Komponentit ja toimituksen sisältö	19
9	Kauppasopimus	20
9.1	Suorituskyvyn mittaus	21
9.1.1	Vaa`at ja tasosensorit	22

9.2	Häiriöt	23
9.2.1	Prosessihäiriöt	23
9.2.2	Riittämätön syötekivi	24
9.2.3	Sääolosuhteet	24
9.3	Häiriöiden vaikutus tuloksien vertailussa	25
10	Päiväkirja ja sen merkitys	26
11	Fat-testaus	26
11.1	Metso DNA-ohjelmisto	27
11.2	Metso DNA -ohjelmistosta saatavat raportit	28
12	Jatkotutkimuksien eteneminen	29
13	Data-analyysi	30
14	Data-analyysin taustat	31
14.1	Hihnavaaka-analyysit	32
14.1.1	GP500 hihna-analyysi	33
14.1.2	GP300 hihna-analyysi	33
14.1.3	GP550 hihna-analyysi	34
14.2	GP500 päivätuotanto	34
14.3	Hihnavaaka-analyysi murskaimelta GP500	35
15	Automaattiohjauksen toiminnan perustaa	37
16	Energian kulutus	38
17	Yhteenveto	39
	Lähteet	40

Liitteet

Liite 1. Bruno- ohjelmalla tehty malli.

Liite 2. Ohkolassa sijaitsevan murskauslaitoksen prosessikaavio.

Lyhenteet ja käsitteet

Bruno	Metso Oy:n prosessin mallinnusohjelma
CSS	Closed side setting, lyhyin mitta karamurskaimen leukojen välissä
DNA ja Metso DNA	Metso Oy:n automaatiojärjestelmä
Dumpperi	Ruotsalainen maansiirtoajoneuvo
FAT-testaus	Factory Acceptance Testing
Karamurskain	Murskainlaitteen toimintaperiaate
Leukamurskain	Murskainlaitteen toimintaperiaate
MN/m ²	Paineen yksikkö Mega Newtonia neliömetrille
NCC	Nordic Construction Company
t/h	Tehokkuuden mittayksikkö, tonnia/ tunnissa
6-16; 3-6 yms.	Kiven halkaisija, mitta millimetreissä

1 Johdanto

Seuraava insinööriö käsittelee kallionmurskaamista Suomessa. Alussa kerrotaan hieman Suomen maaperän muodostumisesta sekä kalliomurskeiden käytöstä Suomessa. Perehdytään hieman käyttömääriin sekä ympäristön kuormittamiseen. Työn tutkivat osat perustuvat kalliomurskausprosessin automatisoinnin vaikutuksiin. Työssä tullaan tarkastelemaan saavutettuja hyötyjä tuottajan kannalta. Tutkimusmateriaalin kerääminen perustuu pitkälti Ohkolan murskauspisteellä tapahtuvaan kehitystyöhön jota automatisoinnilla tavoitellaan.

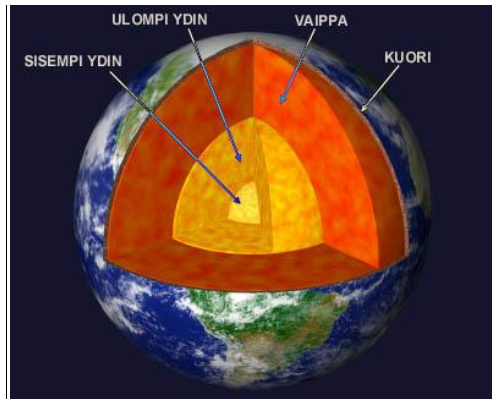
Tämä insinööriö tehdään NCC lle, toteutuskohteena on Ohkola: ssa sijaitseva murskaamo. NCC:n tavoitteena on automatisoida murskausprosessi, DNA järjestelmä tilattiin Metso Oy:ltä, joka myös käytännön asennukset suoritti.

Asennuksia edeltää kuitenkin huomattava määrä prosessin mallintamista Bruno-ohjelmalla, joka perustuu Metson tuotepohjaisen prosessin tehojen tarkasteluun. Mallien luomisen lisäksi tässä työssä käydään prosessin kaikki vaiheet läpi ja kerrotaan siinä olevasta kalustosta sekä niiden toimintatavoista. DNA:n asennuksen jälkeen kerätään tulokset tietokannasta analysointia varten, joka on tämän työn tarkoitus. Tiedonkeräys ja analysointi tapahtuvat kolmessa kolmenviikon jaksossa sekä kolmessa yhden viikon jaksossa. Yhden viikon jaksot ovat tiedon analysointia varten varattua aikaa, nämä jaksot sijoittuvat jokaisen tiedonkeruujakson jälkeen suoritettavaksi.

Viimeisimpänä vaiheena tässä työssä kerrotaan tulosten vertailun toteuttamisesta sekä esitetään niistä saadut tulokset. Tuloksia tullaan analysoimaan sekä pohditaan niiden vaikutuksia tulevaisuudessa suoritettavan kalliomurskauksen kannalta. Tätä seuraa lopullinen yhteenveto koko työn suorittamisen ajalta.

2 Maapallon rakenne

Maapallo voidaan jakaa kolmeen eri kerrokseen; *ytimeen, vaippaan ja kuoreen*. Kuoren paksuus vaihtelee suuresti välillä 5 km – 100 km. Se on suhteessa maapallon halkaisijaan erittäin ohut. Maankuori ei ole yhtenäinen kerros kiviainesta vaan koostuu viidestätoista (15) eri laatasta, jota kutsutaan myös mannerlaatoiksi [1].



Kuva 1. Maapallon rakenne. Suomen maaperä on syntynyt kuorikerroksessa. [2]

Kivilajit jaetaan niiden syntytapojen perusteella neljään eri luokkaan. Nämä luokat ovat nimeltään *syväkivet, pintakivet, sedimenttikivet* sekä *metaforiskivet*. Viidenteen luokkaan kuuluvat mineraalit, ne eroavat muista luokista siten, että niillä on jokin kemiallinen kaava.

2.1 Syväkivet ja graniitti

Graniitti on tyypillinen *syväkivi*. Graniitti syntyy syvällä maankuoressa, jossa kivila alkaa hitaasti jähmettyä. Hitaasta jähmettymisestä johtuen kideaineet kasvavat suuriksi ja karkeiksi osiksi, jotka ovat havaittavissa ihmis-silmällä. *Syväkivien* syntytavasta johtuen ne muodostuvat ns. suuntautumattomiksi, jolla tarkoitetaan kiven rakenteen muuttumattomuutta eri tarkastelusuunnissa. Graniitti muodostuu siis erilaisista aineyhdistelmistä. Erilaiset yhdistelmät muodostavat graniitille toisistaan poikkeavia ominaisuuksia. Helpoiten havaittavissa oleva piirre on sen väri [1].



Kuva 2. Harmaa graniitti, joka on yleisimpiä graniitteja Suomessa.[3]

Harmaan graniitin lisäksi Suomessa on yleisesti tavattavissa myös puna- ja mustagraniittia. Jokaisella näistä on värin lisäksi myös erilaiset lujuudet ja rapautumisominaisuudet.

2.2 Suomen maaperän rakenne

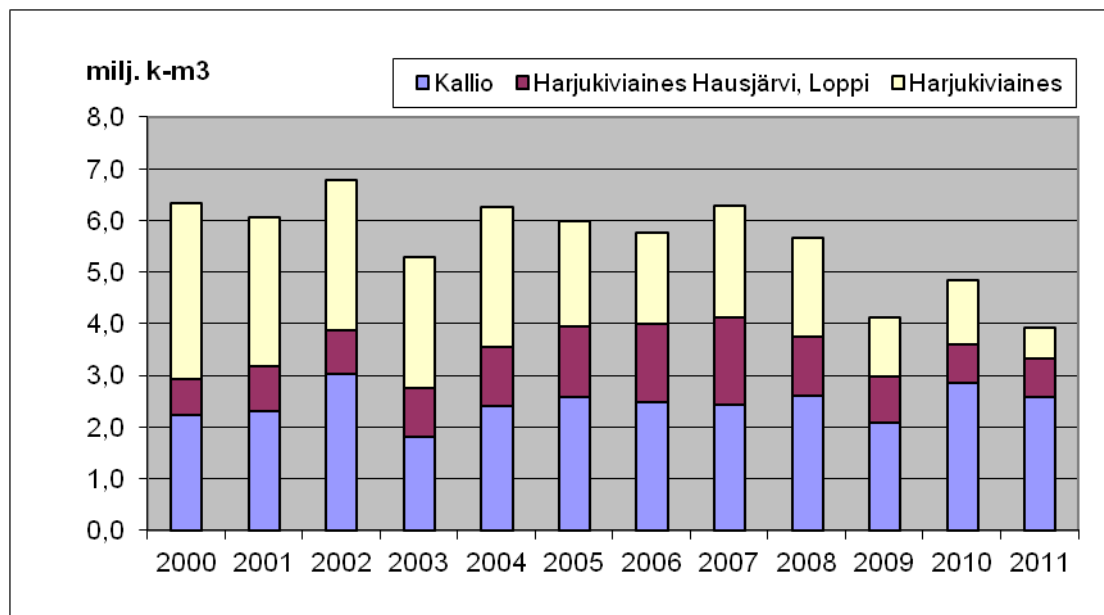
Maaperä Suomessa on erittäin vanha, se on n. 2,5 miljardin vuoden ikäinen. siitä on kuitenkin löydetty merkkejä jopa 3 miljardin vuoden takaa, tutkimuksissa on havaittu merkkejä ainakin kahdesta eri vuorijonosta sekä tulivuorista. Aikojen saatossa on kuitenkin rapautunut ja liikkunut maankuoren mukana, jolloin vuoristot ovat tasoittuneet. Tällöin on muodostunut nykyinen maankuoremme rakenne. Syväkivet (joihin myös graniitti kuuluu) muodostavat Suomen maaperästä suurimman osan n. 53 %, loput 47 % ovat eri kivilajien muodostamaa. Suomen kallioperä ja muodostuneet kivilajit ovat verrattain huomattavasti kovempaa kuin muissa maissa, parhaimmat puristuskokeen tulokset ovat olleet jopa 400 MN/m^2 [1].

3 Murskeiden käyttö Suomessa

Luonnonvaraisten soravarantojen käyttöä rajoitetaan jatkuvasti enemmän, vaikka sitä onkin taloudellisempaa käyttää rakennushankkeiden toteuttamisessa. Tuo tarvittava maa-ainesmäärä on otettava tuolloin jostakin muualta, suurin osa siitä saadaan luvanvaraisilta louhimoilta sekä rakennushankkeiden yhteydessä vapautuvasta kiviaineksesta. Kalliomursketta ja louhetta käytetään vuosittain noin 100 miljoonaa tonnia, tästä määrästä n.80 % saadaan luvanvaraisilta louhimoilta ja loput 20 % saadaan rakenta-

misen yhteydessä. Luvanvaraisia kiviaineslouhimoita Suomessa oli vuonna 2007 tuhatkaksisataa (1200) kappaletta. Yli puolet kaikesta rakentamisessa käytettävästä kiviaineksesta tuotetaan louhimalla. Uudenmaan alueella vastaava luku on vieläkin suurempi, vuonna 2010 se oli saavuttanut 70 % osuuden, joka tulee kasvamaan vielä suuremmaksi tulevaisuudessa [4].

Kuvaaja 1. Kuvaajassa esitetty Uudellamaalla otetun kiviaineksen määrää vuosina 2000- 2011. Harjukiviaines on otettu Hausjärveltä ja Lopelta. Kuvaajasta on helppo todeta murskatun kallion määrän kasvaminen suhteessa muihin kiviaineksiin. [5]



3.1 Ympäristö ja luonnonvarat

Louhimalla tuotetun kiviaineksen käyttö on lisännyt kustannuksia rakentamisessa sekä aiheuttanut ympäristölle lisäkuormitusta. Maa-ainesta joudutaan nykyisin kuljettamaan huomattavasti pidempiä matkoja, mikä jo itsessään lisää ympäristökuormaa. Laadukaiden murskeiden tuottaminen mekaanisesti vaatii paljon energiaa, sekä muokkaa luonnonmukaista ympäristöä. Olisikin tarkoituksenmukaista pyrkiä kehittämään menetelmiä ja tapoja, joilla voitaisiin hyötykyttää jo murskattuja kiviaineksia. Muussa louhintatyössä kuten rakennuskivilouhimoilla syntyy jatkuvasti suuria määriä niin kutsuttua sivukiveä. Sivukivet varastoidaan ”myöhempää käyttöä varten”, jo tämä varanto on

verrattain suuri, mutta sitä ei juurikaan voida hyödyntää rakentamisessa, koska sen kuljetuksista koostuva hinta on liian suuri [5].

Suomessa on runsaasti tarjolla maa-ainesta, jota voidaan hyödyntää laadukkaiden murskeiden tuotannossa. Mekaanisesti tuotettujen murskeiden käytön lisäys ei ole kuitenkaan pelkästään luontoa rasittavaa, se on myös osa tulevaisuutta. Tuotettujen murskeiden osuuden kasvaessa voimme säästää jo vähenemään päin olleita luonnonmukaisia kiviesiintymiä kuten harjuja [6].

