



MURSKAUSPROSESSIN KUSTANNUSTEHOKKUUDEN LISÄÄMINEN

Mikko Härkin

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2012
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys

Mikko Härkin:
Murskausprosessin kustannustehokkuuden lisääminen

Opinnäytetyö 36 sivua, josta liitteitä 7 sivua
Huhtikuu 2012

Tämä opinnäytetyö tehtiin Lemminkäinen Infra Oy:lle ja sen tarkoituksena oli löytää tapoja lisätä kustannustehokkuutta murskeen tuotannossa. Ylimääräisten kustannusten karsiminen on ollut viime aikoina monen yhtiön tavoitteena, kuten myös Lemminkäisen, joten opinnäytetyön tekeminen aiheesta tuntui sopivalta. Tässä opinnäytetyössä päädyttiin keskittymään kahteen erilliseen kustannuksia aiheuttavaan kohtaan. Ensimmäiseksi päätettiin vertailla leukamurskaimissa käytettäviä perinteisiä mangaaniteräksisiä louheteriä Metson tarjoamiin uudenlaisiin kovapalateriin. Kovapalaterät ovat kalliimpia, kuin perinteiset mangaaniteräksiset terät, joten päätettiin selvittää kustannuksia vertaamalla, milloin kovapalaterän käyttäminen on kannattavaa. Toisena tutkimuksen kohteena oli CAT DEO 10W-30 moottoriöljyn korvaaminen halvemmalla Teboil Super HPD 15W-40 -moottoriöljyllä. Moottoriöljyjä lähdettiin tutkimaan vertaamalla niiden täyttämiä laatuluokituksia.

Teriä vertaamalla päästiin siihen tulokseen, että jos terät vaihdetaan tuotantoajan ulkopuolella, niin siinä tapauksessa leukamurskaimessa on hieman taloudellisempaa käyttää halvempia mangaaniteräksisiä louheteriä. Jos terien vaihtamiseen käytetään yhtään tehokasta tuotantoaikaa, niin siinä tapauksessa pidempään kestävä kovapalaterä tulee halvemmaksi. Moottoriöljyvertailussa ilmeni, että Teboil Super HPD 15W-40 on luokituksiltaan jopa hieman parempi, kuin kalliimpi CAT DEO 10W-30.

Leukamurskaimen terien kustannukset ovat parhaimmassakin tapauksessa louheterällä vain hieman pienemmät, kuin kovapalaterällä. Tästä syystä on suositeltavaa siirtyä käyttämään pidempi-ikäisiä kovapalateriä. Suositeltavaa on myös jatkaa tarkkaa kirjanpitoa terien vaihtamisesta, jotta kovapalaterien kannattavuudesta voidaan varmistua. Moottoriöljytutkimuksessa kävi ilmi, että CAT DEO 10W-30 -moottoriöljyä käyttävissä koneissa on mahdollista siirtyä käyttämään Teboil Super HPD 15W-40 -moottoriöljyä. On kuitenkin varmuuden vuoksi syytä seurata moottoreiden kuntoa esimerkiksi öljyröntgenin avulla.

Opinnäytetyön liitteet ovat salassa pidettäviä.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering
Research and Development

Mikko Härkin:
Increase of Cost-Efficiency in Stone Crushing Process

Bachelor's thesis 36 pages, appendices 7 pages
April 2012

This thesis was written for Lemminkäinen Infra PLC. The objective was to find new ways to increase cost-efficiency in stone crushing process. This thesis concentrates on two different type of cause for expenses. First is comparison between traditional manganese-steel jaw crusher jaw and Metsos new hard piece jaw. Calculations were made to find out when it is reasonable to use expensive hard piece jaws. Second subject for study was motor oils. Motor oil classifications were studied to find out if CAT DEO 10W-30 motor oil could be replaced with Teboil Super HPD 15W-40.

