

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka
Sami Vasara

Opinnäytetyö

Kaivoksen ohjausjärjestelmä

Selvitys kaivoksen automaatio ja sähköjärjestelmien tilasta ja uudistuksen kustannuksista

Työn ohjaaja

Työn tilaaja

Lappeenranta

Lehtori, Harri Joki

Nordkalk Oyj Abp, sähköosasto osastopäällikkö Jukka-Pekka
Kuivalainen

12/2008

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka
Sami Vasara
Kaivoksen ohjausjärjestelmä
Selvitys kaivoksen automaatio ja sähköjärjestelmien tilasta ja uudistuksen kustannuksista
46 Sivua
15.12.2008
Työn ohjaaja Lehtori Harri Joki
Työn Tilaja Nordkalk Oyj Abp sähköosasto, osastopäällikkö Jukka-Pekka Kuivalainen

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyö tehtiin Nordkalk Oyj Abp:n toimeksiannosta. Työssä käsitellään Lappeenrannan tehtaiden kaivoksen sähkö ja automaatiojärjestelmiä. Työn tarkoituksena on selvittää järjestelmien nykyinen kunto. Työssä selvitettiin mitkä osat järjestelmistä tulee uusia luotettavan etäkäytön mahdollistamiseksi, sekä uusinnasta syntyvien kustannukset.

Työ tehtiin kenttätutkimustyönä. Työssä selvitettiin nykyisten laitteiden kunto ja ongelmakohdat huolto- ja tuotantohenkilökunnan kokemusten perusteella. Uusien laitteiden määritykset tehtiin tehtaalla hyväksi havaittujen laitteiden mukaan ja toimittajien vastaavien kohteiden referenssien perusteella.

Työhön sisältynyt kustannusarvio jätettiin kirjallisen osuuden ulkopuolelle ainoastaan tilaajan käyttöön. Kustannusarvion jättäminen vain tilaajan käyttöön oli välttämätöntä luottamuksellisista syistä. Kustannusarvio tehtiin käyttämällä useiden toimittajien tarjouksia, asennus-, suunnittelu- ja ohjelmointityöstä. Materiaalikustannukset laskettiin käyttämällä vakiotoimittajien hinnastoja sekä suurempien kokonaisuuksien osalta tarjouksia.

Tässä kirjallisessa raportissa käsitellään vaadittavia toimenpiteitä luotettavan etäkäytön mahdollistamiseksi. Kustannuksia käsitellään eri osakokonaisuuksien suuruusluokan tasolla.

Avainsanat

kustannusarviot, ohjelmoitavat logiikat, etäkäyttö

Tampere polytechnic
Electrical engineering program
Automation engineering
Sami Vasara
Automation system in mine.
46 Pages
15.12.2008
Thesis supervisor, Lecturer Harri Joki
CO-Operating Company, Nordkalk Oyj Abp, departmental manager Jukka-Pekka
Kuivalainen

ABSTRACT

This thesis was made by the commission of Nordkalk Oyj Abp. Its subject is the electricity and automation systems of Nordkalk Lappeenranta factory. The aim of the thesis is to explore the current status of these systems and the possible needs for rejuvenation. I have explored which parts of these systems ought to be renewed to enable reliable remote control, and calculated the costs of these rejuvenations.

The paper is a field study. It reports the status of the factory's current technology and its potential problems as experienced by the maintenance staff. The suggested new machinery was chosen with references to the factory practices and suggestions of providers for similar factories..

The cost calculation was left out of the written version of this thesis. This was a necessary decision as these documents are confidential material to be used by the organization only. The calculations were made according to offers from several agents who provide installation, planning and programming services. List prices were used for simple equipment and sales representatives were consulted for offers for more complete solutions.

The written part of my thesis reports the necessary steps for ensuring reliable systems for remote control for the organization. The cost estimates are dealt with suggestively only in accordance with the confidentiality clause.

Keywords

cost estimate, PLC, remote control

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	6
2	NORDKALK OYJ	7
2.1	LAPPEENRANTA	7
2.2	KAIVOS	8
3	TYÖN TAVOITTEET	9
4	KARKEAMURSKA	11
4.1	NYKYTILANNE	11
4.1.1	<i>Murskain ja käyttö</i>	<i>11</i>
4.1.2	<i>Syöttövaunut, rikotuspuomi ja iskuvasara</i>	<i>13</i>
4.1.3	<i>Ohjausjärjestelmä ja mittaukset.....</i>	<i>13</i>
4.1.4	<i>Sähkökeskukset.....</i>	<i>14</i>
4.1.5	<i>Valvonta</i>	<i>15</i>
4.1.6	<i>Hydrauliikka.....</i>	<i>15</i>
4.2	ONGELMAT	15
4.2.1	<i>Ohjausjärjestelmä</i>	<i>16</i>
4.2.2	<i>Mittaukset.....</i>	<i>16</i>
4.2.3	<i>Hydrauliikka.....</i>	<i>17</i>
4.2.4	<i>Murskan käyttö.....</i>	<i>17</i>
4.2.5	<i>Sähköpääkeskus.....</i>	<i>17</i>
4.2.6	<i>Valvonta ja turvallisuus</i>	<i>18</i>
4.3	VAADITTAVAT TOIMENPITEET.....	18
4.3.1	<i>Ohjausjärjestelmä</i>	<i>19</i>
4.3.2	<i>Mittaukset.....</i>	<i>20</i>
4.3.3	<i>Hydrauliikka.....</i>	<i>20</i>
4.3.4	<i>Murskan käyttö.....</i>	<i>21</i>
4.3.5	<i>Sähköpääkeskus.....</i>	<i>22</i>
4.3.6	<i>Valvonta ja turvallisuus</i>	<i>22</i>
4.4	KUSTANNUKSET	23
4.4.1	<i>Suunnittelu</i>	<i>24</i>
4.4.2	<i>Logiikan ja valvomonäyttöjen ohjelmointi.....</i>	<i>24</i>
4.4.3	<i>Logiikka- ja valvomolaitteisto.....</i>	<i>24</i>
4.4.4	<i>Hydrauliikka.....</i>	<i>25</i>
4.4.5	<i>Sähköpääkeskus.....</i>	<i>25</i>
4.4.6	<i>Sähkö ja instrumentti asennukset.....</i>	<i>26</i>
4.4.7	<i>Valvonta ja turvallisuus</i>	<i>26</i>
4.4.8	<i>Vanhan purku.....</i>	<i>26</i>
5	VÄLIMURSKA.....	27
5.1	NYKYTILANNE	27
5.1.1	<i>Kartiomurskain</i>	<i>27</i>
5.1.2	<i>Karamurskain.....</i>	<i>28</i>
5.1.3	<i>Kuljettimet.....</i>	<i>28</i>
5.1.4	<i>Syöttimet.....</i>	<i>28</i>
5.1.5	<i>Sähkökeskukset.....</i>	<i>28</i>
5.1.6	<i>Hydrauliikka.....</i>	<i>29</i>
5.1.7	<i>Valvonta</i>	<i>29</i>
5.1.8	<i>Logiikka.....</i>	<i>29</i>

5.2	ONGELMAT	29
5.2.1	<i>Ohjausjärjestelmä</i>	30
5.2.2	<i>Kartiomurskaimen käyttö</i>	30
5.2.3	<i>Hydrauliikka</i>	30
5.2.4	<i>Sähkökeskukset</i>	31
5.2.5	<i>Valvonta ja turvallisuus</i>	31
5.3	VAADITTAVAT TOIMENPITEET	31
5.3.1	<i>Ohjausjärjestelmä</i>	32
5.3.2	<i>Kartiomurskaimen käyttö</i>	32
5.3.3	<i>Hydrauliikka</i>	33
5.3.4	<i>Sähkökeskukset</i>	33
5.3.5	<i>Valvonta ja turvallisuus</i>	33
5.4	KUSTANNUKSET	34
5.4.1	<i>Suunnittelu</i>	34
5.4.2	<i>Logiikka ja valvomo ohjelmointi</i>	34
5.4.3	<i>Logiikka ja valvomo laitteisto</i>	35
5.4.4	<i>Hydrauliikka</i>	35
5.4.5	<i>Sähkökeskukset</i>	35
5.4.6	<i>Sähkö ja instrumentti asennukset</i>	36
5.4.7	<i>Valvonta ja turvallisuus</i>	36
5.4.8	<i>Vanhan Purku</i>	36
6	KIVENJAKOASEMA	37
6.1.1	<i>Ohjausjärjestelmä</i>	37
6.1.2	<i>Käytöt</i>	37
6.1.3	<i>Sähkökeskukset</i>	38
6.1.4	<i>Kuljettimet ja kääntö pellit</i>	38
6.2	ONGELMAT	38
6.2.1	<i>Ohjausjärjestelmä</i>	39
6.2.2	<i>Sähkökeskukset</i>	39
6.2.3	<i>Valvonta</i>	39
6.2.4	<i>Mittaukset</i>	40
6.3	VAADITTAVAT TOIMENPITEET	40
6.3.1	<i>Ohjausjärjestelmä</i>	40
6.3.2	<i>Sähkökeskukset</i>	41
6.3.3	<i>Valvonta ja turvallisuus</i>	41
6.3.4	<i>Mittaukset</i>	42
6.4	KUSTANNUKSET	42
6.4.1	<i>Suunnittelu</i>	42
6.4.2	<i>Logiikka ja valvomo ohjelmointi</i>	42
6.4.3	<i>Logiikka ja valvomolaitteisto</i>	43
6.4.4	<i>Sähkökeskukset</i>	43
6.4.5	<i>Sähkö ja instrumentti asennukset</i>	43
6.4.6	<i>Valvonta ja turvallisuus</i>	43
6.4.7	<i>Vanhan purku</i>	44
LÄHTEET	45
LIITTEET	46
LIITE 1	KARKEAMURSKAAMON PERIAATEKAAVIO	46

1 Johdanto

Opinnäytetyö käsittelee Nordkalk Oyj Abp:n Lappeenrannan kaivoksen automatisointia. Lappeenrannan tehtailla on pitkän aikavälin tavoitteena siirtyä keskitettyyn valvomoon. Ensimmäinen tavoite on siirtyä tuotantoyksiköittäin yhteen valvomoon. Tulevaisuuden tavoitteena on siirtää kaikki Nordkalk Oyj Abp Lappeenrannan yksiköt yhteiseen keskusvalvomoon.