4 Murskausprosessi

Louhintalaitteiden valmistus ja kehitys on suuressa roolissa työtä kehitettäessä, koska työ tapahtuu täysin koneistetusti. Koneiden kehitys tapahtuu yhdessä sidosryhmien kesken. Murskaimien valmistaja on tässä prosessissa kuitenkin merkittävimmissä roolissa. Osalla valmistajista on mallinnusohjelmia, joilla voidaan mallintaa murskausprosessia ja tarkkailla sen toimivuutta. Ohjelmilla voidaan luoda suuntaa-antavat tulokset laitteiden lopputuotannon tuotteista ja tehokkuudesta. Tässä projektissa tullaan perehtymään tämän kaltaisella mallinnusohjelmalla toteutettuun prosessikaavioon. Kaaviota tullaan tarvitsemaan myöhemmässä vaiheessa kehitystyössä, sekä murskainten automaattisen optimoinnin toteutuksessa [7].

Tällä hetkellä murskaimia ohjataan manuaalisesti ohjainpaneelistä, joka on kytketty murskaimeen. Jokaista prosessin osaa joudutaan säätämään yksilöllisesti. Tavoitteena olisi luoda prosessille ohjaamo josta voidaan säätää kaikkia murskausprosessissa käytettäviä laitteita samalta tietokoneelta. Toimiva järjestelmä tuo tehokkuutta tuotantoon, koska koneet saadaan toimimaan jatkuvasti parhaalla mahdollisella teholla [7].

4.1 Murskausalueella liikkuminen

Louhintatyössä on monta erittäin vaarallista työvaihetta. Louhoksilla käytännössä kaikki tarvittavat koneet ja laitteet ovat erittäin suuria, eikä näin ollen ole varaa inhimillisiin virheisiin, koska seuraukset saattavat olla erittäin kohtalokkaat. Tästä johtuen työmaal-

la noudatetaan samoja määräyksiä turvallisuuden suhteen kuin talonrakennuksessa ja muussa rakentamisessa. Louhoksella liikuttaessa on ensisijaisen tärkeää ja pakollista käyttää aina huomiovaatteita, kypärää, kuulosuojaimia sekä silmäsuojia [7].

Louhoksella liikkuu jatkuvasti vilkas työmaaliikenne, joka muodostuu työkoneista ja raskaasta liikenteestä. Liikuttaessa jalan on syytä kiinnittää huomiota ympärillä työskenteleviin työkoneisiin ja siihen, että niiden kuljettajat myös havaitsevat jalankulkijan [7].

Koneen korvattaessa ihmisen rooli työssä, saadaan turvallisuutta parannettua, koska ihmisen tekemä inhimillinen virhe saadaan poistettua. Inhimillisestä virheestä johtuvien työtapaturmien määrä on 1- 3 %, joka voidaan poistaa toimivilla automaatioasennuksilla [7].

5 Murskauksen lähtökohdat

Ohkolan murskaamalla murskataan alueelta louhittua kiviainesta, joka muodostuu keskikovasta harmaasta graniitista. NCC on tilannut louhintatyön ulkopuoliselta urakoitsijalta, joka suorittaa louhintaa alueella kerran viikossa. Tavoitteena on saada räjäytettyä kalliomassaa halkaisija mitaltaan maksimissaan 600 mm kokoiseksi. Louhintaurakoitsija suorittaa ylisuuren kiven rikotuksen. Maksimikoko 600 mm määräytyy etumurskaimen kapasiteetin perusteella [7].

5.1 Prosessikaavio

Murskausprosessi on suunniteltu toimimaan kolmeosaisena, ensimmäinen osa sisältää leukamurskaimen ja välimurskaimen. Ensimmäisten kahden murskaimen jälkeen kiviaines on murskattu optimaalisen kokoiseksi loppumurskausta varten. Kiviaines murskataan välivarastoon ennen lopullisen tuotteen valmistamista. Tämä mahdollistaa katkeamattoman tuotannon, vaikka jokin osa prosessista olisikin häiriöstä johtuen toimintakyvytön [7].

Yleisesti murskaantumista tapahtuu etumurskaimessa leukojen välisenä murskaantumisena sekä kiviaineksen välisenä murskaantumisena. Kiviaineksen välinen murskaan-

tuminen aiheutuu kivien hankaantuessaan toisiaan vasten. Prosessikartta on tarkasteltavana liitteenä 2 [7].

5.1.1 Syötin

Syöttimellä erotellaan louhe alle ja yli 80 mm halkaisijan suuruuden perusteella. Maansiirto-urakoitsija kuljettaa louhittua kiveä syöttimelle, kuljetus tapahtuu dumperilla. Louhoksen reunalta menee teräs-silta syöttimelle, jolle kuljettaja peruuttaa ja kippaa kuorman. Syötin on kiinnitetty etumurskaimeen, syötintä ja etumurskainta ei osaa erottaa erillisiksi laitteiksi ellei sitä olisi kerrottu. Syöttimen pohja on rakenteeltaan metalliarina (välppä), joka on avoinna 80 mm. Kaikki alle 80 mm kiviaines tippuu suoraan välppän läpi hihnakuljettimelle, suuremmat kappaleet jäävät arinalle, josta ne työntyvät täri-nän vaikutuksesta etumurskaimeen. Etumurskain ohjaa automaattisesti syöttimen toimintaa [8] ja [7].



Kuva 3. Metso Oy:n valmistama syötin, jossa nähtävissä myös välppäosa.[9]

Syöttimen etuosa on kumipinnoitteista metallia, louhe ajetaan tälle alueelle. Tätä osaa seuraa itse arinarakenne, jonka tehtävänä on erotella kiviaines sekä työntää arinaa läpäisemätön kiviaines etumurskaimelle [7] ja [8].



Kuva 4. Dumperi kuljettaa louhetta syöttimelle, joka on liitettyä etumurskaimeen.[10]

Syötin ja etumurskain muodostavat yhdessä murskausprosessin ensimmäisen murskausvaiheen.. Laitteisto on liitetty saumattomasti yhteen, joten niitä on maallikkona vaikea erottaa toisistaan [7].

5.1.2 Esimurskaus

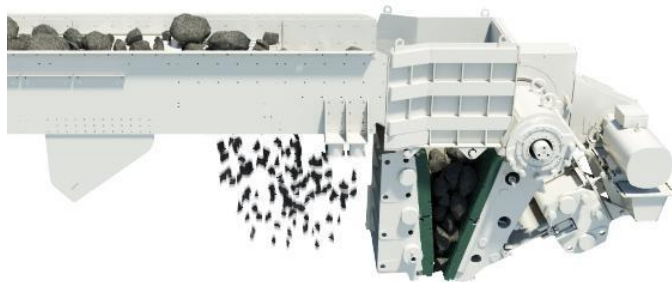
Etumurskain on tyypiltään leukamurskain, jossa liikkuvaleuka murskaa kiviaineksen kiinteää leukaa vasten. Leukojen välinen kita pienenee pohjaa kohti mentäessä. Syötekiven koko vaihtelee välillä 300 mm – 600 mm. Murskauksen kannalta suurin hyöty saavutetaan kun jokainen murskauksen erillinen murskaus pystytään suorittamaan suhteessa 1:3 tai 1:4. 1:2 olisi kaikkein paras, mutta se on käytännössä erittäin vaikea toteuttaa koska silloin kivet pitäisi pystyä halkaisemaan vain kahtia. Suhteesta voidaan siis laskea, että leukamurskaimen läpituullut kiviaines on n.150-200 mm kokoista. Leukojen läpi tullut maa-aines tippuu samalle kuljettimelle, jolle välpän läpäissyt maa-aines kulkeutuu [7].

Leukamurskaimen poiskuljettimella on siis nyt kiviainesta kooltaan 0-200 mm. Kuljetin kuljettaa kivet seuraavalle murskaimelle, eli välimurskaimelle.



Kuva 4. Leukamurskain mallia C125. Leukojen vihreä osa on leuan terä, joka vaihdetaan kun terät ovat kuluneet [9].

Leukamurskaimeen tuleva kiviaines valuu painovoimaisesti alaspäin. Leukojen väli pienenee alaspäin mentäessä, leukojen alimman kohdan eli MIN_{lap} voidaan mekaanisesti säätää haluttuun mittaan. Leukojen toinen puoli on täysin kiinteä, eli se ei liiku. Toinen osa leuoista liikkuu sähkömoottorin voimalla kiinteää leukaa kohti ja näin murskaa kiviaineksen sitä vasten [7] ja [8].



Kuva 5. Syötin ja etumurskainyhdistelmä [9]

Murskaamon rakentamisen yhteydessä syötin ja etumurskain liitetään kuvan 5 mukaisesti yhdistelmäksi. Edellä esitetystä kuvasta 5 voi helposti havaita alle 80 mm kiviaineksen erottumisen välpällä, kivet putoavat hihnakuljettimelle, joka kuljettaa maaaineksen seuraavalle murskaimelle.

5.1.3 Välimurskaus

Välimurskain on tyypiltään ns. karamurskain, jossa kara hieroo kiviainesta kiinteää kuorirakennetta vasten. Karalla on pyörivä liike. Välimurskain on huomattavasti kookkaampi ja tehokkaampi kuin prosessin lopussa olevat hienomurskaimet, jotka myös ovat karamurskaimia [7].

Välimurskaimen terä on yleensä karamurskaimista karkein. Välimurskauksen ongelmana usein onkin se, että etumurskain ei pysty tuottamaan riittävästi ainesta välimurskaimelle, jotta tämä saataisiin jatkuvasti toimimaan 100 % tehokkuudella. Välimurskaimelta tuleva aines on valmista tuotetta kooltaan 0- 90 mm tai syötekiveä kooltaan n. 50 – 125 mm asetuksista riippuen. Välimurskauksen jälkeen kiviaines kulkeutuu prosessin ensimmäiselle seulalle [7].



Kuva 6. Välimurskain. Karamurskain on liitetty kuorma- autolla liikuteltavalle alustalle.[10]

5.1.4 Väliseulonta

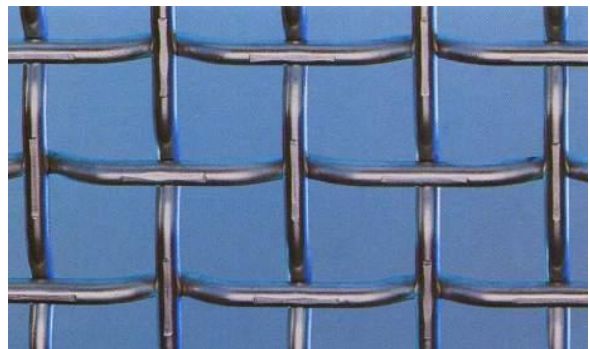
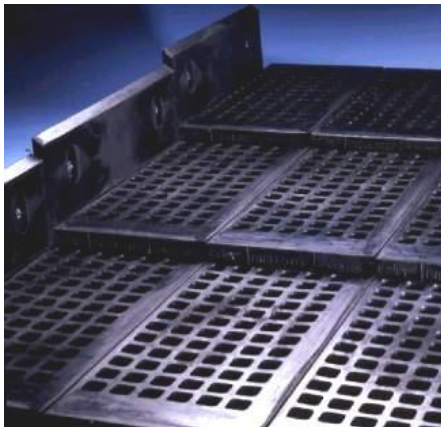
Seula 132 erittäin karkea seula ja siinä on vain kaksi tasoa. Seula seulo kiviainesta valmiiksi tuotteeksi sekä välivarastoon. Tämä seula on murskausprosessin toisen vaiheen viimeinen osa, ennen hihnakuuljetinta välivarastolle. Seulalta saadaan yksi valmis

tuote, se on joko 0-16 mm, 0-32 mm tai 0-55 mm asetuksista riippuen. Lajikevalinta perustuu tietenkin kysyntään. Mikäli esim. 0-16 mm mursketta on tilattu tai kysyntä on suuri, käytetään seulalla tietysti asetuksia, jotka tuottavat tätä mursketta [7].

Seulonnassa on muutama hyvä ”nyrkisääntö”. Päälimmäinen verkko on aina ns. suojaverkko, jonka tarkoituksena on estää liian suurien kivien suora kulkeutuminen tiheille verkoille. Tämä voisi aiheuttaa verkkojen nopean rikkoontumisen tai liian suuren kuormituksen. Toinen huomioitava ilmiö tulee esille verkonsilmäkokoja valittaessa. Mikäli tarkoituksena on seuloa lajiketta 0-16 mm, tulee verkon silmäkoon olla 18 mm. Verkon tärinä ja nopea ellipsin muotoa pyörivä liike tehostaa läpäisyä, joten 2 mm suurempi silmäkoko tuottaa halutun lopputuloksen. Silmäkoon täytyy olla myös suurempi, jotta voidaan varmistua lopputuotteen sisältävän 2- 10 % haluttua tuotetta (esim. tässä tapauksessa mursketta kooltaan 16 mm) [7].

5.1.5 Seulaverkot

Väliseulonnassa käytössä on kaksi verkkoa, joista ylempi yleensä kumivalmisteinen ja alempi metallivalmisteinen. Kumiverkko toimii ns. suojaverkkona, jonka reikäkoko on suuri, 45 mm -75 mm. Metalliverkolle tyypillinen reikäkoko on 20 mm- 35 mm. Kumiverkot ovat pitkäikäisempiä [7].



Kuvat 6 ja 7, Kumi- sekä metallivalmisteinen verkko.[9]

Seulonnassa on myös käytössä hiiliverkkoja. Verkkojen valintaan vaikuttaa sen käyttökohde. Reikien muoto vaikuttaa myös suuresti lopputulokseen, yleisin reikien muoto on

neliön mallinen reikä. Myös suunnikaan mallisia verkkoja käytetään, ne voivat olla tehokkaampia märkää materiaalia seulottaessa [7].