Jaw comparison showed that traditional jaw is little bit more cost-efficient when jaws are replaced outside of production time. On the other hand if any of efficient production time is used to replace jaw then expensive hard piece jaw is cheaper solution. In motor oil study conclusion was made that Teboil Super HPD 15W-40 has little bit higher classifications than CAT DEO 10W-30.

Even in best scenario costs difference between jaw crusher jaws is so minimal that it is recommended to always use long lasting hard piece jaws. It is also wise to continue keeping diary about jaw renewing. CAT DEO 10W-30 can be replaced with Teboil Super HPD 15W-40. It is still recommended to keep an eye of condition of the motors where CAT DEO 10W-30 has been replaced with Teboil Super HPD 15W-40.

Appendixes in this thesis are confidential.

Key words: crushing process cost-efficiency, jaw crusher, motor oil

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	LEMMINKÄINEN KONSERNI	6
3	MURSKAUSPROSESSI.....	7
	3.1 Tela-alustainen murskauslaitos.....	7
	3.2 Kiinteä murskauslaitos.....	8
4	TERÄVERTAILU.....	10
	4.1 Kuluminen	10
	4.2 Leukamurskain.....	10
	4.3 Leukamurskaimen kaksiosaisten terien vaihtoperiaate.....	11
	4.4 Vertailtavien terien valinta.....	12
	4.5 Louheterän ja kovapalaterän vertailu.....	14
	4.6 Tuotannonmenetyksen huomioiminen terävertailussa.....	15
5	ÖLJYVERTAILU	18
	5.1 Moottoriöljyluokitus	18
	5.1.1 SAE J300 -luokitus	18
	5.1.2 API -luokitus (CH-4, CI-4 ja CJ-4).....	20
	5.1.3 ACEA -luokitus (E)	21
	5.1.4 Volvo -luokitus (VDS-3 ja VDS-4)	22
	5.1.5 Caterpillar -luokitus (ECF-1-a, ECF-2, ECF-3).....	23
	5.1.6 Cummins -luokitus (CES 20078 ja CES 20081).....	23
	5.2 CAT DEO 10W-30	23
	5.3 Teboil Super HPD 15W-40.....	24
	5.4 Moottoriöljymerkin vaihtamisesta seuraavat säästöt	24
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	27
	LÄHTEET.....	29
	LIITTEET	30
	Liite 1. Leukojen vaihdot C125, Janne Kangas Lemminkäinen Infra Oy.....	30
	Liite 2. Louheterän ja kovapalaterän vertailu, ilman tuotannonmenetystä	31
	Liite 3. Louheterän ja kovapalaterän vertailu, tuotannon menetys	32
	Liite 4. Polttoaineen ja öljynkulutus marraskuu 2011, Janne Kangas Lemminkäinen Infra Oy.....	33
	Liite 5. Polttoaineen ja öljynkulutus joulukuu 2011, Janne Kangas Lemminkäinen Infra Oy.....	34
	Liite 6. Polttoaineen ja öljynkulutus tammikuu 2012, Janne Kangas Lemminkäinen Infra Oy.....	35
	Liite 7. Polttoaineen ja öljynkulutus helmikuu 2012, Janne Kangas Lemminkäinen Infra Oy.....	36

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena on kustannustehokkuuden parantaminen murskeen tuotannossa. Murskauslaitoksilla käytetään erittäin suuria koneita ja energian kulutus on korkea. Mahdollisia kustannusten karsimiskohteita on useita ja asiat voidaan aina tehdä hieman paremmin ja tehokkaammin. Tässä työssä on päätetty keskittyä kahteen tarkasti määriteltyyn kohtaan, jotta saataisiin mahdollisimman toteuttamiskelpoisia tuloksia. Tarkastelun kohteeksi valikoituivat kulutusosat sekä öljyt.