2 Nordkalk Oyj

Nordkalk Oyj:llä on toimintaa kahdeksassa maassa ja yli 30 paikkakunnalla. Yhtiön tuotteina ovat erilaiset kalkkikivipohjaiset tuotteet, joita käytetään muun muassa paperi-, teräs- ja rakennusaineteollisuudessa sekä ympäristön hoidossa ja maataloudessa. Yhtiön liikevaihto vuonna 2005 oli 269,6 miljoonaa euroa ja henkilöstä noin 1350. Nordkalkin omistaa suomalainen sijoittajaryhmä. /1/

2.1 Lappeenranta

Nordkalkin omistamalla Ihalaisen teollisuusalueella (kuva 1) Lappeenrannassa on yhteensä kymmenellä yhtiöllä jatkuvaa toimintaa. Nordkalkin omia toimintoja Lappeenrannassa ovat kaivos, kalkkitehdas sekä paperipigmenttien raaka-aineita ja wollastoniittiä valmistavat rikastamot. Alueella toimivat myös paperipigmenttejä valmistavat Nordkalkin tytäryhtiö Suomen Karbonaatti Oy (Nordkalk 51 %) ja osakkuusyhtiö Specialty Minerals Nordic Oy Ab (Nordkalk 5 %). /1/



Kuva 1. ” Kuvassa etualalla Suomen Karbonaatti Oy:n rakennuksia. Avolouhoksen vasemmalla puolella erottuvat Finnsementti, Nordkalkin teknologiarakennus, kalkkitehdas, Paroc ja keskuskonttori.” /2/

2.2 Kaivos

Kaivos tuottaa pääraaka-aineen yhtiön muille laitoksille, Finnsementti Oy:lle ja Rudus Oy Ab:lle Lappeenrannassa. Louhinta tapahtuu avolouhoksessa louhintaräjähdyksillä. Avolouhoksesta räjäyttämällä irrotettu kivi lastataan maansiirtoautoihin, tuotantokivi kuljetetaan karkeamurskaamoon ja jätekivi viedään varastoitavaksi maantäyttö, sepeli, tai muuta käyttöä varten. Karkeamurskauksen jälkeen kivi seulotaan ja lajitellaan koon ja värin mukaan eri välisiiloihin. Näistä siiloista kiveä ajetaan loppukäyttötarkoituksen mukaan välimurskaukseen, jossa kivi murskataan aluksi karamurskaimella ja tämän jälkeen säädettävällä kartiomurskaimella. Oikeaan kokoon hienonnettu kivi nostetaan hihnoilla maanpäälle kivenjakoasemalle, josta edelleen hihnoilla asiakassiiloihin. Kaivoksen tuotantoketjun kapasiteetti on noin 400 t/h.

3 Työn tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää Nordkalk Oyj Abp Lappeenrannan kaivoksen ohjausjärjestelmien uusintatarve ja laskea investointikustannukset. Tarve kehittää järjestelmiä on syntynyt, koska halutaan siirtyä yhteen keskitettyyn kaivoksen valvomoon nykyisen kolmen valvomon asemasta. Työssä on huomioitava myös mahdollisuus, jossa siirryttäisiin ajan mittaan koko Nordkalk Oyj:n Lappeenrannan tehtaiden yhteiseen keskitettyyn valvomoon.

Työssä tarkastellaan koko kaivoksen tuotantoketjua lukuun ottamatta lajittelulaitosta, joka on uusittu kesällä 2005. Työn pääasiallinen tarkoitus on selvittää suoraan prosessinohjaukseen liittyvät tarpeet. Esille tulevat asiat käsitellään ratkaisuperiaatteina ja annetaan esimerkkejä niiden toteutusmahdollisuuksista. Esitetyille ratkaisuille tehdään kustannusarviot. Lisäksi työssä tuodaan esille ja käsitellään muita toteutuksen onnistumisen kannalta välttämättömiä uudistuksia. Näitä ovat sähkökeskukset, kameravalvonta-, turvallisuus- ja hydraulikkajärjestelmät. Työssä ei oteta kantaa laitteiden mahdollisesti vaatimiin mekaanisiin muutoksiin, tuotantokapasiteetin muutoksiin eikä investointien itsensä takaisinmaksu-aikaan. Työssä ei myöskään tehdä yksityiskohtaisia suunnitelmia tai piirustuksia järjestelmästä. Työssä esitettyjen ratkaisujen suunniteltu toteutusaikataulu on karkeamurskaamo vuonna 2008, välimurskaamo vuonna 2009 ja kivenjakoasema 2010.

Työssä kiinnitettiin erityistä huomiota laitesijoituksiin, laiteiden suojausluokkiin ja kaapelireittien valintaan. Tuotantotilojen ympäristöolosuhteet ovat vaativat: ne ovat pääosin maanalaisissa, louhituissa luolissa, jotka eivät ole lämmitettyjä. Lisäksi erityisvaatimuksia aiheuttavat todella hieno kivipöly, kallion halkeamista virtaava vesi ja korkea ilman kosteus.

Kaikkien tuotantoon vaikuttavien järjestelmän osien, mittausten ja ohjausten on toimittava erittäin luotettavasti lähes 100 % käyttöasteella. Nykytilanteessa kaivos pystyy vielä vastaamaan asiakkaiden tarpeeseen ja keräämään varastoja seisokkiaikoja varten. Asiakkaiden kiventarve kuitenkin kasvaa koko ajan, ja keväällä 2007 Finnsementti Oy käynnistää täyteen tuotantoon uuden sementtiuuninsa, joka nostaa jatkuvaa kivenkulutusta huomattavasti. Sementtiuunin käynnistyttyä tuotantoon suunnittelemissa seisokkeihin ei ole enää varaa. Lähes koko teollisuusalueen tuotannon käynnissä pysyminen edellyttää kaivoksen kivitoimituksen vakautta.

4 Karkeamurska

Louhittu kivi kuljetetaan murskaukseen maansiirtoautoilla, joista kivi kipataan suoraan murskaimen kippaustaskuun. Kippaustaskusta kivet pudotetaan syöttövaunu 1:llä murskaimen kitaan. Syöttövaunua liikutetaan edestakaisin hydraulikkasyylintereillä, joiden liikenopeutta muuttamalla säädetään murskaimeen syötettävän kiven määrää. Murskain on rakenteeltaan yksinkertainen leukamurskain, jossa toinen leuka on kiinteä ja toista liikutetaan sähkömoottorin pyörittämällä raskasmassaisella epäkeskopyörällä. Murskaimesta kivet putoavat välitaskuun, josta ne syötetään syöttövaunu 2:lla nostohihnalle 2. Nostohihna 2 kuljettaa kivet lajittelulaitokselle. (Karkeamurskaamon peruslaitteet on kuvattuna liitteessä 1.)

4.1 Nykytilanne

Karkeamurskaamo on rakennettu vuonna 1966. Murskain on alkuperäisesti rakennettu 1949, ja se on tuotu käytettynä Lappeenrannan tehtaille, kun karkeamurskaamo on rakennettu.

4.1.1 Murskain ja käyttö

Murskaimen käyttö on liukurengasmoottori (kuva 2), joka käynnistetään käsisäätöisellä käynnistysvastuksella (kuva 3) murskaimen vierestä.

Murskaimen voitelujärjestelmä toimii automaattisesti itsenäisenä yksikkönään.



Kuva 2. Murskaimen liukurengasmoottori.



Kuva 3. Liukurengasmoottorin käsikäyttöinen käynnistysvastus

4.1.2 Syöttövaunut, rikotuspuomi ja iskuvasara

Murskaimen oheislaitteet, kuten syöttövaunut, sivuraappakuljettimet, rikotuspuomi ja iskuvasara ohjataan murskaimen yllä olevasta valvomosta.

Syöttövaunuja liikutetaan hydraulikkasyylintereillä samoin kuin rikotuspuomia, myös iskuvasara on hydraulikkakäyttöinen. Sivuraappakuljettimet toimivat suoraikäyttöisillä sähkömoottoreilla.