5.1.6 Välivarastointi

Varastokasa sisältää kaikenkokoista kiveä välillä 17-125 mm, riippuen edellä seulotusta tuotteesta. Tämä varastokasa on toisen vaiheen ensimmäinen osa, ennen lopputuotteiden valmistusta. Varastokasan merkitys on erittäin suuri. Välivarastointi mahdollistaa katkeamattoman lopputuotannon, mikäli prosessin ensimmäinen vaihe ei pysty toimimaan. Välivaraston sisällä on kaksi tunnelia, joissa on syöttimet. Hienomurskaimet ohjaavat tunnelin toimintaa. Tunneleissa on 500x500 mm kokoinen aukko, joka syöttää kuljettimelle kiviainesta. Yleisin ongelma tunnelin toiminnassa on aukon tukkeutuminen johtuen jäätymisestä tai kiven ”holvaantumisesta”. Kuljetin kuljettaa kiviainesta hienomurskaimelle, joka on prosessin viimeinen murskain [7].

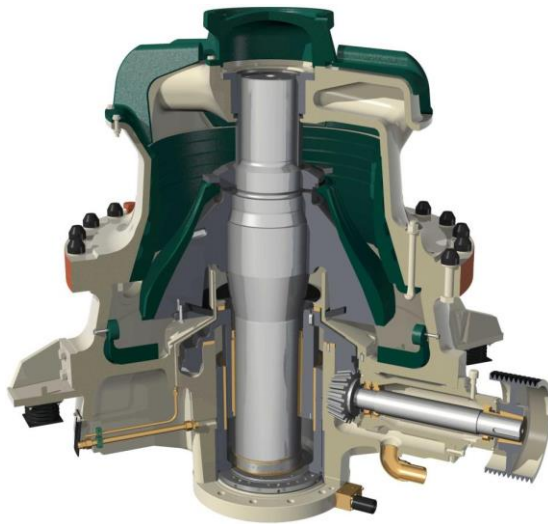


Kuva 8. Seulalta 132 tuleva kiviaines varastoidaan välivarastoon. Kuvassa on myös syöttötunneli.[10]

Varastokasan ongelmana on sen monimuotoisen kiviaineksen määrä. Laatu voi kasan sisällä vaihdella suuresti, johtuen väliseulan tuotteissa tehdyistä muutoksista. Kivillä on myös kovuudeltaan erilaisia ominaisuuksia [7].

5.1.7 Loppumurskaus

Hienomurskain on malliltaan myös karamurskain, mutta sen terä on usein hieman erilainen kuin välimurskaimen. Terä on yleensä materiaaliltaan pehmeämpää. Murskaimen malli vaikuttaa syötettävän materiaalin kokoon, tässä prosessissa on kaksi hienomurskainta, jotka molemmat voivat ottaa syötteensä samasta varastokasasta [7].



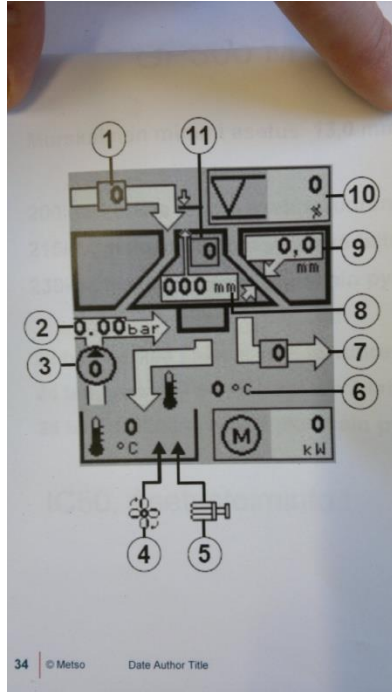
Kuva 8. Kuvassa on karamurskaimen murskainkammion tehty halkaisukuva. Välimurskain sekä molemmat hienomurskaimet ovat rakenteeltaan kuvan mukaisia murskaimia.[9]

Karamurskaimen toiminta perustuu sen kammion sisällä tapahtuvaan murskaamiseen. Kartion muotoinen ulkokehä on kiinteä. Kartion sisällä oleva kartion mallinen terä on murskaimen liikkuva terä. Terä pyörii akselinsa ympäri, akselin pyöriessä keskilinjan kehän ympärillä [8].

Ei ole tarkoituksenmukaista murskata yhdellä kerralla oikeaan kokoon tai muotoon. Esimerkiksi betonituotteiden valmistajat eivät kelpuuta kaikkea kiviainesta tuotteisiinsa. Tuotteilla tulee olla ns. pyöreysarvo. Litteät tai muuten rakenteeltaan heikommät kivet eivät siis kelpaa laadukasta tuotetta tehdessä. Tuotteen laatuun voidaan vaikuttaa murskauskertojen lukumäärällä. Tämä tarkoittaa sitä, että murskaimelta seulalle menevä kivi ei ole riittävän pientä eikä se näin läpäise seulaa. Seula ohjaa kiven takaisin murskaimelle. Tässä kierrossa kiviaines pyöristyy ja näin ollen se saa laadukkaan muodon [7].

Murskainta säädettäessä tärkein mitta on sen suljetun puolen mitta (CSS). Tämä mitta on pienin mahdollinen rako karan ja rungon välissä, kun se on työasennossa. Eli tämä tarkoittaa pienimmän mahdollisen kiven läpäisyä. Murskatessa materiaalia 6-16 mm

tulee tämän asetuksen olla (CSS) alle 16 mm. Lopputuotteen koko ja laatu tullaan varmistamaan laboratoriokokeilla. Murskaimen asetukset säädetään haluttujen lopputuotteiden perusteella. Hienomurskaimelta kivet kulkeutuvat seuloille, jotka ovat prosessin viimeinen vaihe [8].



Kuva 9. Murskaimen ohjauspaneelista on otettu kuva. Kuvasta voidaan seurata murskaimen tilaa, näytön alapuolella olevasta näppäimistöstä voidaan murskainta säätää toimimaan halutulla tavalla.[8]

Metso DNA-järjestelmän käyttöönoton jälkeen murskainta tullaan säätämään ja tarkkailemaan tietokoneen ruudulta. Tietokoneelta on tarkasteltavissa yllä esitetty näyttö sekä säätömahdollisuus ohjainkopista [7].

5.1.8 Loppuseulonta

Loppuseulonta on prosessin viimeinen vaihe. Seulonnassa seulotaan murskatusta kiviaineksesta haluttuja lopputuotteita. Loppuseulonnasta saadaan kolmea valmista tuotetta jotka varastoidaan niille varatuille paikoille.

Tuoteseulonta suoritetaan seuloilla, jotka ovat laadukkaita ja niissä on silmäkooltaan kolme erikokoista verkkotasoa. Päälimmäiseltä verkolta ylisuuret kivet kulkeutuvat takaisin murskaimelle, josta ne saavat pyöreän muodon. Kahdelta alemmalta verkolta on saatavissa laadukkaita sepeleitä sekä ns. alitetta eli kivituhkaa [7].



Kuva 9. Loppuseulonnassa tuotetaan kolmea valmista murskelaatua.[10]

Nämä murskeet eivät ole ns. nollapohjaisia, vaan ne ovat esim. 6 mm -16 mm. Nämä murskeet menevät betonituottajille ja näillä tuotetaan paras mahdollinen kate. Alimmaisesta verkon läpäissyt maa-aines on "nollapohjaista" tuotetta esim. kivituhkaa (0-3 mm). Seula ohjaa ainekset omiin kasoihinsa, josta aliurakoitsija läjittää tuotteen niille varatuille paikoilleen [7].

6 Murskeet

Osalla murskeista on toisia suurempi kysyntä, joten niitä tuotetaan enemmän. Mikäli siis haluttaisi tuottaa jotain sellaisia laatuja, jota taulukossa ei ollut esitetty, jouduttaisiin murskaimia säätämään tai jopa investoimaan uutta kalustoa. Prosessi kuitenkin on hyvin kattava ja laatuja on kattava määrä tarjolla.

Taulukko 2. Yleisimmät murskeet, joita NCC tuottaa Ohkolan murskaamolla. Parmalla tarkoitetaan betonin valmistukseen meneviä tuotteita. Kaikki yksiköt ovat millimetreissä.[11]

Betonisepe- lit	Hiekoitus- sepelit	Kalliomurs- keet	Kivituh- ka	Putkisepelit
6- 12	3-6	0-8	0-3	6-12
6- 16	3-8	0-12	0-6	8-12
	4-8	0-16		12-16
		0-32		16-32
		0-55		2- 22
		0-65		
		0-90		
		0-100		

Murskeista kerätään säännöllisesti näytteitä, jotka pystytään analysoimaan hyvinkin nopeasti laitoksen läheisyydessä sijaitsevalla laboratoriollla. Murskalla työskentelee yksi henkilö, joka on vastuussa tuotteiden laadunvalvonnasta sekä tarvittavien raporttien tuottamisesta. Mikäli prosessi toimii ilman asetusten muutosta tai huoltotöitä, tullaan näytteet keräämään kerran viikossa jokaisesta tuotteesta. Kuitenkin siten, että betonijalostajille menevät tuotteet tarkastetaan kolmesti viikossa [12].

Mikäli seuloihin tullaan vaihtamaan verkkoja tai muuten lopputuote muutetaan, tulee murske analysoida jo prosessin alkuvaiheessa. Näin vältetään vääränlaisen tuotteen tuottamiselta. Seulakoe on yleisin ja helpoin tapa varmistaa tuotteen rakeisuus. Jokaiselta seulalta punnitaan sille jäänyt kiviaines. Tuloksista voidaan laskea jokaiselle kiviainekselle prosenttiosuus. Tulokset analysoidaan tietokoneella, jolle on asetettu raja-arvot, joiden välissä rakeisuuden on pysyttävä. Betonituottajien sepeleitä tutkitaan myös kivien pyöreys, kivien pitää olla riittävän paksuja joka suunnassa, jotta ne täyttävät vaaditut kriteerit. Nämä tuotteet eivät ole ns. nollapohjaisia, joka voidaan nähdä taulukosta. Tulokset arkistoidaan, jotta ne voidaan tarpeen vaatiessa antaa tuotteen ostajalle [12].

7 Bruno-ohjelma

Bruno on Metso Oy: n laatima ohjelma, se on suunniteltu tueksi prosesseja mallintaessa. Ohjelma on yksinkertainen käyttää, mutta pitää muistaa, että se antaa erittäin opti-

maalaisia lukuja ulos. Eli pienellä varauksella suhtautuu tuloksiin ja vertaa niitä huolellisesti todellisuudessa tuotettuihin tuloksiin. Tulokset sinänsä pitävät tarkasti paikkansa, edellyttäen prosessin toimivuutta kahden työvuoron aikana (14 tuntia). On kuitenkin harvinaista, että kaikki laitteet toimisivat katkeamatta tätä aikaa. On kuitenkin ymmärrettävää, että näin ei ole, koska prosessissa on erittäin paljon liikkuvia osia ja ”kivi on kovaa” joten se vaatii paljon energiaa murskautuakseen. Olosuhteet tällaisessa työssä eivät ole kovin suotuisat, koska pölyä, vettä ja muita prosessia haittaavia luonnollista ilmiötä esiintyy todellisuudessa. Bruno ei kuitenkaan tätä ota huomioon [13].

Brunoon on ladattu kaikki mahdolliset laitteet joita, Metso Oy valmistaa kallionmurskaukseen, joten ideana on kasata tarpeita tai todellisuutta vastaava prosessi laitepankin perusteella. Ohjelma laskee automaattisesti jokaiselle laitteelle sen maksimi tehot. Laitteet yhdistellään nuolilla toisiinsa, nuoli kuvastaa kiviaineksen kulkeutumista prosessiketjun läpi. Jokaista laitetta voidaan säätää haluamallaan tavalla. Esim. seuloille voidaan vaihtaa verkot tai murskaimien terien laatua vaihtaa yms. Kaikki säätö, joka on todellisuudessakin tehtävissä on myös mahdollista toteuttaa Brunossa [13].

Perus mallin rakennus: Asetetaan kaikki valmiit tuotteet niille varatuille paikoille. Valmiille tuotteille on oma eliönsä Brunossa. Eliöön voidaan kirjata tuotteen tiedot, esim. raekoko ja tilaaja [13].

Säädetään seulat siten, että niissä on oikean kokoiset verkot tuotteita vastaaviksi. Verkkoja voisi säätää suhteellisen vapaasti ilman ongelmia, liian isot ylöverkot voivat aiheuttaa alemmalle verkolle kiviaineksen kasautumista, jota siis tulee välttää [13].

Seulontanopeuteen ei voi vaikuttaa koska Bruno määrittää sen automaattisesti seulan teknisten tietojen perusteella [13].

Karamurskaimia voidaan säätää monellakin tavalla. Niistä voidaan säätää esimerkiksi iskun pituutta, terän kovuutta ja murskausnopeutta. Iskun pituus on ratkaiseva, kun valmistetaan hienoja murskeita. Eli lyhyellä iskun pituudella saadaan karaan nopea liike, joka ei iskupituudeltaan ole pitkä. Tällä tavoin voidaan tuottaa pyöreitä soralaatuja, joita betonin valmistajat haluavat ostaa. Prosessin murskaimissa on kaikissa kolme eri iskunpituutta ja kaikki toimivat joko asetuksella 25 mm tai 32 mm. Iskun pituus ei vaikuta tuotteen kokoon, jota murskain tuottaa. Tätä kokoa säädetään ”suljetunpuolen asetuksella” joka tarkoittaa karan ja ulkovaipan pienintä mahdollista väliä. Tällä voi-

daan säätää tuotteen kokoa. Jokaisella laitteella on sille ominainen minimi arvo, jota pienemmäksi väliä ei voi säätää. Tämä estää terien koskettamisen yhteen. Mikäli Brunossa säätää tämän välin liian pieneksi, ilmoittaa se tapahtuneesta virheestä. Virheen voi poistaa säätämällä ohjelma murskaimeen uudelleen [13].