Kiveä murskattaessa kulutusosat joutuvat kovalle rasitukselle ja niitä voi joutua, kiven kovuudesta riippuen, vaihtamaan tiheään tahtiin. Tässä työssä perehdytään tarkemmin leukamurskaimeen ja siinä käytettäviin teriin. Laskennallisella vertailulla pyritään saamaan selville kahden eri terämallin kustannuserot. Vertailtavina terinä ovat perinteinen louheterä sekä uudenmallinen kovapalaterä. Lähtötiedot laskentaa varten saatiin käytännön kokemuksista suoraan työmaalta.

Eri moottorivalmistajilla on omat suosituksensa heidän valmistamissa moottoreissa käytettäviksi moottoriöljyiksi. Yleensä valmistajat suosittelevat käytettäväksi heidän omia öljyjään, jotka usein ovat erittäin kalliita. Tässä työssä on tarkoituksena perehtyä moottoriöljyjen erilaisiin luokituksiin, jotta voitaisiin arvioida mahdollisuutta siirtyä käyttämään halvempia moottoriöljyjä. Vertailtavina moottoriöljyinä ovat Caterpillarin CAT DEO 10W-30 sekä Teboilin Super HPD 15W-40.

Ennen varsinaiseen työhön menemistä tässä raportissa kerrotaan Lemminkäinen konsernista sekä Lemminkäinen Infra Oy:stä. Lisäksi käydään läpi murskausprosessin perusperiaate sekä kerrotaan tela-alustaisista ja kiinteistä murskauslaitoksista.

2 LEMMINKÄINEN KONSERNI

Lemminkäisen historia alkaa vuodesta 1910, jolloin perustettiin asfaltti Oy Lemminkäinen. Tuolloin yhtiön pääasiallinen tarkoitus oli toimia rakennusmestareiden erikoisliikkeenä ja aliurakoitsijana. Suomen itsenäistyttyä yhtiön toimintaa laajennettiin mm. perustamalla oma kattuhuopatehdas. 1930 -luvulla Lemminkäinen panosti tutkimus- ja kehitystoiminnassaan asfaltin valmistukseen ja sodan jälkeen se nousikin asfalttialan johtavaksi yritykseksi mm. merkittävien yritysostojen kautta. (<http://www.lemminkainen.fi/Yhtio/Historia>)

1960 -luvulla Lemminkäinen aloitti maanrakennustyöt. Yhtiön voimakas kasvu alkoi 1970 -luvulla, jolloin se hankki Oy Alfred A. Palmberg Ab:n osake-enemmistön. Tuolloin kansainvälinen toiminta keskittyi pääasiassa Neuvostoliittoon ja Afrikkaan. Tällä hetkellä konsernin toimialat ovat talonrakentaminen, infrarakentaminen, talotekniikka ja kansainväliset toiminnot (http://www.lemminkainen.fi/Yhtio/Konsernin_rakenne). (<http://www.lemminkainen.fi/Yhtio/Historia>)

Lemminkäinen Infra Oy perustettiin 2008. Vuonna 2010 infrarakentamisen liikevaihto oli yli 930 miljoonaa euroa, joka vastasi lähes puolta toimialojen yhteenlasketusta liikevaihdosta. Liikevoittoa infrarakentaminen teki 15,3 miljoonaa euroa, joka oli yli 30 % kaikkien toimialojen liikevoitosta. Vuonna 2010 toimialan palveluksessa oli keskimäärin 4000 henkilöä. (<http://www.lemminkaineninfra.fi/fi/Yritys/Avainluvut>)