4.1.3 Ohjausjärjestelmä ja mittaukset

Ohjaukset on toteutettu relelogiikalla ja ohjauskytkimillä. Hydraulikkajärjestelmien ohjaukseen käytetään potentiometrejä ja laitevalmistajien omia vahvistinkortteja, joiden ohjaussignaalit eivät ole standarttien mukaisia. Ohjauspulpetti ja valvontalaitteisto on esitetty kuvassa 4. Rikotuspuomin ja iskuvasaran ohjaus on toteutettu sähköisillä joystickkeilla. Osa välttämättömistä aputoiminnoista, kuten syöttövaunujen lämmitykset ohjataan erillisistä ohjauskoteloista prosessitiloista. Murskaimen lämpötilamittaukset on toteutettu vastusantureilla, ja niiden tieto kerätään yhdelle kortille. Kortti muuntaa mittaukset jännitesignaaliksi, joka osoitetaan analogisella näytöllä. Näytöllä voidaan esittää yksi lämpötila kerrallaan. Lämpötilamittaukset toimivat itsenäisesti, eikä niitä ole kytketty muuhun ohjausjärjestelmään.



Kuva 4. Murskaamon ohjaus- ja valvontalaitteet

4.1.4 Sähkökeskukset

Sähkönjakelu on todettu karkeamurskaamolla kahdella keskuksella, joista toinen on pääkeskus ja toinen alakeskus. Alakeskuksesta syötetään lähinnä valaistusta ja pistorasioita. Alakeskuksesta saavat syöttönsä myös siltanosturi ja kasettisuodatin. Sähkökeskukset ovat

alkuperäiset, ja ne on rakennettu 1966. Keskukset ovat tiloissa, jotka ovat altistuneina kosteudelle, kivipölylle, lämpötilanvaihteluille ja vedelle (kuva 5). Sähkökeskukset ovat nykyisellään täyteen ahdettuja. Pääkeskusta syötetään kahdella $4 \times 240 + 72$ paperieristeisellä alumiinikaapelilla. Keskuksilla ei ole minkäänlaista kompensointia loisteholle.

4.1.5 Valvonta

Alueen valvonta on toteutettu perinteisillä ccd-kameroilla. Kameroiden videosignaalit kulkevat koaksiaalikaapelissa ja kamerat ovat kiinteitä. Kameroiden kuvat näytetään valvomossa yhdellä näytöllä, jolle voidaan valita yhdistelmäkuva kaikista kameroista tai yksittäisenkamerankuva. Kulunvalvontaa alueella ei ole.

4.1.6 Hydrauliikka

Hydrauliikkakoneikkoja on kaksi, toinen koneikoista käyttää joko syöttövaunu 1:tä tai rikotuspuomia ja iskuvasaraa. Toinen koneikko käyttää syöttövaunua 2. Hydrauliikkakoneikot ovat 80- ja 90-lukujen vaihteesta.

4.2 Ongelmat

Karkeamurskaamon laitteisto on vanhaa kokonaisuudessaan. Murskain itsessään on toimivassa kunnossa, mutta sen oheislaitteet eivät. Näiden ongelmia ovat muun muassa laitteiden kuluneisuus ja varaosien heikko saatavuus. Ohjaukset ja mittaukset eivät ole siirrettävissä pidempien matkojen päähän kohteesta. Laitteisto ei ole enää toimintavarma, vaan odottamattomia huoltoseisokkeja tulee useasti. Niiden dokumentointikaan ei ole ajan tasalla, sillä laitteistoon on jouduttu vuosien kuluessa tekemään muutoksia joita ei aina ole tehty piirustuksiin.

4.2.1 Ohjausjärjestelmä

Ohjauksen suurin ongelma on nykyisen anturoinnin ja ohjausten 230 VAC:n jännite. Ohjaukset eivät siis ole sellaisenaan siirrettävissä logiikoille. Anturointi on heikkokuntoista, ja ne on tarkoitettu toimimaan 230 VAC:n jännitteellä. Ohjaukset on toteutettu releillä ja ohjauskytkimillä. Johdotukset ovat MMJ-kaapelia, joka ei sovellu matalajännitteisille ohjaussignaaleille. Kaikkia ohjauksia ei ole keskitetty samaan paikkaan vaan osa on sijoitettu prosessitiloihin.

Hydrauliikkalaitteiden ohjaus toimii valmistajien omilla, ei standardien mukaisilla ohjainkortteilla ja potentiometreillä. Tällaisia ohjaussignaaleita ei voida muuntaa muuhun muotoon eikä matalatasoisia signaaleita voida kaapeloida pitkien matkojen päähän. Rikotuspuomin ja iskuvasaran ohjaus on toteutettu Sauer-Dannforssin ohjaussauvoilla. Ohjaussauvat toimivat jännitteensäätiminä, hydrauliikkaventtiilit säätyvät ohjausjännitteen referenssistä poikkeamisen mukaan.

4.2.2 Mittaukset

Murskaamossa on tällä hetkellä neljä lämpötilanmittausta. Ne saadaan esitettyä vain yksi kerrallaan analogisella näytöllä. Lämpötilojen valvonta on täysin prosessinhoitajan vastuulla, eikä lämpötiloja ole kytketty ohjausjärjestelmään mitenkään. Lämpötiloissa on myös havaittu suurta heittoa ja mittausten ”jumittumista”. Ongelman aiheuttajaan on etsitty paljon, mutta varsinaista vikaa ei ole löydetty. Lämpötilamittaukset eivät ole Standardien mukaisia vastusantureita. Vastusantureita mittaava kortti ei myöskään lähetä standardiviestiä mittauksesta.

Muita mittauksia murskaamolla ei ole. Ennakkohuollon kannalta olisi tärkeää tietää murskaimen laakereiden kunto. Kippausluvan maansiirtoautot saavat täysin prosessinhoitajan arvion mukaan. Lupa annetaan syyttämällä merkkilamppu. Päätös luvan annosta perustuu silmämääräiseen havaintoon kippausaukossa olevasta kiven määrästä. Siirryttäessä etävalvontaan tällainen silmämääräinen päätöksenteko ei ole mahdollinen.

4.2.3 Hydrauliiikka

Hydrauliiikkakoneikot, -venttiilit ja -sylinterit ovat mekaanisen huollon henkilöiden mukaan heikkokuntoisia. Hydrauliikkajärjestelmästä ei ole täydellisiä piirustuksia, joihin olisi merkitty kaikki niihin tehdyt muutokset. Varaosia ei näihin ole enää saatavilla, joten kun jokin osa rikkoutuu joudutaan järjestelmään aina tekemään muutoksia. Nordkalkilla ei itsellään ole varsinaista huoltoa hydrauliikkalaitteille, ja huollosta on vuosien aikana huolehtinut usea eri urakoitsija. Tämänhetkisessä tilanteessa kenelläkään ei ole täysin tarkkaa käsitystä koko laitteiston toiminnasta.

4.2.4 Murskan käyttö

Murskaimen sähkömoottori on niin suuritehoinen, että sitä ei voi käynnistää suoraan. Liukurengasmoottori vaatii eteensä käynnistysvastuksen. Nykyistä käynnistysvastusta ohjataan käsivivulla, ja vastus sijaitsee moottorin vieressä. Tällaista ohjausta ei voida toteuttaa etäohjauksena. Murskain vaatii suuren massansa takia suuren vääntömomentin käynnistyksessä. Ongelmana on, ettei vaadittavasta vääntömomentista ole muuta tietoa kuin nykyisen liukurengaskoneen vääntömomentti.

4.2.5 Sähköpääkeskus

Keskuksien sisälle on ajan myötä tunkeutunut hienojakoista kivipölyä ja niiden liitokset ovat hapettuneet. Keskusten päällä on paksut kerrokset kivipölyä tai liejua, joka on kivipölyä ja vettä. Kotelot, joista keskuksat rakentuvat, ovat ruostuneet samoin kuin niiden saranat ja ruuvit. Keskuksat ovat tällä hetkellä täyteen ahdettuja eikä niissä ole edes kaikille nykyisille kaapeleille hyväksytyjä läpivientejä.

Keskuksen oikosulkuvirta ei ole tiedossa, mutta muuntoasemalta jakokeskuksesta mitattu oikosulkuvirta karkeamurskaamon lähdössä on noin 7,14 kA kaikilla vaiheilla. Syöttökaapeleiden tarkka pituus ei ole selvillä eikä myöskään niiden tarkka kulkureitti kallion sisällä. Kaapeleiden arvioitu pituus on noin 90 – 100 m.

4.2.6 Valvonta ja turvallisuus

Valvontakameroita on alueelle asennettu ja uusittu useaan kertaan. Tällä hetkellä kaikkien kameroiden kuvat ovat epäselviä ja ne ovat ulkoa sekä sisältä kivipölyn peittämiä. Kameran kuvat ovat perinteisiä ccd-kameroita, joiden videosignaali kulkee koaksiaalikaapelissa. Kameran kuvat eivät ole käännettävissä tai zoomattavissa valvomosta. Nykyinen yhdellä näytöllä oleva kamerakuvien esitys ei myöskään riitä etävalvontaan. Kuvien ollessa yhtäaikaista näytöllä ne ovat liian pieniä tarkkojen havaintojen tekoon. Tarkka kuva useammasta kamerasta on välttämätön haluttaessa käyttää rikotuspuomia ilman suoraa näköyhteyttä.

Murskaimen ympärillä on nykyisin liikkuminen kielletty käytön aikana. Nykyisestä valvomosta voidaan havaita henkilöiden saapuminen pääkulkureittiä. Murskaimen alta, hihnatunnelista voidaan tiloihin saapua ilman että prosessinhoitaja sitä huomaa. Siirryttäessä etävalvomoon ei alueelle saapuvia henkilöitä voida käytännössä havaita mitenkään.