Varastokasan alla sijaitsevan tunnelin toimintaa voidaan kuvata ohjelmassa olevalla ”jakotukilla”. Jakotukin toimintaa voidaan säätää kolmella tavalla. Aluksi siinä tulee määrittää ulostulojen määrä, tässä prosessissa niitä on kaksi: yksi kummallekin hienomurskaimelle. Jakotukin toimintaa voidaan ohjata prosentuaalisesti tai syötetyn kiviaineksen määrällä tonneissa. Todellisuudessa näitä määriä on erittäin vaikea varmistaa. Eli tässä tapauksessa kaikki ovat vain hyviä arvioita. Mikäli ohjelmaan ei säädetä syötettyä tonnimäärää, laskee ohjelma sen hienomurskainten asetuksien perusteella maksimi suorituksella sekä syötetyn graniitin tiheydestä [13].

Syöttimen toimintaa voi säätää ainoastaan sen pohjan avoimuuden perustella. Etumurskainta voidaan säätää ainoastaan leukojen väliä muuttamalla. Ongelman aiheuttaa laitteen säätäminen, koska laitetta säädetään täysin manuaalisesti. Suljetunpuolen asetuksen varmistaminen ei ole siis luettavissa mistään näytöltä, kuten karamurskaimissa on. Asetus tulisi mitata laitteen ollessa pois käytöstä [13].

Kun kaikki laitteet ja verkot on saatu asetettua oikeille asetuksilleen, voidaan määrittää murskattavalle materiaalille sen arvot. Eli tarvitaan graniitin tiheys ja syötekoko, syöttönopeus voidaan myös säätää. Mikäli syöttönopeutta ei säädetä, laskee ohjelma syöttönopeuden maksimi nopeuden samalla tavalla kuin jakotukki. Tässä tutkielmassa nopeutta ei asetettu missään vaiheessa, koska sen käytännön mittaaminen on vaikeaa. Näin haluttaessa pitäisi punnita kaikki kuormat, joita välipälle on neljäntoista (14) tunnin aikana ajettu. Prosessin tulisi toimia katkeamatta koko tämä aika. Tämä ei kuitenkaan ole tarpeen mukaista, koska NCC on kiinnostunut vain prosessin maksimikapasiteetista jonka ohjelma siis pystyy laskemaan asetusten perusteella. Brunosta saadut tulokset se ilmoittaa tonnia/tunnissa (t/H) muodossa. Välipälle ajettu (t/H) määrä on siis NCC:n kannalta kiinnostavin [13].

Bruno-ohjelmalla tuotettu reseptikaavio on liitteenä 2. Kaavio on NCC:n Ohkolassa toimivan murskaamon prosessista tuotettu. Raportista voidaan tulkita kaikki tarpeellinen informaatio. Kaikki prosessin laitteet ovat säädetty todellisiksi arvoiksi. Kaavion kohdassa yksi (1) on ilmoitettu maksimi syöttö annetuilla asetuksilla. Ja siis tavoitteena

olisi saada tämä arvo mahdollisimman suureksi. Murskaimissa oleva prosenttiluku ilmoittaa laitteen toimivuuden kapasiteetin. Olisi tietysti optimaalista saada kaikki laitteet toimimaan mahdollisimman kannattavasti. Valmiissa tuotekasoissa oleva prosenttiluku osoittaa murskaimeen syötetyn kiviaineksen määrästä prosentuaalisesti tuotetun laadun määrän. Kasan päällä oleva luku on yksikössä (t/H). Tässä yhteydessä voidaan myös lukea virheraportti, joita Bruno on havainnut prosessissa esim. liian paksulta kiviainesta seulaverkoilla tai murskaimen tehojen ylittäessä saatavan sähkövirran määrän. Virheet tulee tulkita ja mahdollisesti korjata [13].

8 Tarjouksen sisältö

Tässä osassa tullaan esittämään tarjouksen sisältö sekä siihen liittyvät komponentit. Tarjouksessa esitetyt vastuualueet tullaan selvittämään sekä sovitut menettelytavat poikkeustilanteissa kerrotaan. Myös tarjouksessa esitetyjä omistusoikeuksia sekä niihin liittyviä seikkoja avataan puitteissa, jossa asiakirjan luottamuksellisuus tulee säilymään kaikkien osapuolten osalta.

8.1 Komponentit ja toimituksen sisältö

Metso Minerals Oy toimittaa tarvittavat komponentit toimivan automaatiojärjestelmän toteuttamiseksi. Metso Automaatio Oy rakentaa PC:n sekä DNA-automaatio-ohjelmiston, jolla prosessia tullaan ohjaamaan [14].

Lukittava ikkunallinen ohjaamohuone, jonka sisään on toimitettu ja asennettu seuraava laitteisto:

- ✓ Monitori 22", näppäimistö sekä hiiri
- ✓ Sähkölaitteisto mukaan lukien pistorasiat, lämmitys ja valaistus
- ✓ Ilmastointilaitteisto
- ✓ Pöytä näytölle sekä työtilaksi
- ✓ Ohjainkontin mukana toimitettu kiinnitysjärjestelmä, jolla ohjaamo on saatu kiinnitettyä sen alapuolella sijaitsevaan merikonttiin
- ✓ Portaat ohjaamoon kulkemista varten
- ✓ 2 kpl verkkokytкимиä, jotta PC saadaan toimimaan internetissä

- ✓ Kamerajärjestelmä, jonka mukana toimitettiin 22” monitori, näppäimistö ja hiiri. Kamerat on asennettu kuvaamaan murskaimien syöttöä. Kaikkien kameroiden lähettämä kuva näkyy monitorilla neljälle ruudulle jaettuna
- ✓ Videojärjestelmäohjelmisto
- ✓ Videoserveri sekä ohjelmisto, joka testataan ja todetaan toimivaksi toimituksen yhteydessä. Henkilöstö koulutetaan käyttämään toimitettuja laitteita Metso Oy:n toimesta
- ✓ Käyttöoikeuksien ja lisenssien myöntäminen
- ✓ Tarvittavat kaapelointityöt
- ✓ 3 kpl vaakoja. Vaakat mittaavat niiden läpi menneen kiviaineksen määrän ja siirtävät tiedon DNA-järjestelmään
- ✓ 3 kpl hihnakuljettimien taajuusmuuntajia, joilla säädetään kiviaineksen heittokaaren pituutta mahdollisimman optimaalisesti murskaimen kidan keskelle
- ✓ Prosessin optimointijärjestelmä
- ✓ Kunnossapito-ohjelmisto.

Toimitettu PC sekä sen sisäänrakennettu historiatietokanta mahdollistaa tilastojen ja tallennettujen myöhemmän tulkitsemisen mikäli se koetaan tarpeelliseksi. Historiatietokannan tilastot voidaan tulkita tilastoanalyysin avulla halutussa muodossa tai ajanjaksossa. Metso DNA-päiväkirjasovellukseen jokaisessa vuorossa tullaan kirjaamaan mahdolliset poikkeamat sekä säätiedot. Kunnossapitoa varten on rakennettu automaattiset kalenteriperusteiset työlistat, joita voidaan tarkastella joko päivän, viikon tai kuukauden mittaisena ajanjaksona. DNA ilmoittaa automaattisesti kunnossapitoa koskevista kuittauksista, jotka täytyy tarkistaa ja kuitata tietokantaan määräajoin. PC:n tietokantaan on valmiiksi tallennettu myös sähköisiä asiakirjoja kuten: manuaaleja, varaosakirjoja, kuvia sekä Cad-piirustuksia. Omien kirjauksien ja kommenttien jättäminen tietokantaan on myös mahdollista [14].

9 Kauppasopimus

Tässä osiossa tullaan kertomaan kauppasopimuksen sisällöstä sellaisia pääpiirteitä, jotka katsotaan tarpeelliseksi tämän insinööriyön kannalta. Esitettävät asiat tullaan kuitenkin esittämään yleisellä tasolla, jotta osapuolten kesken sovittu vaitiolovelvollisuus-sopimus säilyy luottamuksellisena.

Laajuus on määritetty laitteiston perusteella, automaatio rakennetaan siten että se tulee kattamaan NCC:n käytössä olevan murskauskaluston (prosessi esitetty kohdassa 5.1) Automatisointi suunnitellaan siten, että murskauslaitoksen liikuteltavuus on mah-

dollista suorittaa eri murskauspisteiden välillä, liikuteltavuus on mahdollista suorittaa useita kertoja vuodessa. Automaation käyttöönotto tapahtuu molempien osapuolten hyväksymällä jaksottaisella siirtymällä, eli koko automaatiota ei oteta kerralla käyttöön [15].

Automaation asennus tapahtuu tarvittavien laitteiden asennuksella sekä niiden kytke- misellä ohjainjärjestelmään, laitteiston toimivuus varmistetaan ennen käyttöönoton ensimmäistä vaihetta. Ensimmäinen vaihe koostuu jaksosta, jossa kerätään tilastoja murskaamon toiminnasta ja tehokkuudesta, näitä tilastoja tullaan käyttämään vertailun lähtökohtana automaation toimivuutta tarkastellessa. Tavoitteena on saavuttaa vähintään 10 % tehokkuuden parannus näihin tilastoihin verrattuna. Tehokkuutta tullaan tarkastelemaan laskentakaavalla, joka esitetään myöhemmin tässä raportissa (katso kohta 9.1). Jotta mahdollinen etäyhteys DNA-järjestelmään voitaisiin ottaa muualta kuin murskauslaitokselta, tulee tilaajan järjestää telekommunikointimahdollisuus. Tämä mahdollistaa tiedostojen tarkastelun internetin välityksellä mistä tahansa. Mikäli edellä esitettyihin asioihin tarvittaisiin jotain muutoksia, toteutettaisiin ne yleisesti käytössä olevin kauppaehdoin. Normaali käytäntö on järjestää palaveri osapuolten kesken, jossa ongelmakohdat otettaisiin esille sekä sovittaisiin menettelyistä yhteisesti. Tilaaja tekee lopullisen hyväksynnän muutoksista [15].

Laitteisto- sekä automaatioasennukset on sovittu suoritettaviksi vuoden 2012 loppuun mennessä, jonka jälkeen tiedon keruu tietokantaan voidaan aloittaa. Laitteiston luovutus sekä sen tilastojen tulkinta tehdään tuosta ajankohdasta katsoen neljän viikon jaksossa. Jokainen jakso poikkeaa toisistaan automaation käyttöasteen laajuudella. Viimeisessä vaiheessa prosessi on täysin optimoitu ja automatisoitu. Laitteiston ja automaation täydellinen luovutus tapahtuu vuoden 2013 loppuun mennessä. Tilastojen lopullinen tarkastelu tullaan suorittamaan tuon ajanjakson aikana. Lisäksi on huomioitavaa, että kaikki asennukset tullaan suorittamaan ennalta sovitulla tavalla Ohkolan toimipisteellä [15].

9.1 Suorituskyvyn mittaaminen

Lähtökohtana on tehostaa tuotantoa, tuotannossa tapahtuvia muutoksia tulee verrata kokonaistuotantoon. Kokonaistuotanto on yksikössä (tonnia/ tunnissa), joka lasketaan

keskiarvoksi erikseen jokaisesta tarkastelujaksosta. Näistä tuloksista tullaan tarkastelemaan muutoksen suuruutta prosentteina kokonaistuotannossa. Muutoksen suuruutta voidaan tarkastella seuraavalla kaavalla (1):

$$\Delta T = \frac{(T_{metso} - T_{ref})}{T_{ref} * 100 \%} \quad (1)$$

Jossa:

- T_{ref} on yksikössä t/h (tonnia/ tunnissa). Tarkastelussa on keskiarvo ajalta jolloin automaatio ei ole ollut ohjaamassa tuotantoa
- T_{metso} on t/h (tonnia/ tunnissa). Tarkastelussa on keskiarvo ajalta jolloin automaatio ohjaa prosessia

Tarkasteltaessa keskiarvoja on syytä katsoa ja arvioida tietokantaan tallentuneet seikat ja häiriöiden määrä. Edellä mainitut seikat vaikuttavat keskiarvoon ja voivat näin vääristää tuloksia. Tietokantaan tallentuu myös syötetyn kiviaineksen määrä, sekä katkokset syötteen kuljetuksessa prosessiin. Mikäli syötekiveä ei saada syötettyä prosessin riittävästi, ei prosessi tule toimimaan parhaalla mahdollisella teholla. Syötekiven syöttämisessä mahdollisesti tapahtuva vajaatoiminta on syytä huomioida ja tarkastella jokaisesta tarkastelujaksosta erikseen. Syötekiven vajaatoiminta vaikuttaa myös keskiarvoon ja saattaa näin vääristää tuloksia [15].

Prosessiin kytketyt vaa`at tulee kalibroida ennen jokaista tarkastelujaksoa. Kalibroinnin suorittaa NCC:n henkilökunta, jonka on opastanut tähän tehtävään Metso Oy:n henkilökunta. Murskaimet tulee kalibroida vähintään kerran viikossa jotta, tuotannon tasalautisuus saataisiin pysymään mahdollisimman tasaisena [15].