3 MURSKAUSPROSESSI

Yksinkertaistettuna, murskausprosessissa jalostettava kiviaines syötetään murskauslaitoksen syöttimeen kaivinkoneella, pyöräkuormaajalla, kuorma-autolla tai kiviautolla. Syöttimestä kiviaines siirretään esimurskaimeen, joka murskaa sen pienemmäksi jatkojalostusta varten. Esimurskaimena käytetään leuka-, iskupalkki- tai esikaramurskainta, edellä mainituista leukamurskain on yleisin. Esimurskauksen jälkeen kivet siirretään kuljettimia pitkin hienomurskaimeen. Hienomurskaimina käytetään yleisesti erilaisia karamurskaimia. Seuraavaksi kiviaines kuljetetaan seulalle, joka jakaa kiviaineksen eri lajikkeisiin. Seulaa läpäisemättömät kivet siirretään kuljettimilla takaisin hienomurskaimeen. Seulan läpäisseet kivet siirretään kuljettimilla välivarastoihin, joista ne pyöräkuormaajalla kannetaan varastokasoihin tai lastataan suoraan kuorma-autoon. On myös mahdollista, että välivarastona toimii siilo, josta kuorma-autonkuljettajat voivat itse kuormata autonsa.

3.1 Tela-alustainen murskauslaitos

Tela-alustaisissa murskauslaitoksissa on pyritty sijoittamaan murskausprosessin vaatimat laitteet mahdollisimman pieneen tilaan. Kompaktin kokonsa takia tela-alustaisia asemia on suhteellisen helppo siirtää, joten niitä käytetään pääasiassa pienissä ja lyhytkestoisissa murskausurakoissa. Tyypillinen telamurskausasema koostuu etu- ja jälkipäästä. Etupäässä on telojen päällä syötin, esimurska sekä purkukuljetin (KUVA 1). Jälkipää puolestaan koostuu seulan syöttökuljettimesta, seulasta, hienomurskaimesta sekä seulan purkukuljettimesta (KUVA 2). Etu- ja jälkipään väliin voidaan vielä sijoittaa yksikkö, jossa on esimerkiksi hienomurskain. Kuvat 1 ja 2 on otettu Harri Pasasen asemalta, sen ollessa Lappeenrannassa.

Tela-alustaista asemaa syötetään usein kaivinkoneella. Kuljettaja syöttää louhetta kaivinkoneen ympäriltä murskan syöttimeen ja, kun louhe ympäriltä loppuu, siirretään murskaimia lähemmäksi louhepenkkaa. Murskausajan tehokkaan käytön varmistamiseksi siirrot pyritään tekemään aamulla, ennen murskausajan alkamista tai illalla, murskauksen päättyttyä.



KUVA 1. Metson uj440i -etupää (Mikko Härkin 9.8.2011)



KUVA 2. Metson Lokotrack LT 300GPB -jälkipää (Mikko Härkin 9.8.2011)

3.2 Kiinteä murskauslaitos

Kiinteällä murskausasemalla laitteet on sijoitettu erilleen toisistaan. Syötin ja esimurska muodostavat yhden kokonaisuuden, aivan kuin tela-alustaisellakin asemalla. Hienomurskaimet, seulat ja mahdolliset keskipakomurskaimet muodostavat oman yksittäisen kokonaisuutensa (KUVA 3). Tämä järjestely mahdollistaa useiden seulojen, sekä murskainten käytön ja helpottaa prosessiin muuttamista yhden kokonaisuuden

hajotessa. Kuitenkin tärkein etu on usean seulan käyttäminen, joka mahdollistaa usean lajikkeen tuotannon yhtä aikaa.



KUVA 3. Tommi Heikkilän kiinteä asema Malmgårdissa (Mikko Härkin 3.8.2010)

Kiinteän aseman siirtäminen on työlästä, verrattuna tela-alustaiseen asemaan, joten kiinteitä asemia käytetään pidempikestoisissa urakoissa. Murskeen syöttäminen tämänkaltaiseen asemaan tapahtuu kaivinkoneella, pyöräkuormaajalla, kivi- tai kuorma-autolla. Kivi- ja kuorma-autosyötössä louhe lastataan pyöräkuormaajalla tai kaivinkoneella autoon, jolla se siirretään murskaimen syöttimeen.