4.3 Vaadittavat toimenpiteet

Karkeamurskaamolla voidaan sanoa, että kaikki muu kuin itse murskaimen mekaniikka täytyy uusida. Uusittavista kohteista kriittisimpiä ovat hydraulikka, kunnossapitoon liittyvät mittaukset sekä sähkökeskukset.

Murskaamalla ei ole mitään toimintoja joita voitaisiin sellaisenaan ottaa käyttöön haluttaessa siirtyä etäohjaukseen.

4.3.1 Ohjausjärjestelmä

Murskaamo on ohjausjärjestelmän kannalta pieni ja helposti toteutettava kohde analogisia mittauksia on vain muutamia, ja säätöpiirejä ei ole yhtään. Lukitukset ja ohjaus tapahtuvat pääasiallisesti tilatiedoilla. Ohjattavia moottoreita on seitsemän kappaletta, joista yhdenkään pyörimisnopeutta ei ole tarvetta säätää. Analogisien ohjausten tarve on ainoastaan syöttövaunujen liikenopeudelle sekä rikotuspuomin liikkeille.

Tämän kokoiselle prosessille ei ole kustannusten kannalta järkevään hankkia täysimittaista automaatiojärjestelmää. Nykyiset ohjelmoitavat logiikat ja pc:lle asennettavat valvomo-ohjelmistot ovat kapasiteetiltaan riittäviä ja huomattavasti halvempia.

Kaivoksessa kesällä 2005 toteutetun lajittelulaitoksen uusinnan yhteydessä on valittu logiikoiden valmistajaksi GE-Fanuc. Myös aikaisemmin toteutetut nostohihnojen suojaukset on tehty käyttäen GE-Fanucin valmistamia Versapoint-logiikoita. Valvomo-ohjelmistona lajittelulaitoksella on käytössä Intouch-ohjelmisto, joka on käytössä myös muissa Nordkalk Oyj:n Lappeenrannan tehtaissa.

Logiikan ja valvomo-ohjelmiston valmistajasta käydyissä keskusteluissa ei ole ilmennyt mitään syytä alkaa etsiä vaihtoehtoja jo käytössä oleville ratkaisuille. Päätöstä käyttää

valmistajia joiden laitteita on käytössä, tukevat myös tarvittavien varaosien määrä ja olemassa olevat ohjelmistolisenssit.

4.3.2 Mittaukset

Prosessin luonteen takia mittavia asioita on vain muutamia ja ne liittyvät pääsääntöisesti laitteiston kunnon valvontaan. Murskaimessa olevien laakereiden lämpötilat (4 kpl) ovat uusittavia mittauksia. Lämpötilamittausten lisäksi murskaimelle tulisi asentaa värinämittaus, jolla voitaisiin valvoa laakereiden kuntoa. Tarkoitukseen sopisivat Pt-100-lämpötila-anturit, joiden lähettimet sijoitettaisiin kenttäkoteloon murskaimen viereen. Värinämittaus voidaan tehdä erillisillä antureilla tai kenttäväylään kytkettävillä lämpötila-värinä-yhdistelmäantureilla.

Hydrauliikkajärjestelmässä tulisi valvoa öljyn lämpötilaa. Tämä tulisi kuitenkin kytkeä hydrauliikan omaan logiikkaan, jonka toimittaa hydrauliikkatoimittaja. Mittauksen arvon ei tarvitse olla saatavilla valvomosta, vaan siitä voidaan tuoda ainoastaan hälytystieto.

Murskaimen kippausaukon täyttymistä tulisi valvoa kameroiden lisäksi automaatiolla. Tämä on toteutettavissa laserskannerilla, joka pystyy mittaamaan kolmiulotteisesti kivikasan korkeutta. Tarkoitukseen soveltuvat esimerkiksi SICK LMS Laser Scanner -sarjan tuotteet.

4.3.3 Hydrauliikka

Hydrauliikka tulisi uusia kokonaan. Näin saavutettaisiin hyvä käytettävyyssaste ja turvattaisiin varaosien saatavuus. Hydrauliikka tulisi pitää omana osanaan, ja sen ohjaus tulisi hoitaa omalla ohjausyksiköllä. Hydrauliikan ohjausyksikölle tuodaan logiikalta haluttu liikenopeustieto ja logiikalle viedään liikenopeuden mittaustieto. Erillinen ohjausyksikkö mahdollistaa myös iskuvasaran käytön etäohjauksessa. Näin voidaan turvata iskuvasaran ohjaussignaalin viiveetön kulku ohjaimelta ohjausyksikköön, koska sen tieto kulkee omassa kuidussaan ja ohjausyksikkö voikin palvella tällöin vain iskuvasaran ohjausta.

Ohjausventtiileiksi soveltuvat parhaiten proportionaaliventtiilit. Proportionaaliventtiileillä ja itsesäätyvällä hydraulipumpulla voidaan ohjata suoraan vaunun liikenopeutta ja tahdistaa yläsyöttövaunun kaksi sylinteriä. Iskuvasaran puomin liikkeen nopeuden tulee olla myös säädettävissä, jolloin yksinkertaisin ratkaisu on käyttää myös puomin sylintereille proportionaaliventtiileitä. Iskuvasaran isku toimii vakionopeudella ja -voimalla, joten vahvin ratkaisu on käyttää on/off venttiiliä.

Hydrauliikkakoneikkojen valinnassa on kiinnitettävä erityistä huomiota öljynsuodatukseen vallitsevien olosuhteiden takia. Hienojakoisen kivipölyn tunkeutuminen sylintereiden sisään ei voida täysin estää. Kivipöly toimii öljyn seassa kuin hiontatahna ja kuluttaa tiivisteet ja venttiilit nopeasti. Hienojakoinenkin kiviaines voidaan poistaa öljykierrosta tehokkaalla paluusuodatuksella, jolloin ohjausventtiilit ja pumppu välttyvät mahdollisimman tehokkaasti pölyn hiovalta vaikutukselta.

4.3.4 Murskan käyttö

Yläkeskuksesta saatavan oikosulkuvirran rajallisuuden ja vaaditun suuren käynnistysvääntömomentin vuoksi murskaimen käyttöä ei voida toteuttaa pehmokäynnistimellä. Liukurengaskoneella ja automaattisella käynnistysvastuksella saavutettaisiin korkea käynnistysvääntömomentti, mutta tätä ei voida pitää varaosien saatavuuden kannalta kestäväenä ratkaisuna.

Käyttöksi tulisi valita oikosulkumoottori ja taajuusmuuttaja, vaikka se onkin hankintakustannuksiltaan kallein ratkaisu. Taajuusmuuttajan kahdentamisella saavutetaan myös korkea käytettävyyssaste. Lisäksi taajuusmuuttajan käytön etuna voidaan pitää mahdollisuutta korvata tilapäisesti murskaimen moottori eri kierrosluvun moottorilla. Tehdasalueella on useita sopivan kokoisia varakoneita, joiden kierrosluku on 1500 rpm. Vaikka murskaimen moottorin tulee olla 1000 rpm:n kone, voidaan taajuusmuuttajan avulla myös 1500rpm konetta käyttää tilapäisenä ratkaisuna. Tällöin syötettävän kiven määrää tosin pitää rajoittaa pienemmäksi, mutta tuotanto ei pysähdy kokonaan.

4.3.5 Sähköpääkeskus

Sähkönsyöttö tulee uusia kokonaisuudessaan. Ensimmäinen vaadittu toimenpide on uusia murskaamon syöttökaapelit. Uudet syöttökaapelit voidaan tuoda huomattavasti nykyistä suurempaa reittiä syöttävältä keskukselta murskaamolle, jolloin saadaan syntyvä jännitehäviö pienennettyä. Vanhat syöttökaapelit eivät myöskään vastaa poikkipinnaltaan murskaamon nykyistä virran kulutusta. Uudistusten myötä virran tarve kasvaa entisestään, eikä laitteiden toimintaa voida taata vahoilla syöttökaapeleilla puutteellisten tietojen vuoksi.

Sähkökeskus tarvitsee myös ympärilleen tilan, joka on suojattu pölyltä ja kosteudelta. Tätä varten on rakennettava erillinen keskushuone, jonka jäähdytys tulee hoitaa jäähdytyskoneella, joka jäähdyttää ilmaa huoneen sisältä. Jäähdytystä ei voida toteuttaa ilmanvaihdolla murskaamo luolasta sähkökeskustilaan suuren pölymäärän vuoksi. Keskushuoneeseen on asennettava myös automaattinen sammutusjärjestelmä.

Keskukseen tulee varata tila, johon ohjausjärjestelmä voidaan sijoittaa. Ohjausjärjestelmän sijoittaminen sähkökeskuksen yhteyteen on loogista, koska hydraulijärjestelmän lisäksi murskaamolla ei ole muuta ohjattavaa kuin moottorilähtöjä.

Keskukseen tulee tehdä myös kompensointi loisteholle, jonka määrää ja kompensoinnin tarvetta on tutkinut Juhani Torvi opinnäytetyössään keväällä 2006. Hän on todennut, että karkeamurskaamolla on tarvetta loistehon kompensointiin. Uudistuksessa induktiivisen kuorman määrä kasvaa, joten myös loistehon määrä kasvaa.

4.3.6 Valvonta ja turvallisuus

Murskaimen käynnin aikana alueelle kulku tulee estää turvallisuuden takaamiseksi.