Metso Oy suorittaa vastaavat tarkastelut ja luovuttaa ne NCC:lle. tuloksia tullaan vertaamaan myöhemmin keskenään [15].

9.1.1 Vaa`at ja tasosensorit

Automaation toimivuus ja optimointi perustuu vaakoihin ja tasosensoreihin, jotka asennetaan prosessiin. Vaakoja asennetaan kolme kappaletta ja tasosensorit jokaiselle murskaimelle. Tasosensoreilla tavoitellaan murskaimeen syötettävän kiviaineksen op-

timaalista tasoa, jotta saavutettaisiin mahdollisimman tehokas tuotanto. Tietokannassa olevat tiedot ovat kerätty näiden laitteiden avulla [15].

Ensimmäinen vaaka asennetaan välimurskaimen jälkeen sijaitsevalle kuljettimelle. Täältä vaa`alta saadaan mitattua prosessin kokonaistuotanto (t/ h). Kaksi muuta vaakaa asennetaan prosessin hienomurskaimille. Vaa`at on tällä hetkellä asennettu kuljettimille, jotka kuljettavat kiviainesta 6mm – 12 mm ja 6mm – 16 mm, halutessa vaakojen sijaintia voidaan muuttaa. Myös näiden vaakojen läpikulkeutunut kiviaines ilmoitetaan oletuksella tonnia/ tunnissa (t/h) [15].

Tasosensorit asennetaan siten, että niillä voidaan säätää kuljettimia, jotka kuljettavat kiviainesta murskaimille, ns. nostaville kuljettimille. Näitä kuljettimia säätämällä voidaan säätää kiviaineksen määrää murskaimen sisällä. Optimointi säätää automaattisesti kiviaineksen määrän siten, että murskaimissa on jatkuvasti mahdollisimman optimaalinen määrä kiviainesta. Tietokantaan tallentuvat tilastot perustuvat vaakojen ja tasosensoreiden toiminnasta saatavaan tietoon [15].

9.2 Häiriöt

Murskausprosessi esiintyy erilaisia häiriöitä, joista jokainen on toisistaan täysin poikkeava. Jokaisella häiriötyypillä on kuitenkin sama vaikutus, ne huonontavat prosessin tehokkuutta. Kaikkien häiriöiden minimoiminen on tuotannon tehokkuuden kannalta merkittävä. Häiriöttä toimiva prosessi on tietysti tilaajan ja toimittajan kannalta ihanteellinen. Häiriöttömän prosessin rakentaminen on kuitenkin erittäin vaikeaa, jopa mahdollonta. Seuraavassa osiossa tullaan käymään tehokkuuden kannalta kaikkein merkittävimmät häiriötyypit sekä kerrotaan, kuinka ne otetaan huomioon tässä projektissa.

9.2.1 Prosessihäiriöt

Prosessihäiriöstä on tehty seuraavanlainen määritelmä: Jokin prosessille merkittävä osa kuten murskain, hihnakuljetin tai ohjausnäyttö ei toimi normaalilla tasolla. Tästä poikkeavuudesta aiheutuu johonkin ennalta määrittelemättömään kohtaan ns. pullonkaula, jolla on tuotannon tehokkuutta alentava vaikutus. Prosessihäiriöt voidaan todeta

myös koko prosessin tehoja tarkasteltaessa, kun tehokkuudessa on selkeästi esimerkiksi havaittavissa tuotannon jatkuvuuden poikkeamat. Myös tuotteiden tuotannossa tapahtuvat nopeuden muutokset usein kertovat jostain häiriöstä prosessin sisällä [15].

9.2.2 Riittämätön syötekivi

Riittämätön syötekiven määrä näkyy prosessissa ja tallentuu myös tietokantaan. Riittämätön syötekivin määrä voi johtua useasta eri syystä, tällaisia syitä voi olla mm. etumurskaimen syöttö ja väljän toiminta. Prosessin loppupäässä tapahtuva vajaasyöttö voi aiheutua jäästä tai hihnakuljettimille tulevan kiven vähäinen määrä. Vähäinen kivi määrä nostavilla kuljettimilla aiheutuu usein tunnelikuljettimen vaajatoiminnasta [15].

Murskaimiin asennetut pinnankorkeutta mittaavat anturit havaitsevat ja säätelevät kiviaineksen määrää murskaimessa. Tieto kiviaineksen määrästä kulkeutuu antureiden kautta tietokantaan, josta se on tarkasteltavissa. Liian matala pinnankorkeus aiheuttaa murskaimen vajaatoimintaa ja pahimmillaan tyhjäkäyntiä. Tyhjäkäynti laskee prosessin tehokkuutta. Riittämättömän syötekiven määrä on poistettava aikajanasta tarkasteluja tehtäessä, jotta vertailusta saadaan mahdollisimman todenmukainen [15].

9.2.3 Sääolosuhteet

Sääolosuhteet ovat ulkoinen häiriötekijä, johon ei voida vaikuttaa, sen vaikutus on merkittävä vertailussa. Prosessin automaatioaste on merkityksetön sääolosuhteiden kannalta. Tällä tarkoitetaan sitä, että vaikka prosessi olisi täysin automatisoitu, on kuitenkin sääolosuhteilla siihen samanlaiset vaikutukset, vaikka prosessi olisikin täysin käsiohjauksessa [15].

Sääoloilla voi olla merkittävä vaikutus vertailua tehtäessä. Jotta sääolojen vaikutus voitaisiin minimoida tarkastelujaksojen välillä, on osapuolten välillä sovittu sääpäiväkirjan kirjaamisesta tietokantaan. DNA-järjestelmässä on osio, johon voidaan kirjoittaa päiväkirjaa niin vaadittaessa. Jokaisen työvuoron päätteeksi on syytä tehdä päiväkirjaan merkinnät säästä tarkastelujaksojen aikana. Sääolot on jaettu seuraavalla tavalla: kuiva/ kostea/ märkä. Myös lämpötila on syytä kirjata. Mikäli tarkastelujaksojen aikana kirjatuilla sääoloilla ei ole riittävän suurta eroavaisuutta, ei tällöin sääoloja oteta huomioon ollenkaan vertailtaessa lopputuloksia. Sääolojen merkittävyydestä on sovittu siten,

että mikäli tarkastelujaksojen välisten sääolojen eroavaisuudeksi saadaan yli 2 pistettä. Pisteyttäminen tapahtuu seuraavanlaisella laskentamenetelmällä, kuivat sääolot +1 piste, kosteat sääolot +0.5 pistettä ja märät sääolot +0.0 pistettä. Tarkastelujaksolta lasketaan sääoloista saadut pisteet ja lasketaan niiden erotus keskenään. Mikäli erotus on siis yli tuon +2 pistettä, osapuolet (tilaaja ja toimittaja) tulevat sopimaan keskenään jatkotoimenpiteistä. Yhtenä toimenpiteenä ovat esitetty menettelyä, jossa jaksojen sääolot tutkitaan erikseen. Jaksoista poistettaisiin kaikkein suurimmat sääolojen erot niin monesta vuorosta, että erotukseksi muodostuu alle +2 pistettä [15].

Sääolosuhteiden muutosta ei voitu ottaa tulosten vertailussa huomioon edellä esitellyllä tavalla. Sääolojen puutteellinen kirjaus päiväkirjaan ja riittämätön tarkkuus olisivat voineet vääristää tuloksia [15].

9.3 Häiriöiden vaikutus tuloksien vertailussa

Suoritettavasta vertailusta halutaan saada molempien osapuolten kannalta mahdollisimman tasapuolinen, joten kaikki häiriöt tullaan huomiomaan vertailussa (paitsi sääolosuhteet). Huomioitavia häiriöitä ovat prosessihäiriöt ja riittämätön syötekivi. Häiriöistä aiheutuvat ajanjaksot selvitetään. Näiden ajankasojen pituudet ja niiden aikana tapahtunut tuotanto jätetään huomiotta laskelmissa. Häiriöajat poistetaan käyttöajasta ja häiriön aikana tuotettu kiviaines poistetaan kokonaistuotannosta. Vertailujaksot tulkitaan erillisinä jaksoinaan.

Laskelmissa käytettävien parametrit muodostuvat tietyssä tuotantoajassa tapahtuvasta tuotantomäärästä. Näistä tuloksista voidaan lakea keskiarvo ja käyttää sitä laskennassa. Keskiarvo muodostuu seuraavasti: kokonaistuotanto (tonnia) jaetaan siihen käytetyllä ajalla (tunneissa). Tulokseksi saadaan keskiarvo yksikössä tonnia/ tunnissa (t/ h). Vertailujaksonarvoksi saadaan edellä esitetyllä tavalla tulos T_{REF} ja vastaavasti ansaintajaksonarvoksi T_{METS} . Näistä laskenta-arvoista on siis poistettu häiriöt. Arvoja käytetään laskettaessa tuotannon muutoksen suuruutta prosenteissa [15].

10 Päiväkirja ja sen merkitys

Päiväkirjamerkintöjen tekemisestä on sovittu yhteisesti tilaajan ja toimittajan kesken siten, että tilaaja on velvollinen kirjoittamaan päiväkirjaan merkintöjä jokaisen työvuoron yhteydessä. Päiväkirjaan on syytä kirjata kaikki sellaiset tapahtumat, joilla on vaikutusta tuotannon tehokkuuteen. Päiväkirjaan tehtävien merkintöjen suorittamista varten DNA- järjestelmään on luotu päiväkirjaohjelma, johon tehtävät kirjaamiset tallentuvat tietokantaan. Kaikista kirjauksista on nähtävissä aika sekä kirjauksen suorittaja [15].

Kirjattavia tapahtumia ovat tuotannon katkokset. Katkoksista on kirjattava niiden pituus ja katkon aiheuttaja. Mahdolliset häiriöt prosessissa, tällaisia häiriöitä voivat olla esimerkiksi laiterikot ja tekniset viat. Sääolosuhteista suoritettavat kirjaukset tarkkuudella märkä/ kostea/ kuiva. Toimittajalla on oikeus tarkastella ja analysoida päiväkirjamerkintö, jotta mahdolliset poikkeamat voidaan selvittää. Toimittajan on myös hyvä saada tietoa esimerkiksi siitä, kuinka heidän valmistamansa laitteisto toimii ja millaisia mahdollisia ongelmia niiden käytössä yleisesti ilmenee [15].

Päiväkirjamerkinnöistä muodostuu koko hankkeen kannalta merkittävä tietopankki. Kaikkia näitä tietoja tullaan mahdollisesti tarvitsemaan laskelmia ja vertailuja tehdessä. Päiväkirjan toimivuudesta kantaa yhteisvastuun toimittaja ja tilaaja, molemmat osapuolet tulevat tarvitsemaan päiväkirjan tietoja analysoinnissa [15].

11 Fat-testaus

Sana FAT-testaus tulee englanninkielisistä sanoista *Factory Acceptance Testing*. Fat-testit suoritettiin Metso Oy:n tiloissa Tampereella 28.11.2012. Paikalla oli NCC:n edustus sekä Metson Oy:n suunnitteluinsinöörit.

Vierailun tarkoitus oli koota asianomaiset samaan paikkaan, jotta tietyistä seikoista voitaisiin keskustella kaikkien läsnä ollessa. Testataan laitteistoa, puutteiden korjaus palautteen kautta sekä sopimuksessa sovittujen seikkojen toteaminen ja noudattaminen.

11.1 Metso DNA-ohjelmisto

Metson suunnitteleman automaation toiminta ja sen käyttö on toteutettu seuraavalla tavalla: Ohjelma jakaa koko prosessin kolmeen osaan, esimurskaus (varastokasaa edeltävät prosessit) sekä kahteen jälkimurskausprosessiin (molemmat murskaimet toimivat omana prosessinaan). Nämä kaikki voidaan sulkea ja sammuttaa omana prosessinaan (ohjaintietokoneella tai manuaalisesti). Jokaiselle pääkuljettimelle, eli kuljettimelle joka siirtää murskeen myllyyn. Tullaan asentamaan vaaka, joka punnitsee jatkuvasti syötetyn kiven määrää, yksikössä: t/h. Vaaka on jatkuvasti yhteydessä ohjainjärjestelmään, Metso DNA:han. Ohjelmisto optimoi prosessin toimintaa vaakan vaatimalla tavalla, joka mahdollistaa myllyn sisällä olevan kivimäärän olevan jatkuvasti parhaalla mahdollisella tasolla. Tämän pitäisi mahdollistaa tehokkaamman ja laadukkaamman lopputuloksen [16].

Jälkimurskauksen tehostamiseksi varastokasan alla sijaitsevaan tunneliin tullaan asentamaan ”täry”, joka tehostaa kiviaineksen valumista syötinhihnalle. Lisäksi tunnelissa olevaa syötinaukkoa kehitetään siten, että sen suuruutta (”aukon kokoa”) voidaan säätää hydraulisesti. Tärinää ja aukon suuruutta tarkkailee vaaka, joka taas ilmoittaa DNA:lle jatkuvasti läpikulkevan kiviaineksen määrän. DNA optimoi tällä perusteella tärinän ja aukon koon, niin että myllyssä on jatkuvasti haluttu määrä kiviainesta [16].

Metso DNA mahdollistaa prosessin jatkuvan optimoinnin, eli kivilaadun vaihdellessa prosessi säätää itsensä siten, että tuote pysyy tasalaatuisena. Nykyisellä menettelyllä varastokasan kiviaines ei ole tasalaatuista, tulevaisuudessa tarkoituksena on yhtenäistää laatua varastolla. Varastokasan ollessa tasalaatuinen on helppoa ja tehokasta tuottaa laadukkaita ja yhtenäisiä tuotteita. Voi siis ajatella, että DNA-järjestelmä tulkitsee materiaalia jatkuvasti ja näin säätää laitteistoa automaattisesti pitääkseen kiviaineksen yhtenäisenä [16].