4 TERÄVERTAILU

4.1 Kuluminen

Kulumisella tarkoitetaan materiaalin häviämistä kulutusosan pinnalta. Lukuisat eri asiat vaikuttavat kulumiseen, näitä ovat muun muassa kulumistyyppi, ympäristötekijät, syötemateriaali ja kulutusosan ominaisuudet. Suurin yksittäinen tekijä kulutusosien kulumisessa on syötemateriaalin kuluttavuus eli abrasiivisuus. Yleensä murskauksessa syötemateriaali puristetaan kahden terän väliin, puristuksessa syötemateriaali rikkoontuu, mutta samalla se kuluttaa materiaalia pois teristä. Puristuksesta johtuvaa kulumista kutsutaan korkean paineen abraasioksi. Matalan paineen abraasio puolestaan tarkoittaa terää pitkin liukuvan syötteen aiheuttamaa kulumista. (Metso. 2011. Wear parts application guide: Wear and materials 3-4)

4.2 Leukamurskain

Leukamurskainten terävertailu suoritettiin tela-alustaisella murskauslaitoksella, jolla oli käytössä Metson valmistama C125 leukamurskain. Metson C-sarja on maailmanlaajuisesti yleisimmin käytetty leukamurskainsarja. C-sarjan murskainten rungoissa käytetään hyväksi niin sanottua modulaarirakennetta. Modulaarirakenteella tarkoitetaan, ettei rungossa ole käytetty lainkaan hitsaussaumoja, vaan murskaimen kaksi kuumavalssattua teräslevyä on kiinnitetty runkoon tarkkuustyöstetyillä tapeilla ja pulteilla. Murskaimen iskunkestävyys paranee, koska siitä on jäänyt pois hitsaussauman kaltaiset rasituslinjat.

[http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/B8CF69AE17A2753342256AF800334C07/\\$File/CseriesFinnish.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/B8CF69AE17A2753342256AF800334C07/$File/CseriesFinnish.pdf)

C-sarjan leukamurskaimiin on saatavana useita erilaisia leukamalleja. Normaalin leuan lisäksi on mahdollista käyttää muun muassa louhosmallin leukoja, superhampaisia leukoja sekä laatanestoleukoja. Uutena leukamallina Metso tarjoaa niin sanottuja kovapalaleukoja, joiden kestoikä on perinteistä leukaa pidempi (KUVA 4).

[http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/B8CF69AE17A2753342256AF800334C07/\\$File/CseriesFinnish.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/B8CF69AE17A2753342256AF800334C07/$File/CseriesFinnish.pdf)



KUVA 4. C125 leukamurskaimen käyttämätön kovapalaterä (Mikko Härkin 29.3.2012)

4.3 Leukamurskaimen kaksiosaisten terien vaihtoperiaate

Kaksiosaisen terän vaihtaminen leukamurskaimeen tapahtuu siirtämällä ylempi terä alas ja asentamalla ylös kokonaan uusi terä. Leukamurskaimen rakenteesta johtuen alempi terä joutuu suuremmalle rasitukselle kuin ylempi. Terät sisältävät paljon iskulujittuvaa mangaania, joten terän pitkän käyttöiän varmistamiseksi sitä käytetään ensin yläteränä, jossa se lujittuu hieman. Tämän jälkeen terää voidaan käyttää leukamurskan alateränä (KUVA 5). Kuvassa 5 näkyy C125 leukamurskaimen liikkuvan leuan ylä- ja alaterä, vasemmanpuoleinen sivukiila sekä hieman kiinteää leukaa.



KUVA 5. C125 leukamurskaimen kita (Mikko Härkin 27.2.2012)

Kyseessä olevan murskaimen syöttöaukon leveys on 1250 mm ja vastaavasti syvyys 950 mm. Teho on 160 kW ja käyntinopeus 220 r/min. ([http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/B8CF69AE17A2753342256AF800334C07/\\$File/CseriesFinnish.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/B8CF69AE17A2753342256AF800334C07/$File/CseriesFinnish.pdf))

4.4 Vertailtavien terien valinta

Leukavertailussa käytettiin Janne Kankaan johtamaa murskauslaitosta, koska hänellä on ollut käytössä perinteisiä louhosteriä sekä uusia kovapalateriä. Asema on otettu käyttöön 23.6.2011. Heti käyttöönotosta lähtien on asemalla pidetty tarkkaa päiväkirjaa leukamurskaimen terien vaihdoista sekä niillä murskatuista kivimääristä. Taulukot C125 murskaimen terien vaihdoista sekä niillä ajetuista tonneista löytyy liitteestä 1.