Murskaimen kita on avoin, joten siitä voi lentää kiviä niitä murskatessa. Käynnin aikana on myös useammassa kohteessa alueella puristumis- ja tarttumisvaara. Nykyisellään

murskaimen hoitaja on pystynyt näkemään alueelle saapuvat henkilöt. Siirryttäessä etäkäyttöön ei voida olettaa prosessin hoitajien pystyvän valvomaan jokaista kameraa kokoajan. Näin ollen kulunvalvonta tulee automatisoida. Käytännössä tämä on helpointa hoitaa sähkölukoilla, jotka asennetaan alueelle johtaviin oviin, sekä valoporteilla, jotka havaitsevat alueelle saapuvan henkilön.

Kameravalvontaa alueella tulee tehostaa lähinnä prosessin ajon tarpeiden mukaan. Kaivoksen henkilökunnan kanssa on löydetty tarve olemassa olevien kameroiden uusimisen lisäksi yhdelle kääntyvälle ja zoomattavalle kameralle. Kamerakuvien siirto etävalvomoon on helpoimmin toteutettavissa käyttäen IP-kameroita, joille on varattava erillinen pc kamerapalvelimeksi. Käyttämällä IP-kameroita saadaan videokuva siirrettyä pitkiäkin matkoja, lisäksi valvonta voidaan mahdollistaa mistä tahansa intranettiin kytketystä pc:stä.

4.4 Kustannukset

Teollisuuden prosessien ja niiden osion uusinnan vaativat merkittäviä investointeja. Tarkastelen työssäni kustannuksia kokonaisuuksina. Kokonaisuudet pohjautuvat tarjouspyyntöihin, hinnastoihin ja Nordkalkilla työskentelevien ihmisten kokemukseen erilaisten osakokonaisuuksien vaatimasta työmäärästä. Työhön kuuluu eritelty kustannusarvio. Luottamuksellisista syistä tämä joudutaan kuitenkin jättämään varsinaisen kirjallisen osuuden ulkopuolelle vain työn teettäjän käyttöön.

Kokonaisuudessaan karkeamurskaamon muutokset maksavat noin puoli miljoonaa euroa. Kokonaiskustannuksien arviossa on huomioitu noin 20 % varmuusvara, kustannusten nousun takia ja lisäksi mahdollisten huomioimatta jääneiden töiden varalle.

4.4.1 Suunnittelu

Suunnittelukustannuksiin sisältyvät piirustukset, projektin johto, lopullisten tarjouspyyntöjen tekeminen, aikataulujen luominen ja käyttöönotossa vaadittava suunnittelijoiden työ.

Kustannuksia suunnittelu aiheuttaa noin 20 000 €n verran. Tähän hintaan eivät sisälly sähkökeskuksen suunnittelu, eikä ohjelmointi työt.

4.4.2 Logiikan ja valvomonäyttöjen ohjelmointi

Logiikan ja valvomonäyttöjen ohjelmoinnin työmäärän arviointi on vaikeaa. Molempien työmäärään vaikuttaa paljon haluttu informaation määrä, jota ei tässä vaiheessa voida tarkasti selvittää. Laskennassa onkin käytetty apuna tehtaalla jo uudistettujen osaprosessien ja laitosten ohjelmointityöhön kulunutta aikaa. Näiden aikaisempien uudistusten ja karkeamurskaamon I/O määrien perusteella on arvioitu tarvittavaa työmäärää, lisäksi kustannuslaskentaan on huomioitu aikaisemmista toteutuksista kohonnut työn hinta. Kustannusten laskettiin olevan noin 40 000 €

4.4.3 Logiikka- ja valvomolaitteisto

Laitteiston hankinta kustannusten laskeminen on huomattavasti yksinkertaisempaa ja arviota voidaan pitää tarkempana kuin ohjelmoinnin kustannusten. Laitteistovaatimukset tulevat pääosin halutusta yhtenevästä linjasta ja kalleimpien osien, kuten PLC:n CPU, kommunikointi ja laskurikorttien määrä tiedetään tarkasti. Lisäksi vaadittavat DI-, DO-, AI- ja AO-kanavien määrät on laskettavissa kohtuullisen tarkasti kun prosessi tunnetaan. Valvomoissa käytetään yhtiön linjan mukaisesti vuokratietokoneita, joista on olemassa tarkat hinnastot. Valvomojärjestelmänä käytettävän Intouch-ohjelmiston lisenssihintaa

saadaan myös tarkasti, koska portaat Tagi määrien välillä ovat hyvin suuria joten oikean kokoinen lisenssi on helposti valittavissa.

Järjestelmän laitteistokustannukset ovat kokonaisuudessa hyvin pieni osa. Kustannukset jäävät noin 14 000 €luokkaan.

4.4.4 Hydrauliikka

Hydrauliikan hinta selvitettiin tarjouspyynnöillä. Tarjouspyyntöihin kasattiin vaatimukset yhteistyössä mekaanisen-, prosessi- ja automaatio suunnittelun kanssa. Vaatimuksissa korostuivat olosuhteiden asettamat haasteet sekä ohjaus- ja valvontatoimintojen liitettävyyden PLC:hen ja tätä kautta valvomojärjestelmään. Lisäksi jouduttiin huomioimaan muutokset, joita joudutaan tekemään mm. kulutasoihin ja hydrauliikan putkituksiin. Hydrauliikan kokonaiskustannukset ovat noin 50 000 €

4.4.5 Sähköpääkeskus

Uuden keskuksen osuus kustannuksiin on merkittävä. Keskusta varten on tehtävä nykyvaatimukset täyttävä keskushuone sekä suljettu jäähdytysjärjestelmä huoneeseen. Näiden kustannusarvion on tehnyt tehtaan tekninen suunnittelu. Keskukseen tarvittavien lähtöjen määrän ja tyyppit kokosin käytössä olevien laitteiden pohjalta. Lisäksi huomioin keskuksen määrittämisessä tulevat laitteistomuutokset. Keskuksen kustannusarvio saatiin eräältä keskusvalmistajalta, jonka kanssa yhteistyössä määritimme käytössä olevat tilan, kompensointitarpeen sekä halutut mittaus- ja valvontatoiminnot keskuksen. Uusi keskus vaatii lisäksi uuden syötön. Syöttö aiheuttaa osaltaan myös suuren kustannuserän, vaikka kaapeli pituudeksi ei tule kuin 100 m. Syöttöä varten on kuitenkin tehtävä 2 kpl 30 m pitkiä ja 200 mm halkaisijaltaan olevia reikiä kallioon. Lisäksi suuri poikkipinta-alaisten

kaapeleiden vetäminen tällaiseen kohteeseen vaatii paljon henkilöitä ja tarkoitukseen tehtyjä apulaitteita. Keskuksen kokonaiskustannus nouseekin lähes 120 000 €

4.4.6 Sähkö ja instrumentti asennukset

Asennuksista laadin tarjouspyynnön, johon sisällytin asennettavat kaapelit, mittalaitteet, kaapelihyllyt, sekä kaiken muun sähkö instrumentointi urakoitsijalle kuuluvat hankinnat ja asennukset. Lisäksi laadin alustavan työselostuksen toteutuksesta ja vaadittavista aikatauluista. Näiden pohjalta sain urakoitsijoilta tarjoukset työn ja tarvikkeiden hinnoista. Kustannuksia syntyy kaikkiaan noin 85 000 €

4.4.7 Valvonta ja turvallisuus

Valvontalaitteisto koostuu pääasiassa kameroista, niiden lisäksi tulee alueelle kuluvalvonta turvaportein. Kamerajärjestelmän kustannukset ovat noin 8000€ ja turvaportit hyväksytyillä antureilla maksavat noin 5000€

4.4.8 Vanhan purku

Vanhojen kaapelointien ja laitteiden purku on tällaisessa paikassa välttämätön jo pelkästään tilan rajallisuuden vuoksi. Lisäksi huollettavuus paranee kun tiellä ei ole tarpeettomia kaapeleita. Purkamisesta ja siitä syntyvästä jätteiden hävittämisestä syntyy noin 20 000€ kustannukset.

5 Välimurska

Välimurskaamolla on kaksi murskainta. Ensimmäinen on kartiomurskain ja toinen on karamurskain. Murskaamoon ajetaan lajiteltua kiveä 13:sta eri siilosta ja näistä pitää periaatteessa pystyä kaikista syöttämään haluttu kivi määrää yhtäaikaaisesti. Ensimmäinen murskaimista hienontaa kivet noin 40 mm kokoon. Jälkimmäinen karamurskain on säädettävä. Karamurskain säädetään hienontamaan kivi asiakkaan haluamaan kokoon.

5.1 Nykytilanne

Molempien murskaimien ohjaus oheislaitteineen on toteutettu pääosin logiikalla. Logiikkaa ohjataan valvomon ohjauspulpetista ja valvotaan erillisistä mittareista, merkkilampuista ja prosessikaaviosta, jossa merkkilamput ilmaisevat toiminnot. Lisäksi osa toiminnoista kuten kartiomurskaimen käynnistys, sekä karamurskaimen säätö joudutaan tekemään kentällä.

5.1.1 Kartiomurskain

Kartiomurskaimen käyttö on toteutettu liukurengasmootorilla ja tämän käynnistystä varten olevalla käsikäyttöisellä käynnistysvastuksella. Aputoiminnot, kuten murskainta syöttävä hihna ja syöttimet siiloista hihnalle saadaan ohjattua valvomosta. Syöttimistä 11 on toteutettu hydraulisilla syöttimillä ja kaksi on tärysyöttimiä. Ongelmia aiheuttaa syöttimien ryhmä ohjaus, jonka vuoksi siiloihin ajettavien kivien järjestystä on jouduttu muuttamaan.