Metso DNA tallentaa jatkuvasti tietokoneen kovalevylle prosessissa tapahtuvia muutoksia sekä tilastoi tapahtumat. Näiden tallenteiden perusteella tutkitaan koko prosessin kannattavuutta sekä nähdään mahdolliset parannuskohdat. Tuloksia saa ulos tietokannasta niin usein kuin haluaa, esimerkiksi aamuvuoron ja iltavuoron toiminnasta on tulostettavissa omat raportit. On kuitenkin kaikkien kannalta edullisinta, että näin tarkkaan tarkasteluun ei ole tarvetta siirtyä. Mikäli tuotannon tulos pysyy hyvänä, ei tarkas-

telua tarvitse näin tarkasti suorittaa. Murskaus päällikön on kuitenkin kirjoitettava murskauspäiväkirjaa päivittäin, joten tiedot raportointiin on helposti saatavilla [16].

11.2 Metso DNA -ohjelmistosta saatavat raportit

Metso DNA:sta on saatavilla seuraavat raportit:

- Automaation käyttöaste. Kertoo prosessin käytön tietyinä ajanjaksona. Nähtävissä on siis mahdolliset seisokit sekä niiden aiheuttajan ja keston [16].
- Energiankulutus (yksikkö: kWh/t). Tämä ei kuitenkaan ole suoraan verrattavissa sähkölaskuun, vaihtelun mahdollisia aiheuttajia voi olla esimerkiksi graniitin ominaisuuksien vaihtelu, joka heijastuu myös energiankulutukseen [16].
- Kiertokiven määrä. Kiertokiviä siis tarvitaan, kun valmistetaan pyöreitä lopputuotteita, esimerkiksi betonifirmat tarvitsevat näitä tuotteita. Mikäli kierrossa on liikaa kiviainesta, tulee murskauksesta hidasta, tehotonta, laitteita kuluttavaa sekä muita haittoja. Raportista voidaan siis nähdä tämän kiviaineksen määrä prosessissa, ohjelmisto on säädettävissä siten, että se optimoi prosessia haluttujen lopputuotteiden perusteella [16].
- Kiviaineksen syöttö. Raportista on nähtävissä väljälle ajatun kiviaineksen määrä. Tämän raportin tarkoituksena on kuitenkin tarkastella maksimi kapasiteettia. Eli ohjelmisto laskee jatkuvasti suurinta mahdollista tuotantomäärää seuraavin perustein: energian kulutus, lopputuotteet ja kiertokiven määrä. Raportin perusteella voidaan tulkita käyttövajeen määrää eli saadaanko ”kaikki tehot prosessista irti”. Mikäli ei, voidaan ottaa yhteyttä maansiirrosta vastaavaan yritykseen ja kertoa tilanne ja vaatia taas heiltä tehostavia toimenpiteitä [16].

- Käyntiajat. Työpäivän aloitus, eli milloin koneet on kytketty aamulla päälle sekä illalla sulkemisaika. Raporttiin kirjautuu myös kaikki katkokset. Metso DNA laskee seuraavat tilastot raportin perusteella: kokonaiskäyntiaika, tehollinenkäyntiaika sekä tehollinen suhde kokonaisuikaan (prosentteina) [16].
- Murskainten pinnat. Metso DNA:han voidaan määrittää optimaaliset pinnankorkeudet myllyissä, jotta murskaus tapahtuu parhaalla mahdollisella teholla. Murskaimen pinnan taso määräytyy seuraavasti: Myllyn ollessa tyhjä pinnantasoo on nolla prosenttia (0 %). Myllyn ollessa maksimaalisen täynnä, kiviaines ei tule laitojen yli, on se sataprosenttisesti (100 %) täynnä. DNA:lle voidaan määrittää tasoksi esimerkiksi 80 %. Raporttiin kirjautuu jatkuvasti toteutuma sekä muutokset [16].
- Tuotantoraportti. Raporttiin on kirjattuna kokonaistuotanto (tonneina, t). Arvo saadaan vaakojen läpikulkeneen kiviaineksen määräs-tä. Tuotanto (t/h), laskettu DNA laskee arvon käyntiajan ja kokonaistuotannon suhteesta [16].

12 Jatkotutkimuksien eteneminen

Ohjelmisto sekä laitteiston asennukset murskauspaikalla suoritettiin tammikuuhun 2013 mennessä. Asennuksista poistettiin kaikki häiriötä aiheuttavat tekijät sekä varmistettiin DNA-ohjelman tiedonkeräyksen toiminta. Tutkimukset tehtiin seuraavassa järjestyksessä:

1. Käytetään prosessia nykyisellä tavalla, kuitenkin siten, että DNA rekisteröi kaikki muutokset jotta raportit saadaan kasattua myös menetelmästä, joka on käytössä ennen optimointia. Vaihe kestää noin kolme viikkoa [17].

2. Prosessiin liitetään myös DNA:n perusohjaus, mutta ei optimointia. Tässä vaiheessa prosessia siis voidaan käyttää jo täysin tietokoneelta ja sieltä saatavia arvoja voidaan tutkia ja säätää ohjauskopista. Tutkimus kestää kolme viikkoa [17].

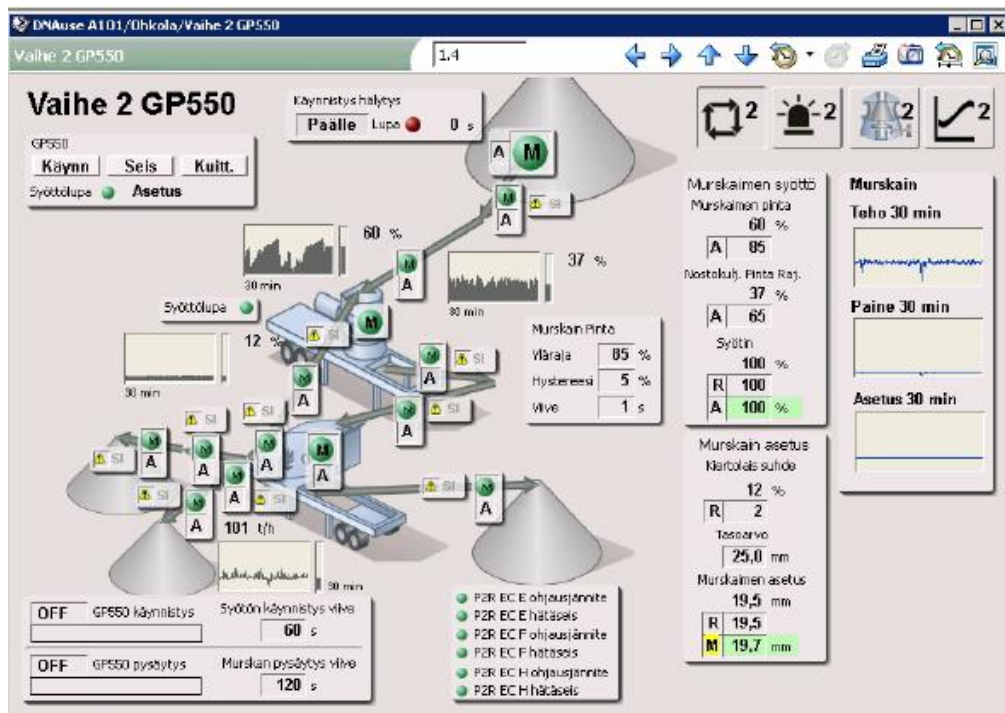
3. Tutkimuksen viimeisessä vaiheessa Metson rakentama DNA optimoi prosessia. Eli tässä vaiheessa prosessin pitäisi olla siinä laajuudessaan toiminnassa, jossa NCC sen Metsolta on tilannut. Koe kestää kolme viikkoa [17].

13 Data-analyysi

Data-analyysin tarkoituksena on tehdä yhteenveto ja koota kaikki relevantti tieto yhteen raporttiin. Vertailut tehdään kahden eri tarkastelujakson välillä. Raporttiin kootaan molemmista jaksoista tieto ja tarkastellaan ne. Jakson ovat ”käsiohjaus” -jakso, jolloin DNA-järjestelmä ei ohjaa prosessia. Jakso kesti kolme viikkoa ja sijoittuivat viikoille: kolme, neljä ja viisi. DNA-jakson tiedot on kerätty myös vastaavasti kolmen viikon jaksosta. DNA:n tiedonkeruu tehtiin viikoilla: kuusi, seitsemän ja kahdeksan [17].

DNA-jaksolla on ollut käytössä joitakin sellaisia komponentteja, joita ensimmäisellä tarkastelujaksolla ei ollut. Nämä komponentit otettiin osaksi automaatiota, jotta järjestelmä saatiin toimimaan suunnitellulla tavalla. Seuraavaksi tullaan luettelemaan ne komponentit, jotka on otettu käyttöön vertailujaksolla kaksi [17].

- ✓ Kuljettimien ja murskainten ultraäänianturit, näillä laitteilla tarkoitetaan pinnan- korkeusmittareita
- ✓ valvomon operointinäytöt
- ✓ kamerajärjestelmä.



Kuva 10. Operointinäyttö. Prosessia voidaan ohjata tietokoneelta, lisäksi prosessin tilaa voidaan tarkastella näytöiltä.[19]

14 Data-analyysin taustat

Kaikki vertailussa käytetty tieto on peräisin DNA-järjestelmästä. Tieto koostuu erillisiin mittauksiin, joita järjestelmä tekee. Tärkeimmät tietolähteet saadaan mittaus-, ohjaus-signaaleista sekä vaakamittauksista. Tallennusväliksi on asetettu kymmenen sekuntia. Laskelmat perustuvat näiden tarkasteluväleihin perustuviin laskelmiin. Tietoa saadaan erittäin suuri määrä, koska mittausväli on niin pieni, toki laskelmien tarkkuuden voidaan todeta olevan tarkka johtuen tarkastelun tiheydestä. Lyhyestä tarkastelusta aiheutuu kuitenkin epätarkkuutta lyhyitä ajanjaksoja analysoidessa. Tuo kolmen viikon jakso voidaan todeta hieman lyhyeksi.

Tietoa kerättiin välillä klo 6:00 – 22:00 kolmen viikon jaksossa. Tuon kellonajan välillä tarkasteltiin siis kymmenen sekunnin jaksoja. Tästä johtuen mittausarvoja saatiin 120 960 per signaali. Ennalta sovitulla tavalla kokonaismuutosta tulee tarkastella keskiarvolla tonnia/ tunnissa (t/h). Tällä perusteella tuntikeskiarvoa laskettaessa käytettiin 336 näytettä jokaista tuntia kohti [18].

Prossiin asennetuista vaa'oista yksi sijoitettiin välimyllyn (GP500) nostavalle hihnakuljettimelle. Tältä vaa`alta saadaan laskettua koko prosessiin syötetyn kiven määrä. Tämä vaaka on tarkastelun kannalta merkittävin.

DNA-järjestelmän tiedon keräyksessä tältä vaa`alta saatu keskiarvo (t/H) oli ensimmäisellä tarkastelujaksolla asetettu maksimiarvoon 500 t/h. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki mittaustulokset, jotka ylittävät tuon arvon, eivät ole tallentuneet tietokantaan. Tämä aiheuttaa laskennallista epävarmuutta lopputuloksessa. Tämä asetus saatiin muutettua toiselle mittausjaksolle arvoon 750 t/h. Tämä tarkoittaa sitä, että tarkastelujakson kaksi lopputulos on luotettavampi [18].

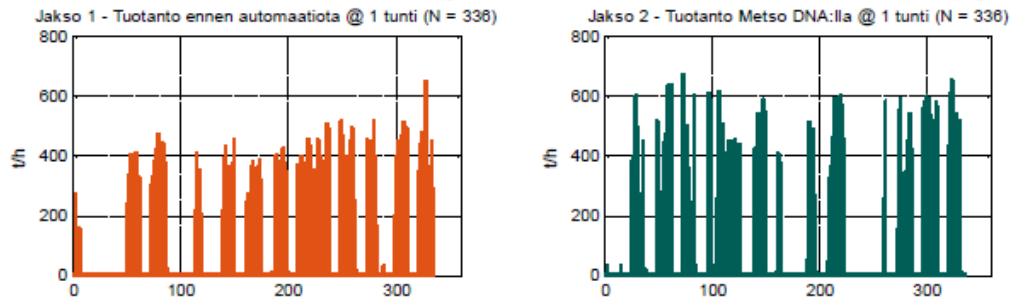
Analyysiä tehtäessä edellä esitetty virhe huomioitiin laskennallisesti interpoloimalla. Interpoloidut tulokset huomioitiin ja korjauksen suuruus esitettiin prosentteina. Tuloksiksi saatiin 2,8 % ja 0,5 %. Toiselta jaksolta saatu 0,5 % korjaus johtuu siitä, että myös toisen jakson aikana on ylittynyt tuo asetettu maksimiarvo 750 t/h [18].

Lopputulos vertailusta ei ole absoluuttinen totuus, koska erityistä virhettä voidaan katsoa tapahtuneen tuon maksimiarvon ylityksen lisäksi myös murskelaatujen vaihdolla. Ensimmäisellä vertailujaksolla murskattiin pienempää murskettä, jota on hitaampi tuottaa, joten kiviainesta ei kulu yhtä paljon. Toisen jakson murskelaadut olivat nopeampia tuottaa, koska raekoko oli suurempi. Lisäksi ensimmäisen jakson tulokset eivät ole tallentuneet yhtä tarkasti, koska tallennusta on tapahtunut pienemmällä skaalalla, vain 500 t/h asti [18].