Taulukosta 1. nähdään kiinteän ja liikkuvan leuan terät juoksevilla numeroinnilla, niiden vaihtopäivämäärät sekä terillä murskatut kivimäärät tuhansina tonneina. Aseman aloittaessa toimintansa 23.6.2011 kaikki terät olivat uusia ja tehtaalla asennettuja.

Selvennetään taulukon 1. lukemista esimerkillä. 23.6.2011 kiinteässä leuassa oli alhaalla terä numero 1 ja ylhäällä vastaavasti terä numero 2. Terä 1 kului loppuun ja se poistettiin käytöstä 25.8.2011. Terän numero 1 tilalla siirrettiin ylhäällä ollut ja

iskulujittunut terä numero 2. Yläteräksi asennettiin täysin uusi terä numero 3. Näin ollen terällä numero 1 murskattiin 146 284 tonnia kiveä.

TAULUKKO 1. C125 terien vaihto

pvm.	Liikkuva		Kiinteä		Huom!	Tonnit yht.
	ala	ylä	ala	ylä		
23.6.2011	1	2	1	2	Kaikki uusia	0
25.8.2011			2	3	vaihto	146284
26.9.2011	1	2			1 ympäri	224855
26.9.2011			3	4	vaihto	224855
7.10.2011	2	3			vaihto	251218
2.11.2011			4	5	vaihto	312427
3.1.2012	3	4			vaihto	466169
3.2.2012			5	4	Ympäri (4 loppu)	518279

Taulukosta 1. huomataan, että kiinteän leuan terät kuluvat huomattavasti nopeammin kuin liikkuvan leuan terät. Tässä vertailussa keskitytäänkin juuri kiinteään leukaan, johtuen sen suuremmasta teräotannasta. Taulukkoon 2. on koottu yhteenveto kiinteän leuan terien tyypeistä ja numeroista sekä niillä murskatuista kivimääristä.

TAULUKKO 2. Kiinteän leuan terien kesto

Kiinteä tyyppi&nro:	Kesto (t)
Tavallinen 1	146284
Tavallinen 2	224855
Tavallinen 3	166143
Kovapala 4	293424

Taulukosta 2. huomataan, että kiinteän leuan terä numero 4 on ensimmäinen uudenmallinen kovapalaterä. Taulukkoa 1. tarkasteltaessa tulee huomioida, että 3.2.2012 terä numero 4 on käännetty ympäri ja nostettu takaisin yläteräksi. Tässä vaiheessa terä on kuitenkin ollut jo niin kulunut, että voidaan katsoa sen olleen loppuun ajettu kyseisellä päivämäärällä. Tämä huomioiden terälle numero 4 saadaan taulukon 2. mukainen kesto 293 424 tonnia.

Terä numero 1 ei kelpaa vertailuun kovapalaterän kanssa. Tämä johtuu siitä, että terä numero 1 on ollut käytössä pelkästään leukamurskaimen alaosassa, jossa se ajettiin loppuun. Tästä seuraa terän numero 1 vähäinen kestoikä 146 284 tonnia. Myöskään terän numero 2 kestoikää ei voida käyttää vertailuun. Terää numero 2 käytettiin yläteränä normaalia pidempään, koska terää numero 1 käytettiin alusta loppuun alateränä. Yläterä ei kulu läheskään yhtä paljon kuin alaterä, tästä johtuu terän numero 2 näennäisen pitkä kestoikä 224 855 tonnia.