5.1.2 Karamurskain

Murskaimen käyttö on tähti-kolmio käynnisteinen oikosulkumoottori. Murskain voidaan siis käynnistää valvomosta. Murskaimen säätö tapahtuu kuitenkin murskaimen vieressä sijaitsevalla hydraulisella säätöyksiköllä, lisäksi säätö sylinteriä joutuu kääntämään käsin.

5.1.3 Kuljettimet

Murskaamalla olevat kuljettimet saadaan käynnistettyä valvomosta ja liikkuva kuljetin saadaan myös siirrettyä valvomosta. Kuljettimet toimivat oikosulkumoottoreilla joita ohjataan suorilla kontaktori lähdöillä. Hihnojen pyörintä tiedot, liikkumisrajat ja sivuttaisen teloilta poisluiston ilmaisevat rajat on logiikan valvonnassa.

5.1.4 Syöttimet

Aputoiminnot, kuten murskainta syöttävä hihna ja syöttimet siiloista hihnalle saadaan ohjattua valvomosta. Syöttimistä 11 on toteutettu hydraulisilla syöttimillä ja kaksi on tärysyöttimiä. Ongelmia aiheuttaa syöttimien ryhmä ohjaus, jonka vuoksi siiloihin ajettavien kivien järjestystä on jouduttu muuttamaan.

5.1.5 Sähkökeskukset

Sähkökeskukset ovat 90-luvulta. Keskushuoneet ovat täynnä eikä niissä ole huolehdittu ilman pölyttömyydestä kosteudesta eikä lämpiämisestä. Keskukset ovat itsessään täysin käyttökelpoisia, vaikka laajennusvaraa niissä ei ole. Lisäksi kompensoinnin tarve on todettu aikaisemmin Juhani Torven tekemässä opinnäytetyössä vuonna 2005.

5.1.6 Hydrauliiikka

Hydraulikoneikko on vanha, varsinaisesti vikoja siinä ei ole esiintynyt normaalia enempää. Kuitenkaan varaosien saanti ei vanhoihin laitteisiin ole enää taattua. Koneikko käyttää hydraulisyöttimiä, joita ohjataan suuntaventtiileillä. Lisäksi Koneikko tuottaa kartiomurskaimen säätöyksikön tarvitseman öljyvirtauksen.

5.1.7 Valvonta

Murskaamaa valvotaan merkkilampuilla, mittareilla ja prosessikaaviolla, jossa on merkkilamput. Lisäksi on useita valvontakameroita.

5.1.8 Logiikka

Nykyinen logiikka on Allan Bradley'n valmistama ja peräisin asennettu 80-luvulla. Logiikka toimii edelleen ja hoitaa tehtävänsä moitteetta. Prosessi on luonteeltaan sellainen, ettei monimutkaisia laskutoimituksia tarvitse tehdä. Ohjaukset ovat päälle/pois ohjauksia.

5.2 Ongelmat

Nykyisellään ongelmia on lähinnä ajojärjestelyissä, koska ei voida ajaa kiveä syöttöhihnalle halutuista siiloista ryhmäohjausten takia. Laitekannan ollessa vanhaa on varaosien saanti vaikeaa ja kallista.

5.2.1 Ohjausjärjestelmä

Ohjausjärjestelmän suurin ongelma on, ettei nykyinen ohjaus mahdollista haluttuja ajomalleja. Logiikka on sinänsä toimiva, mutta valmistaja ei siihen toimita varaosia mahdollisten rikkoutuneiden korttien tilalle. Saatavilla olevat varaosat ovat käytännössä muualta purettuja käytettyjä kortteja, näiden löytäminen on aikaa vievää ja hankkiminen kallista. Logiikka ei myöskään tue nykyaikaisia liikennöinti protokollia, kuten ethernetiä ja kenttäväyliä. Tämä aiheuttaa ongelmia, haluttaessa ohjata prosessia etäohjauksena

5.2.2 Kartiomurskaimen käyttö

Kartiomurskalla käynnistyksessä on sama ongelma, kuin karkeamurskalla. Murskaimen käynnistys tapahtuu moottorin viereen sijoitetulla käsikäyttöisellä käynnistysvastuksella. Tämä voitaisiin toki ratkaista automaattisella käynnistysvastuksella, mutta ne ovat hinnaltaan jo samassa suuruusluokassa, kuin taajuusmuuttaja. Taajuusmuuttaja yhdessä oikosulkumoottorin kanssa tarjoaa lisäksi säätömahdollisuuden murskaimen pyörintänopeudelle, sekä tarjoaa tietoa murskaimen käyttöasteesta. Lisäksi taajuusmuuttaja käyttö tarjoaa pehmokäynnistystä suuremman käynnistysvääntömomentin.

5.2.3 Hydrauliikka

Hydrauliikan ohjaus ei nykyisellään mahdollista syöttimien nopeussäätöä. Syöttimet ohjataan rajalta toiselle vakio nopeudella. On ilmennyt tarvetta ohjata nykyistä useampaa syötintä yhtäaikaisesti ja erinopeuksilla. Nykyiset venttiilit eivät sitä mahdollista. Koneikko on jo vanha ja pumpuissa, venttiileissä ja muissa osissa tapahtuu kulumista. Varsinaisia ongelmia koneikko ei vielä aiheuta. Koneikon ohjaus on kuitenkin muutettava sellaiseksi, että sitä voidaan ohjata etäohjauksesta.

5.2.4 Sähkökeskukset

Sähkökeskusten pahin ongelma on itse keskustilojen epäsuotuisat olosuhteet.

Keskushuoneet ovat todella pölyisiä ja kosteita. Kosteaa ja kivipölyinen ilma tunkeutuu pitkällä ajalla myös hyvin suojattuihin keskuksiin ja aiheuttaa hapettumista liittimissä, sekä kontakti ongelmia kontakteissa. Lisäksi kompensoinnin tarve on todettu jo aiemmin Juhani Torven tekemässä opinnäytetyössä.

5.2.5 Valvonta ja turvallisuus

Pääpiirteittäin täälläkin on valvonta ja turvallisuus laitteiden tilanne sama, kuin karkeamurskaamolla. Prosessi on sellainen, ettei tiloissa voi liikkua sen käydessä. Tästä syystä nykyinen valvonnan taso ei riitä siirryttäessä paikallisesta valvomosta etävalvontaan. Kameroiden lisäksi tarvitaan myös automaation valvoma ja ohjaama kulunvalvonta. Nykyisten kameroiden kuvat ovat huonot ja osan näytöistä on kuvat osin palanut kiinni, ja osassa kontrasti heikentynyt niin paljon ettei kuvaa saada enää säädettyä selväksi.

5.3 Vaadittavat toimenpiteet

Kokonaisuudessaan tilanne on välimurskaamolla hyvin samanlainen, kuin karkeamurskaamolla. Sähkökeskukset ovat kunnossa, mutta niiden tilat eivät. Ohjaukset ja valvonta on uusittava käytännössä kokonaan.

5.3.1 Ohjausjärjestelmä

Logiikka tulee vaihtaa sellaiseen, että se kykenee kommunikoimaan käyttäen nykyisiä protokollia. Tällöin järkevin vaihtoehto on valita GE-Fanucin valmistamat logiikat, siten että ohjaukset toteutetaan hajautetulla järjestelmällä käyttäen VersaMax-sarjaa ja näitä kontrolloidaan joko 90–30 sarjan tai tämän seuraajan RX3 sarjan logiikalla. Tällä saavutetaan yhtenäisyys jo käyttöönotettujen uudistusten kanssa.

Olemassa olevaa anturointia voidaan hyödyntää samoin kuin antureiden kaapeleita. Tässä on kuitenkin huomioitava, että suurin osa antureista on mekaanisesti toimivia kytkimiä ja näillä on tietty käyttöikä. Haluttaessa saavuttaa hyvä käytettävyys tulee uudistuksen yhteydessä vaihtaa myös anturit ja kaapelit, jotka ovat olleet vuosikymmeniä vaikeissa ja kuluttavissa olosuhteissa.

Valvomon toteutukseen ainoa vaihtoehto on PC-pohjainen valvomo. Ohjelmistoksi tässä on tarkoituksenmukaista valita Intoch-valvomoohjelmisto yhtenäisyyden vuoksi.

Lajittelulaitoksella sijaitsevaan valvomoon tulisi lisätä tätä varten oma pc, jolla välimurskaamon ohjaus tapahtuisi. Vaikka nykyisen pc:n suorituskyky riittäisikin, tulee ongelmaksi näyttöjen määrä. Lisäksi käytettäessä useampaa pc:tä saavutetaan parempi luotettavuus, sillä yhden koneen kaatuessa voidaan toisella koneella ohjata edelleen koko prosessia.

5.3.2 Kartiomurskaimen käyttö

Murskaimen käyttö tulee vaihtaa taajuusmuuttaja ohjatuksi oikosulkumoottoriksi. Tällä mahdollistetaan sekä ohjaaminen etäkäytössä, sekä mahdollisessa moottorin vioittumisessa erilaisen moottorin käyttö. Nykyisin suurien sähkömoottoreiden toimitusajat voivat olla jopa yli puolivuotta. Lisäksi taajuusmuuttaja mahdollistaa monipuolisen tiedonkeruun murskan toiminnasta.