14.1 Hihnavaaka-analyysit

Tässä osiossa tullaan esittämään kaikilta kolmelta vaa`alta saadut tulokset. Vaakojen tulokset perustuvat niiden läpi kulkeneen kiviaineksen määrään. Hienomurskainten GP300 ja GP550 vaa`at on asennettu kuljettimille, jotka kuljettavat Parman tuotteita. Molemmat hienomurskaimet voivat tuottaa kolmea valmista tuotetta yhdenaikaisesti. Näistä kolmesta siis vain yksi tuote kulkee vaa`an läpi ja näin tiedot tästä tuotteesta tallentuvat järjestelmään [18].

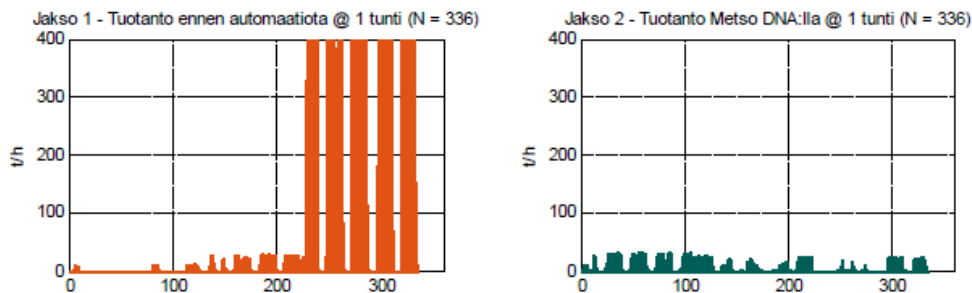
14.1.1 GP500 hihna-analyysi



Kuva 11. Oranssin värinen taulukko kuvaa käsiohjauksessa ollutta prosessia. Sininen kaavio on automaatiojakson tuotanto. Pahoittelien kuvien epätarkkaa laatua.[19]

Taulukoista voidaan todeta yhden tunnin aikana tapahtunut murskaus. Huonosta laadusta huolimatta kuvaajista voidaan lukea tarkastelujakson tehokkuus suuremmaksi [18].

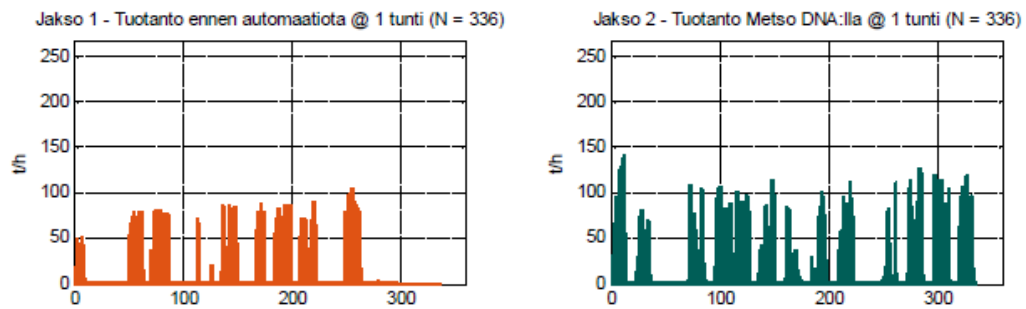
14.1.2 GP300 hihna-analyysi



Kuva 12. Oranssin värinen taulukko kuvaa käsiohjauksessa ollutta prosessia. Sininen kaavio on automaatiojakson tuotanto. Pahoittelien kuvien epätarkkaa laatua.[19]

Kuvaajissa on esitettyä murskaimen GP300 tehokkuutta tarkastelujaksojen aikana. Ensimmäisen jakson kuvaaja ei kuitenkaan ole viimeisimmiltä arvoiltaan luotettava koska kuvaajaan on päätynyt virheitä syystä tai toisesta. Tulkinnessa jätetään virheellinen osa huomiotta. Diagrammeista nähdään, että GP300 murskaimen toiminta ei suuresti ole muuttunut tarkastelujaksojen välillä. Murskaimen tehokkuus on säilynyt samalla tasolla automaatiosta huolimatta. Toki tuottavuus on tasaantunut, mutta tuotetun kiviaineksen määrä ei ole merkittävästi kasvanut. Kasvu on helpommin havaittavissa GP500 -murskaimen vaa`alta [18].

14.1.3 GP550 hihna-analyysi

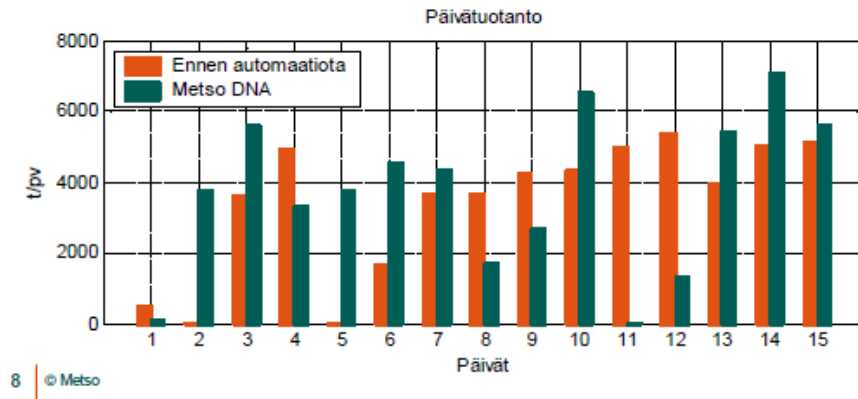


Kuva 13. Oranssin värinen taulukko kuvaa käsiohjauksessa ollutta prosessia. Sininen kaavio on automaatiojaksos tuotanto. Pahoittelen kuvien epätarkkaa laatua.[19]

Hienomurskaimella GP550 mitatuilla tuloksilla on suhteellisen selkeä ero. Tuottavuus on parantunut jonkin verran sekä huomattavasti tasaantunut. Prosessin tuottavuuden kannalta suurin parannus saadaankin juuri tavalla, jota diagrammit esittävät. Tuotannon tehokkuuden ei tarvitse muuttua suuremmaksi merkittävästi, tuotannon tasoittumisen seurauksena koko tuotannosta tulee tehokkaampaa. Tehojen kasvaessa merkittävästi, häiriöiden riski kasvaa myös suuremmaksi.

14.2 GP500 päivätuotanto

Välimurskaimen GP500 nostavan kuljettimen läpi kulkee kaikki prosessiin mennyt kiviaines. Täältä vaa`alta saatuja tuloksia tarkasteltaessa voidaan siis havaita murskatun kiviaineksen määrässä tapahtuvat muutokset. Tarkastelujaksojen välillä on muutettu murskelaatua kuitenkin niin, että automaatiojaksolla olleet murskeet ovat suotuisimmat. automaatiojaksos tuloksien voi siis olettaa olevan hieman suuremmat pelkästään murskelaatujen muutoksen perusteella.

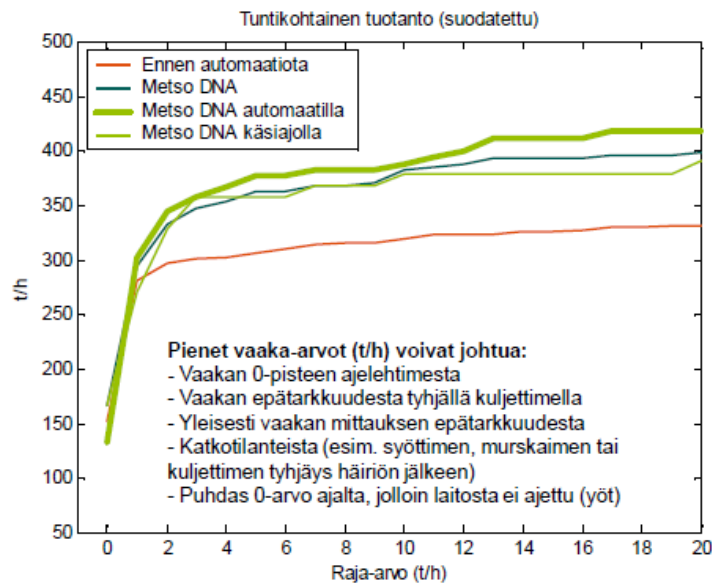


Kuva 14. Oranssin värinen taulukko kuvaa käsiohjauksessa ollutta prosessia. Sininen kaavio on tarkastelujakson kaksi tuotanto. Vaaka- akselin selitys: 1- 5 on tarkasteluviikko yksi, 5- 10 on tarkasteluviikko kaksi ja 10- 15 tarkasteluviikko kolme. Pahoittelen kuvien epätarkkaa laatua.[19]

Tarkastelujakson yksi aikana käytössä oli käsiohjaus, oranssit palkit. Päivätuotannon keskiarvoksi saatiin 3397 t/pv ja tehokkuudeksi 212 t/h. Silmämääräisesti voidaan todeta, että tuotannossa oli pientä hajontaa tuona aikana. Automaatiojaksolla päivätuotannon keskiarvoksi saatiin 3713 t/pv ja tehokkuudeksi 232 t/h. Numerollisesti jälkimmäinen tarkastelujakso oli parempi. Silmämääräisesti voidaan todeta, että tuotannossa tapahtuvat vaihtelut olivat myös suuremmat, hajonta suurempaa [18].

14.3 Hihnavaaka-analyysi murskaimelta GP500

Hihnavaaka-analyysi on koottu välimylyn vaa`alta. Kuvaan 15 on koottu vaa`alla tapahtuneet muutokset tarkastelujaksojen välillä sekä prosessiohjauksen muutokset. Taulukkoa tehdessä tiedoista on poistettu kaikkein pienimmät arvot, jotka saattaisivat vääristää taulukkoa, lisäksi hyvin pienet arvot ovat syntyneet sellaisista syistä joista ei ole täyttä varmuutta. Tällaisia syitä voi olla esimerkiksi murskaimen tyhjäkäytöstä aiheutuvat vaa`an heilahdukset, jotka välittyvät järjestelmään ”kuljettimella olevana ki-viaineksena” jota nuo arvot eivät siis välttämättä ole. Lisäksi häiriöt saattavat aiheuttaa sellaisia tuloksia tietokantaan, joilla ei ole tarkastelun kannalta merkitystä [17].



Kuva 15. Janat eivät ala nollakohdasta, koska arvoista on poistettu raja-arvon alittavat liian pienet arvot.[19]

Tarkasteltaessa riittävän suuria arvoja voidaan havaita, että tuotanto tasoittuu ja näin vertailusta saadaan luotettava. Punainen jana kuvaa tuotantoa ennen automaatiota, ylin vihreä jana Metso DNA-järjestelmällä saatua tulosta. Janoilla on selkeästi nähtävissä oleva ero, joka tarkoittaa välilylyyn vaa`an läpikulkeutuneen kiviaineksen kasvannutta määrää.

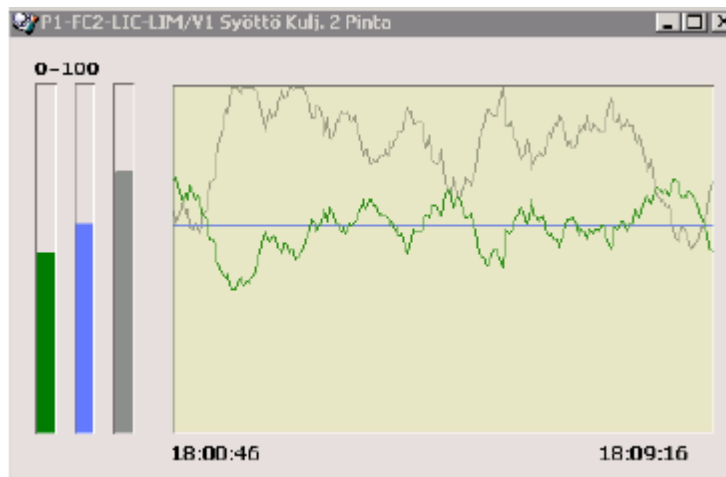
Laskennan tuloksia, vertailuarvona ”ennen automaatiota 331 t/h (0%)”:

- ✓ Ennen automaatiota 331 t/h (0 %)
- ✓ Metso DNA 398 t/h (22,2 %)
- ✓ Metso DNA käsiajolla 390 t/h (17,8 %)
- ✓ Metso DNA automaatiolla 417 t/h (26 %)

Vertailuarvoksi on asetettu ”Ennen automaatiota 331 t/h” joka on laskentamallissa (katso kohta 9.1) T_{ref} . Muutoksien suuruudet on ilmoitettu yllä prosentteina [18].

15 Automaatiohjauksen toiminnan perustaa

Metso DNA -järjestelmä ohjaa prosessia jatkuvasti siitä saatavien signaalien perusteella. DNA yrittää pitää jatkuvasti prosessin toiminnan mahdollisimman vakaana ja tuottavana. Tämän ohjauksen perustana kuitenkin toimivat säädetyt asetukset ja valmistettavat murskeet. Joiden perusteella järjestelmään on syötetty arvoja, nämä arvot voivat olla esimerkiksi reseptejä. Seuraavaksi tullaan käymään läpi yksi prosessin vaihe ja sen automaatio-ohjaus [17].