Kiinteän leuan terä numero 3 on ainoa perinteinen louheterä, joka on käynyt läpi normaalin teränvaihtokierron. Tästä syystä terävertailussa käytetään louheterää numero 3 ja kovapalaterää numero 4. Terällä numero 3 murskattiin 166 143 tonnia kiveä.

4.5 Louheterän ja kovapalaterän vertailu

Terien kustannustehokkuutta laskettaessa otettiin huomioon seuraavat tekijät: vaihtoon menevä aika, nostokoneen vuokra, työntekijöiden palkka, terän hinta sekä käyttöikä. Laskennassa oletettiin teränvaihto suoritettavaksi murskausajan ulkopuolella, joten mahdollista tuotannonmenetystä ei ole otettu huomioon. Harvemmallalla teränvaihtotiheydellä on joitakin positiivisia vaikutuksia, jotka on laskennassa jätetty huomiotta. Näitä vaikutuksia ovat muun muassa terän profiilin pysyminen parempana pidempään, josta seuraa leukamurskaimen tehokkaampi toiminta sekä vaihtotiheyden harvenemisen mukana laskevat työtaturmat. Lisäksi terien toimittamisesta paikan päälle aiheutuu kuluja, jotka jäävät työmaan maksettavaksi. Terien vaihdon aikana on myös turhia kuluja, joista suurin lienee konepankille maksettavat konevuokrat.

Metso Minerals:illa tehdyssä haastattelussa kulutusosiin erikoistunut Olli Kellokumpu (2012) kertoi perinteisen mangaani teräksisen terän hintaluokaksi 2,5 € / kg. Vastaavasti kovapalaterien hintaluokaksi hän mainitsi 5-5,5 € / kg. Samassa keskustelussa tuli ilmi C125 leukamurskaimen kaksiosaisien terien painot. Kiinteä terä painaa 1 452 kg ja liikkuva terä 1 426 kg. Laskennassa käytettiin kiinteän terän painoa 1 452 kg, sekä kovapalaterän kilohintaa 5 € / kg.

Perustuen vanhoihin laskuihin, nosturin vuokraksi arvioitiin 120 € / h. Terän vaihtamiseen arvioitiin tarvittavan kaksi työntekijää, joilla menisi vaihtamiseen aikaa

viisi tuntia. Palkkakustannuksiksi arvioitiin 30 € / h työntekijää kohden. Terien kestoikinä käytettiin taulukosta 2 saatuja arvoja, jotka olivat louheterälle 166 143 tonnia ja kovapalaterälle 293 424 tonnia.

Terien kustannuksia laskettaessa käytettiin kaavaa:

$$K = \frac{V_{aika}(V_n + P_{yht}) + H}{TK} \quad (1)$$

jossa, K = kustannukset, € / t
 V_{aika} = terän vaihtamiseen kuluva aika, t
 V_n = nostokoneen vuokra, € / h
 P_{yht} = yhteenlasketut palkat, € / h
 H = terän hinta, €
 TK = terän kestoikä, t

Kaavaa 1 käyttämällä louheterän kustannuksiksi saatiin 0,0273 € / tonni. Vastaavasti kovapalaterän kustannuksiksi saatiin 0,0278 € / tonni. Vuosittaiseksi murskausmääräksi voidaan olettaa 800 000 tonnia. Tällä tonnimäärällä louheterän vuosikustannuksiksi tulee 21 840 euroa. Vastaavat kustannukset kovapalaterälle ovat 22 240 euroa. Näin ollen kovapalaterän vuosittaiset kustannukset ovat 400 euroa suuremmat, kuin perinteisen louheterän. Terille laskettiin myös kestoikien suhde jakamalla kovapalaterän kestoikä louheterän kestoikä. Terien kestoikien suhteeksi saatiin hieman alle 1,8. Kaavaa 1 hyväksikäyttäen laskettiin minimiarvo terien kestoikien suhteelle. Minimiarvoksi saatiin hieman yli 1,8. Tämä tarkoittaa, että laskennassa käytettyjen arvojen perusteella kovapalaterän tulee kestää vähintään 1,8 kertaa pidempään, kuin louheterän, jotta kovapalaterän käyttäminen on taloudellisesti kannattavaa. Minimisuhdeluku 1,8 koskee vain kyseessä olevaa tapausta. Laskennassa käytetyt arvot sekä kaavat näkyvät tarkemmin liitteessä 2.