5.3.3 Hydrauliiikka

Hydrauliikan osalta tulee vaihtaa kaikki syöttimiä ohjaavat venttiilit sellaisiin, joilla voidaan vaunujen liikenopeutta kontrolloida. Tähän soveltuu parhaiten proportionaali venttiilit. Venttiileiden ohjaaminen kannattaa toteuttaa siihen tarkoitettulla omalla logiikalla. Esimerkiksi Parkerin IQAN soveltuu tarkoitukseen. Tällä voidaan ohjata myös kaikki muut hydrauliikan toiminnot, sekä valvoa suodattimet ja lämpötilat. Koneikko toimii toistaiseksi, mutta se on vanha joten vaihtaminen turvaisi varaosien saannin ja antaisi lisää käyttövarmuutta.

5.3.4 Sähkökeskukset

Keskushuoneet tulisi muuttaa siten, että tilat saataisiin eristettyä prosessitiloista ilmatiiviisti. Tiloihin tulisi asentaa keskushuoneen sisällä ilmaa kierrättävä ilmastointi, näin keskustilat kestäisivät kuivana ja pölyn määrä vähenisi siedettävälle tasolle.

Kompensoinnin tarve tulee kartoittaa uudelleen lopullisen murskaimen käytön valinnan jälkeen.

5.3.5 Valvonta ja turvallisuus

Valvonta kameroita käytetään myös täällä apuna prosessin ohjauksessa ja lisäksi havaitsemaan alueella mahdollisesti liikkuvat henkilöt. Tästä syystä nykyiset valvonta kamerat tulisi vaihtaa uusiin kameroihin kuvanlaadun saamiseksi sellaiselle tasolle että niistä saadaan selvää. Paras ratkaisu etävalvomoon kuvien siirtämisen kannalta on käyttää IP- kameroita, joista on tehdasalueella jo kokemusta. Tällöin kamerat voidaan liittää ethernetiin ja niitä voidaan seurata halutuissa paikoissa. Tulevaan valvomoon tulee

hankkia lisänäyttö jo karkeamurskaamon uudistuksen yhteydessä hankittavaan kamera palvelimeen.

Kameravalvonnan lisäksi alueelle tarvitaan vastaava kuluvalvonta kun karkeamurskaamolla, joka toteutetaan turvapor-teilla ja valokennoilla.

5.4 Kustannukset

Välimurskaamolla investointikustannukset jäävät karkeamurskaamoa selvästi pienemmiksi. Tämä johtuu suurimmalta osin siitä, ettei sähkökeskusta ja sen syöttökaapeleita tarvitse uusia. Muilta osin kustannukset ovat hyvin samoin jakaantuneet ja suuruusluokaltaan vastaavat kuin karkeamurskaamolla.

5.4.1 Suunnittelu

Suunnittelu kustannukset jakautuvat karkeamurskaamolla selvästi enemmän painottuen automaation ja instrumentoinnin suunnitteluun, kuin sähkö suunnitteluun lisäksi tarvitaan jonkin verran enemmän mekaanista suunnittelua. mm. syöttimien muutokset. suunnittelu kustannukset jäävät kuitenkin pienemmiksi kuin karkeamurskaamolla, koska sähkösuunnittelua ei juurikaan tarvita. Kustannukset muodostuvat noin 15 000€

5.4.2 Logiikka ja valvomo ohjelmointi

Ohjelmointiin tulee jonkin verran enemmän kustannuksia, kuin karkeamurskaamolla. Suuremmat kustannukset johtuvat syöttimien ryhmäohjauksista ja hieman suuremmasta I/O määrästä. Kustannuksia ohjelmointityö aiheuttaa noin 40 000€

5.4.3 Logiikka ja valvomo laitteisto

Laitteisto on käytännössä sama kuin karkeamurskaamolla, ainoastaan DI- ja DO-kortteja tarvitaan enemmän. Laitteisto kustannuksiksi muodostuu siis noin 16 000€

5.4.4 Hydrauliikka

Karkeamurskaamolle pyydetyn hydrauliikka koneikon tarjouksen pohjalta arvioitiin hinta myös välimurskaamon hydrauliikalle. Täällä koneikko on huomattavasti pienempi tehoinen. Eikä täällä tarvitse tehdä rakenteiden muutostöitä uutta koneikkoa varten. Hintaa kuitenkin lisää syöttimille tarvittavat proportionaaliventtiilit, sekä kahden syöttimen vaatimat hydraulissyylinterit. Nämä syöttimet ovat tällä hetkellä tärysyöttimiä. Kaikki huomioiden kustannukset hydrauliikan uusinnasta muodostuvat hyvin tarkasti samaan tasoon kuin karkeamurskaamolla, eli 50 000€

5.4.5 Sähkökeskukset

Sähkökeskukset eivät itsessään vaadi uusimista, eikä syöttö- tai muita voimavirta kaapeleita tarvitse uusia. Tämän vuoksi kustannukset keskuksista jäävät noin 15 000€luokkaan, joka sisältää lähinnä keskushuoneiden ilmastoinnin saattamisen sellaiseksi, ettei huoneen ole täynnä pölyä ja kosteutta.

5.4.6 Sähkö ja instrumentti asennukset

Asennuskustannukset tarvikkeineen jää huomattavasti karkeamurskaamoa pienemmäksi. Pienemmät kustannukset johtuvat lähinnä siitä, ettei välimurskaamalla tarvitse uusia sähköasennuksia vaan uusintaan menevät ainoastaan instrumentointi. Asennuskustannukset tarvikkeineen on arvioitu olevan noin 40 000€

5.4.7 Valvonta ja turvallisuus

Kameroiden osalta kustannukset tulevat itse kameroista joita tarvitaan vähintään kasi kiinteää ja kasi kääntyvää sekä näiden asennuksesta. Kustannukset noin 5 000€ Lisäksi kuluvalvontaan kuluu noin 8 000€johtuen useammasta mahdollisesta tuloreitistä.

5.4.8 Vanhan Purku

Purettavaksi välimurskaamalla joutuu lähinnä vanha kamerajärjestelmä ja instrumentointi kaapeleineen. Sähkökeskusten säilyessä ennallaan myös purkukustannukset jäävät pienemmiksi. Purkutyö ja jätteiden hävitys maksaa noin 10 000€

6 Kivenjakoasema

Kivenjakoasema sijaitsee maan päällä kaivoksen vieressä. Nostohihna 2 kuljettaa kiven välimurskaamolta kivenjakoasemalle. Kiven ohjaus asiakas siiloihin johtaville kuljettimille tapahtuu kääntöpeltien ja liikkuvien kuljettimien avulla. Lisäksi samaan ohjaukseen kuuluun osa siiloista, joihin kivi varastoidaan odottamaan kuljetusta asiakkaalle. Kivenjakoasema ohjataan tällä hetkellä välimurskaamolta.

6.1.1 Ohjausjärjestelmä

Ohjaus tapahtuu välimurskaamolta ohjauspulpetista. Ohjausta varten kivenjakoasemalla on oma Allan Bradley valmistama logiikka joka on peräisin -80 luvulta. Tässäkin logiikassa on sama ongelma kuin välimurskaamon logiikassa. Se ei pysty kommunikoimaan nykyisillä protokollilla, eikä näin ollen ole hyödynnettävissä halutessa saada kaikki toiminnot keskitettyä lajittelulaitoksen valvomoon pc:lle. Varaosien kannalta tilanne on myös sama kuin välimurskaamon logiikassa. Anturointi ja kaapelointi kivenjakoasemalla ovat toimintakuntoisia.

6.1.2 Käytöt

Kaikki käytöt on toteutettu oikosulkumoottoreilla, näin ollen niiden osalta tilanne on kunnossa ja niiden käyttö myös jatkossa on mahdollista. Käyttöjen ohjaus tapahtuu logiikan ja välireleiden avulla kontaktoreilla. Suuremmat käytöt, kuten nostohihna 2:n käyttö on tähti/kolmio käynnistyksellä. Pienet ovat suoralla käynnistyksellä.

6.1.3 Sähkökeskukset

Keskus itsessään on täysin käyttökelpoinen. Täälläkin keskushuone on vapaassa ilmankierrossa muiden tilojen kanssa, joten keskushuone on erittäin pölyinen. Lisäksi keskukseen on tehty mm. taajuusmuuttajan kokeilu asennus. Tämä taajuusmuuttaja on jäänyt pysyvään käyttöön kuitenkin niin, että sen kaapelointi on tehty keskuksen ovenvälistä ja muuttaja itse on penkin päällä ilman mitään kiinnitystä.

6.1.4 Kuljettimet ja kääntö pellit

Kuljettimet ovat hihnakuljettimia ja niiden käytöt ovat oikosulku moottoreita. Kuljettimista valvotaan tällä hetkellä hihnojen poikittaisliikettä rajakytkimillä, telojen pyörintää induktiivisilla kytkimillä ja telojen laakereiden lämpötilaan laakeripesiin poratuilla lämpötila-antureilla.

Kääntöpeltejä käännetään moottoreilla ja pneumatiikka sylintereillä. Peltien asennosta saadaan takaisinkytkentä tieto rajakytkimiltä.

6.2 Ongelmat

Kivenjakoaseman suurimmat ongelmat ovat vanhentunut ohjausjärjestelmä, joka sinänsä toimii hyvin, mutta sen varaosasaanti ja liitettävyyys uusiin järjestelmiin on huono. Lisäksi on asioita joita voidaan pitää lähinnä luotettavuuden kannalta epävarmoina.