Kuva 16. Leukamurskaimen automaatio-ohjauksen toimintaa, jossa tarkastellaan 10 minuutin pituista ajanjaksoa.[19]

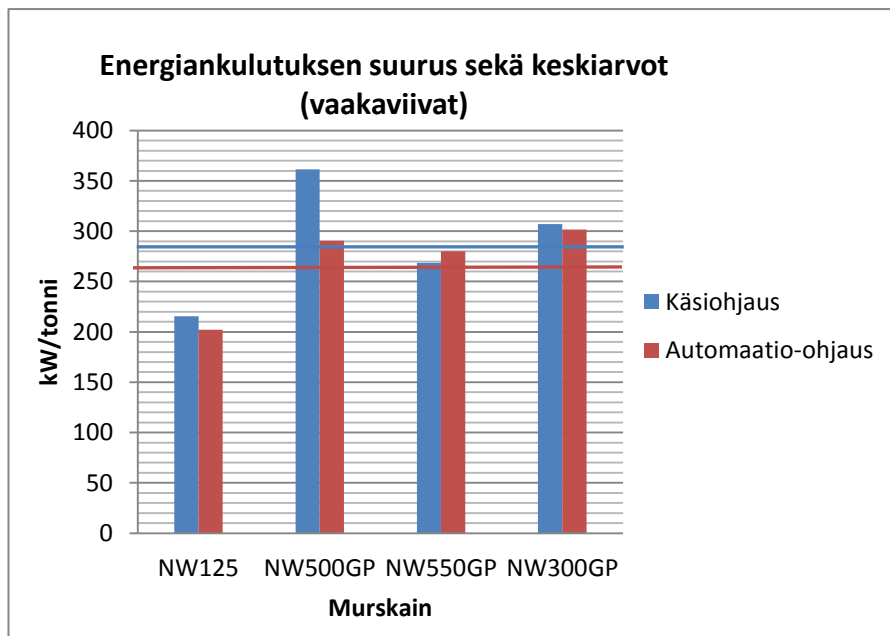
Sininen vaakaviiva kuvaa hihnalle asetettua pinnankorkeuden oletusarvoa, joka on siis samalla tavoitearvo automaatiolle. Automaatio pyrkii tähän arvoon jatkuvasti. Harmaa jana on syöttimen teho ja vihreä viiva kuljettimen pinnan korkeutta. Voidaan havaita, että ohjausta tapahtuu jatkuvasti. Toiminta tapahtuu seuraavasti: DNA havaitsee tavoitepinnan aleneman, joka kertoo siitä, että kiveä ei syötetä murskaimeen tarpeeksi ja järjestelmä nostaa syöttimen tehoa. Hetken päästä vihreä jana kohtaa tavoitearvon syöttimen toiminnan tehostumisen seurauksena. Järjestelmä yrittää pitää syötteen tällä tasolla, tästä seuraa syöttimen tehokkuuden alenema jolloin hetken päästä syötekiven määrä on alle tavoitearvon, jolloin kierto uusiutuu ja seuraa syöttimen tehon nousu [17].

Kaikki prosessin osat toimivat samalla periaatteella, jossa murskain antaa syöttävälle kuljettimelle tiedon kiviaineksen määrästä. Murskain sulkee syötehihnan kun kiviaineksen määrä ylittää ihannearvon.

16 Energian kulutus

Energian kulutus arvioitiin yksikössä kW/t. Tarkastelu tehtiin jotta saataisiin selvitettyä mahdollinen eroavaisuus testijaksojen välillä. Eli ei kuitenkaan voida ajatella, että tämä tarkastelu olisi suoraan nähtävissä sähkölaskussa. Energiankulutustarkastelu antaa perspektiiviä siitä, kuinka paljon tehokkaammin kivi on murskaantunut. On muistettava että automaatiojaksolla murskattiin määrällisesti enemmän mursketta, mutta tuotteet olivat halkaisijaltaan suurempia [20].

Taulukko 3. Taulukossa on esitetty molemmat testijaksot, tarkastelu on tehty erikseen jokaista murskainta kohti. Molempien testijaksojen energiankulutuksen keskiarvot on esitetty vaakaviivoina.[21]



Keskiarvosta on helposti havaittavissa, että DNA-jakson aikana energiaa kului vähemmän murskattua tonnia kohti. Osaltaan tämän voi selittää prosessin tasaisemmalla käytöllä, koska syötekivenmäärä jokaisella murskaimella on tasaisempi. Toiseksi sitä hie-man saattaa alentaa halkaisijaltaan suurempien murskeiden tuottaminen. Joka tapauksessa energiaa kului vähemmän per tuotettu tonni.

17 Yhteenveto

Työn etenemä NCC:n ohjauksessa eteni mielestäni loogisesti, joten työskentely säilyi selkeästi etenevänä. Tästä johtuen oman pohdinnan osuus helpottui huomattavasti, koska projektiin pääsi jatkuvasti paremmin mukaan.

Metso DNA -laitteiston asentaminen eteni odotetusti siten, että siinä ilmeni pieniä ongelmia, joita ei osattu FAT-testauksen yhteydessä ottaa huomioon puolin eikä toisin. Nämä ongelmat aiheuttivat aikatauluihin pieniä muutoksia, mutta suuremmilta ongelmilta vältyttiin. Tietokoneen tuominen murskausympäristöön on kuitenkin yllättävän haastavaa joten odotettua sujuvammin homma mielestäni meni. Ohjauksessa ilmeni usein vikoja, jotka liittyivät laitteiston käynnistämiseen tai häiriötilanteessa tehtäviin prosessiosien alasajoihin.

Tietojen kerääminen DNA- järjestelmästä ei sujunut aivan siten kuin olin sen projektin alkuvaiheessa ajatellut. Metso Oy ei saanut järjestettyä etäyhteyttä DNA-järjestelmään joten tietokannan tietoihin ei päässyt muualta kiinni kun murskauslaitoksen ohjaintietokoneelta. Ohjaintietokoneessa oli myös asennettu esto, joka esti tiedostojen lähettämisen sähköpostitse sekä siirrettävän E-levyn käytön. Tämä johti siihen, että kaikki halutavat tiedostot oli manuaalisesti kirjattava murskauslaitoksella toiselle tietokoneelle sekä diagrammit tehtävä manuaalisesti kerätyistä tiedoista.

Tehokkuus prosessin tuottavuuden lisäämisessä oli +22%, mutta tuota lukua tulee tarkastella hieman kriittisesti, koska vertailujaksojen aikana muutettiin murskelaatuja siten, että ne edistivät suurempaa tuotantoa myös ilman automaatiota. Kuitenkin on todettava, että tuo kolmen viikon mittainen vertailujakso on aivan liian lyhyt riittävän tietomäärän keräämiselle, joten riittävää varmuutta tuossa ajassa ei tulla saavuttamaan. Tuleva vuosi ja sen tuotanto tulee näyttämään tuotannon muutoksen luotettavalla tasolla. Lisäksi tarkasteluja tehtäessä ilmeni auttamattomasti liikaa epävarmuustekijöitä, joita ei voitu tasapuolisesti ottaa huomioon. Esimerkkejä näitä on sääolot, kiviaineksen laatu vaihtelut, tuotannossa olevat murskelaadut.

Metso DNA-järjestelmä tulee kuitenkin helpottamaan itse työntekoa ja sen mielekkyyttä tavalla, jota ei voida mitata. Prosessin seuranta helpottuu huomattavasti sekä sen ohjaaminen tietokoneen kautta on erittäin edistyksellinen asia, jota ei vielä muilla Suomen kiviainemurskaamoilla ole tarjolla.

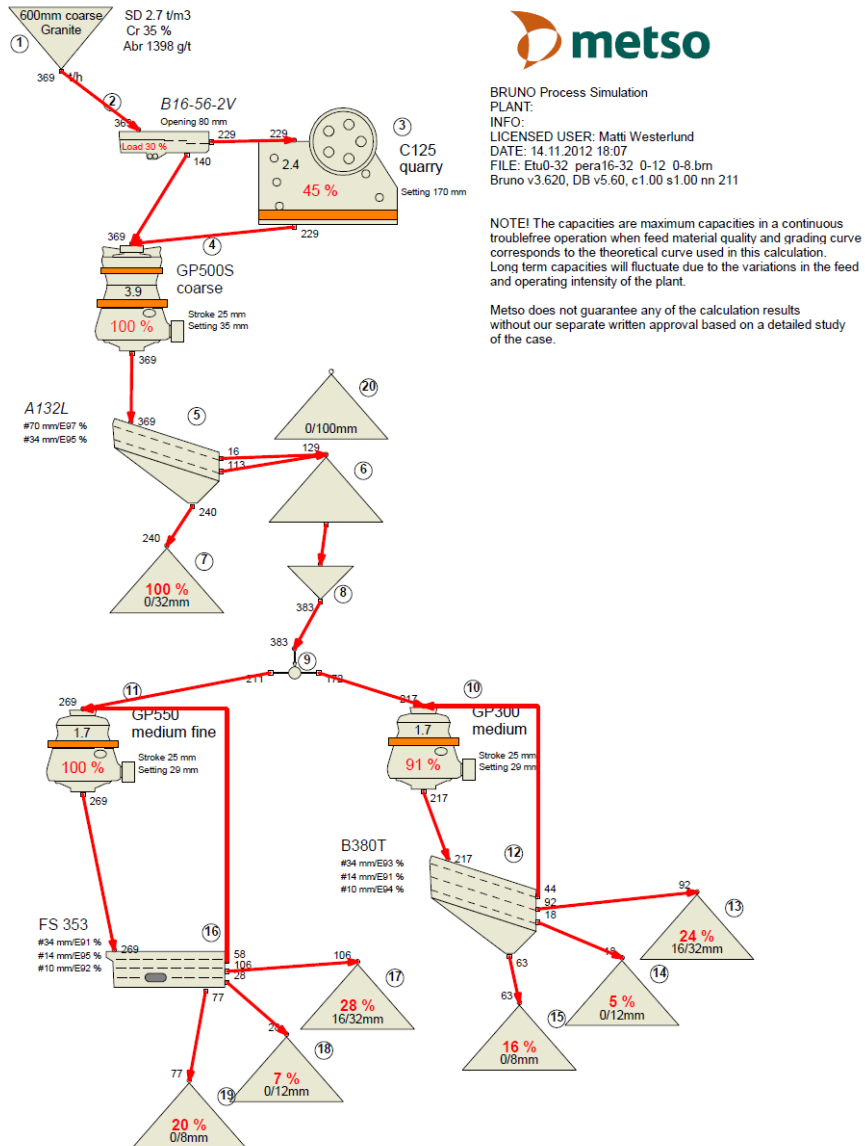
Lähteet

- 1 Jääskeläinen Raimo, 2011, Geotekniikan perusteet, Tammertekniikka / Amk-kustannus Oy
- 2 Kuvan lähde, <http://www.sarkanniemi.fi/akatemiatahtiakatemia/planets/maa.htm>
Lukupäivä 10.1.2013
- 3 Kuvan lähde, http://www.loimaankivi.fi/kuru_grey_kurun_harmaa_graniitti.php ,
Lukupäivä 10.1.2013
- 4 Ympäristöministeriön kokoama aineisto, Maa-ainesten kestävä käyttö, Helsinki 2009, Edita Prima Oy
- 5 Taulukon lähde, <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=415847&lan=FI> ,
Lukupäivä 10.1.2013
- 6 Ympäristöministeriön kokoama aineisto, Maa-ainesten ottaminen ja ottamisalueiden jälkihoito, Helsinki 2001, Oy Edita Ab
- 7 Työmaavierailu, tiedonanto NCC:n henkilökunta, 5.11.2012
- 8 Metso Minerals On laitekohtainen manuaali, lukupäivä 9.11.2012
- 9 Kuvan lähde, Metso Minerals Oy:n laite-esite, lukupäivä 9.11.2012
- 10 Ohkolan murskaamalla otettu kuva, ottaja opiskelija Matti Westerlund, 16.11.2012
- 11 Taulukon lähde, tekijä Matti Westerlund, tiedot perustuvat NCC:n tuotantoraportteihin, 13.12.2012
- 12 Työmaavierailu Ohkolassa, tiedonanto NCC:n henkilökunta, 13.12.2012
- 13 Jan Liimataisen kanssa pidetty perehdytys Bruno-ohjelman käyttämisestä, 20.11.2012
- 14 Metso Minerals: n toimittama tarjousasiakirja, lukupäivä 14.2.2013

- 15 Metso Oy:n sekä NCC:n välinen kauppasopimus, lukupäivä 14.2.2013
- 16 Metso Mineralsin tiloissa Tampereella pidetty testipäivä, paikalla NCC Roadsin henkilökunta sekä Metso Mineralsin ja Metso Automaation edustus, 28.11.2012
- 17 Työmaavierailu Ohkolaan, tiedonanto Jan Liimatainen ja Tapani Nikkila, 28.2.2013
- 18 Metso Mineralsin tuottama raportti, lukupäivä 1.3.2013
- 19 Kuvan lähde, Metso Mineralsin tuottama vertailuraportti, 1.3.2013
- 20 Työmaavierailu Ohkolaan, tiedonanto Jan Liimatainen, 7.3.2013
- 21 Taulukon lähde, DNA -tietokanta, taulukon tekijä Matti Westerlund, 7.3.2013

Bruno- malli

Mallinnus Ohkolan murskauslaitoksesta, malli on tuotettu Bruno- ohjelmalla.



Prosessikartta

Liitteessä on esitetty Ohkolan toimipisteellä sijaitsevan murskauslaitoksen kokoonpano.