6.2.1 Ohjausjärjestelmä

Kivenjakoaseman ohjauksesta huolehtii Allen Bradley'n logiikka, jonka varaosa saatavuus on huono ja näin ollen saatavilla olevat osat ovat kalliita. Lisäksi tällainen logiikka ei mahdollista läheskään kaikkia toimintoja joita voidaan toteuttaa nykyaikaisilla ohjelmoitavilla logiikoilla. Logiikkaan ei myöskään ole saatavilla liityntöjä muualla tehtaalla käytössä olevaan profibuss- kenttäväylään.

Vaikka ohjausjärjestelmä hoitaa tehtävänsä tällä hetkellä kelpollisesti olisi yhtenäisen järjestelmän kannalta tarpeellista vaihtaa logiikka täälläkin GE-Fanuc RX3 logiikkaan. Tällä saavutetaan yhtenäiset liikennöinti protokollat tulevaan valvomoon ja saadaan pidettyä tarvittavien varaosien määrä pienenä. Lisäksi yhtenäinen järjestelmä helpottaa huoltohenkilökunnan työtä koska kaiken ohjelmoinnin voi tehdä sanoilla työkalulla. Tällöin ei myöskään tarvitse ylläpitää useita eri ohjelmointityökalu lisenssejä.

6.2.2 Sähkökeskukset

Sähkökeskukset itsessään ovat kelpollisia. Keskushuoneisiin tulisi kiinnittää kuitenkin huomiota. Vallitsevat olosuhteet ovat erittäin pölyiset. Tämä hienojakoinen kivipöly tunkeutuu keskuksiin ja koteloihin sisälle ja näin laitteiden sisälle. Kivipöly toimii hyvänä lämmön eristeenä ollessaan laitteiden sisällä eikä laitteiden jäähditys toimi suunnitellulla tavalla. Tämä puolestaan lisää laiterikkojen todennäköisyyttä huomattavasti.

6.2.3 Valvonta

Kivenjakoasemalla valvottavana on lähinnä hihnoiden ruuhkautuminen. Valvonta tapahtuu kameroilla, joiden kuvat ovat sumentuneet. Lisäksi kivenjakoasemalta siiloihin lähteissä

hihnatonneleissa on ihmisten liikkuminen kielletty kun hinnat käyvät. Tunneleissa liikkumista ei kuitenkaan valvota nykyisellään millään muulla kuin hihnojen kameroilla, eikä näillä voida havaita ihmisten menemistä tunneliin.

6.2.4 Mittaukset

Kivenjakoaseman mittauksista suurin osa on rakennettu 2000-luvulla ja ne on kytketty Versa-point hajautus I/O:hon. Näissä ei ole korjaustarvetta. Siilojen pinnan mittauksissa on kuitenkin ollut ongelmia jotka ovat johtuneet käytössä olevien kaikuluotaimien häiriintymisestä betonisissa siiloissa joissa on paljon kivipölyä.

6.3 Vaadittavat toimenpiteet

Ensisijaiset toimenpiteet kivenjakoasemalla ovat logiikan vaihto, ja keskushuoneiden saattaminen sellaiseen kuntoon etteivät ne ole täynnä kivipölyä ja kosteutta.

Valvontalaitteisto on myös kunnostamisen tarpeessa, lisäksi haluttaessa parempaa luotettavuutta on siilojen mittaukset syytä uusia.

6.3.1 Ohjausjärjestelmä

Ohjausjärjestelmä vaatii logiikan uusinnan. Tällöin tulee vaihtaa koko järjestelmä haluttaessa saavuttaa tehtaalle yhtenäinen järjestelmä. Vanha järjestelmä ei ole ohjelmoitu IEC:n mukaisesti, joten logiikka ohjelman kääntäminen uuteen sopivaksi ei ole mahdollinen, vaan vaatii täysin uudelleen ohjelmoinnin. Valvomo järjestelmä vaatii lisäksi I/O määrän lisäyksen ja vähintään yhden lisänäytön valvonnan mahdollistamiseksi.

Valvomoon voitaisiin lisätä myös yksi pc ja tälle näytöt, jolloin kaksi samanlaista valvomo konetta voivat vikatilanteessa korvata toisensa.

6.3.2 Sähkökeskukset

Keskushuoneet vaativat tilojen tiivistämisen ja kosteussuojauksen sekä jäähdytyksen järjestämisen niin, että keskushuoneen sisällä olevaa ilmaa jäädytetään suljettuna kiertonaan, eikä pölyistä ilmaa ympäristöstä puhalleta keskukseen. Lisäksi keskushuoneessa kesken olevat asennukset tulisivat viimeistellä. Kiinnittää taajuusmuuttaja seinään, viedä kaapelit keskukseen ja koteloihin läpivientien kautta ja muut vastaavat väliaikaiset asennukset tulisi suorittaa loppuun.

6.3.3 Valvonta ja turvallisuus

Valvonta tulisi järjestää siten, että kaikki kriittiset valvontakohteet kuvataan kiinteillä kameroilla ja lisäksi alueelle voisi asentaa ohjattavia kameroita, joilla valvomo pystyisi seuraamaan huoltohenkilökuntaa heidän ollessa töissä ajon aikana. Kameroiksi soveltuvat parhaiten IP kamerat, joista on jo olemassa hyvää kokemusta tehtaan valvonnassa.

Hihnatunneleiden osalta sekä kääntyvän kuljettimen turva-alueen valvonta tulisi tehdä turva portein, portit voidaan halutessa ohjelmoida aiheuttamaan hälytys valvomoon tai pysäyttämään hihna jonka liikkumakieltoalueelle mennään.

6.3.4 Mittaukset

Siilojen pinnankorkeuksien mittaamiseen soveltuvin tekniikka on radiometrinen säteily.

Säteilyyn perustuva mittalaite on kallis hankinta kustannuksiltaan, mutta tällä saavutetaan huomattavat säästöt huoltokustannuksissa verrattuna mekaanisiin luoti mittauksiin.

Myöskään kaikuluotaimet eivät näissä siiloissa ole toimineet, eikä paineeseen perustuvaan mittausta voida käyttää koska siiloissa on kivirouhetta.

6.4 Kustannukset

Kivenjakoasema on uusittavista kohteista pienin kustannuksiltaan. Tämä johtuu ennen kaikkea siitä, ettei sähkökeskuksiin, moottorin ohjauksiin, eikä instrumentointiin tarvitse tehdä muutoksia. Muutokset tulevat lähinnä logiikkaan ja valvontaan.

6.4.1 Suunnittelu

Suunnittelu koostuu pääasiassa uusien logiikoiden kytkentöjen suunnittelusta. Lisäksi tulee joitain sähkökuvien päivityksiä. kokonaisuudessaan suunnittelun on laskettu maksavan noin 12 000€

6.4.2 Logiikka ja valvomo ohjelmointi

Logiikka ja valvomo ovat ohjelmointityön osalta hyvin samanlainen kuin välimurskaamo. I/O määrä on lähes sama ja koostuu lähinnä DI- ja DO-liitynnöistä. Analogisia mittauksia on kuitenkin jonkin verran vähemmän kuin välimurskaamolla, joten kustannukset ovat noin 35 000€

6.4.3 Logiikka ja valvomolaitteisto

Logiikan laitteisto on sama peruskokoonpanoltaan kuin karkea- ja välimurskaamoilla. I/O pisteiden määrä jää näiden väliin, joten kustannukset on laskettu olevan noin 15 000€

6.4.4 Sähkökeskukset

Sähkökeskusten kustannukset syntyvät toimivan jäähdytyksen tekemisestä, sekä keskeneräisten ja väliaikaisten asennusten viimeistelemisestä. Asennuksissa on enemmän korjattavaa kuin välimurskaamolla, joten kokonaisuudessaan kustannukset nousevat noin 20 000€

6.4.5 Sähkö ja instrumentti asennukset

Asennus kustannukset jäävät hyvin pieniksi, koska uusia kaapelointeja, eikä mittauksia tai sähkölaitteita tarvita. Asennukset maksavat noin 5 000€ja koostuvat uuden logiikan asennuksesta.

Lisäksi haluttaessa saada siilojen pinnankorkeusmittaukset hyvin toimiviksi, tulee niihin varata 25 000€mitattavaa siiloa kohti. Tämä summa koostuu kalliista radiometrisestä mittalaitteesta ja sen asennuksesta.

6.4.6 Valvonta ja turvallisuus

Kameravalvontaan kuluu huomattavasti enemmän rahaa, kuin välimurskaamolla. Kokonaiskustannukset nousevat noin 13 000€ tämä johtuu siitä, että alueella tarvitaan

useita kameroita. Hihna tunneleihin kiinteitä ja muuten kerroksiin kääntyviä kameroita joilla rakennuksen sisätilaan voidaan valvoa. Normaali tilanteessa kenenkään ei kuuluisi siis liikkua kivenjakoasemalla.

Lisäksi Muihin turvalaitteisiin, kuten kääntyvien kuljetin osien ja hihnatunneleiden alueelle meno tulee valvoa turvaportein. joiden kustannukset ovat noin 10 000€

6.4.7 Vanhan purku

Kivenjakoasemalta ei tarvitse purkaa muuta kuin vanha logiikka, sekä joitain yksittäisiä antureita. Purku ja hävityskustannukset jäävät siis noin 2 000€

LÄHTEET

/1/ www.nordkalk.com

/2/

http://www.nordkalk.com/servlet/CollectionServlet?select_tree=678&page_id=222&view=0