4.6 Tuotannonmenetyksen huomioiminen terävertailussa

Edellisessä kappaleessa leukamurskaimen teriä vertailtiin sen olettamuksen pohjalta, että terien vaihto tapahtuu murskausajan ulkopuolella. Näin ollen tuotannonmenetyksestä ei aiheudu kustannuksia. Aina ei kuitenkaan ole mahdollista,

eikä turvallista, suorittaa terien vaihtoa murskausajan ulkopuolella. Murskausajan ollessa esimerkiksi 7:00 – 22:00 voi olla hankalaa saada nostoautoa murskausajan jälkeen. Lisäksi varsinkin talvella, iltojen ollessa pimeitä, ei ole turvallisuuden kannalta tarkoituksen mukaista suorittaa terien vaihtoa näin myöhään.

Yleispätevää arvoa tuotannonmenetykselle on vaikea arvioida, koska tuotantokapasiteetti vaihtelee, riippuen muun muassa murskauskalustosta, valmistettavista lajikkeista sekä säästä. Tuotannonmenetyksiä laskettaessa otettiin huomioon murskauslaitoksen kapasiteetti, tuotteista saatava hinta sekä kuinka moneksi tunniksi tuotanto seisahtuu terien vaihdon takia. Tuotannonmenetyksen aiheuttamia kustannuksia laskettaessa käytettiin kaavaa:

$$K_{tm} = \frac{V_{aika}(V_n + P_{yht}) + H + KapH_t T_a}{TK} \quad (2)$$

jossa, K_{tm} = kustannukset, € / t
 V_{aika} = terän vaihtamiseen kuluva aika, h
 V_n = nostokoneen vuokra, € / h
 P_{yht} = yhteenlasketut palkat, € / h
 H = terän hinta, €
 Kap = kapasiteetti, t/h
 H_t = tuotteiden keskihinta, €/t
 T_a = menetetty tuotantoaika, h
 TK = terän kestoikä, t

Kaavan 2 pohjana on käytetty kaavaa 1, johon on teränvaihtokustannuksiin lisätty tuotannon pysähtymisestä aiheutuvat kustannukset. Kyseessä olevassa tapauksessa murskauslaitoksen kapasiteettina käytettiin 300 t / h. Tuotteiden keskimääräiseksi tonnihinnaksi arvioitiin 2 € / t. Terien vaihtoon oletettiin käytettävän kaksi tuntia tuotantoaika. Muut laskennassa tarvittavat arvot pidettiin samana, kuin tuotannonmenetystä huomioimattomassa kaavassa.

Kaavaa 2 käyttämällä saatiin louheterän kustannuksiksi 0.0345 € / t. Vastaavasti kovapalaterän kustannuksiksi saatiin 0.0319 € / t. Vuosittaiseksi murskausmääräksi oletetaan 800 000 tonnia, joten louheterän vuosikustannukset ovat 27 600 euroa. Kovapalaterän vuosittaiset kustannukset ovat puolestaan 25 520 euroa. Näin ollen

kovapalaterän käyttäminen tulee vuosittain 2 080 euroa halvemmaksi, kuin perinteisen louheterän käyttäminen. Terien kestoikien minimisuhteeksi saatiin vähän yli 1,6. Laskenta ja tarkemmat arvot näkyvät liitteessä 3. Tuloksien perusteella kovapalatera on kustannustehokkaampi jo 1,6 kertaisella kestoiällä, kun huomioidaan tuotannon keskeytymisestä aiheutuvat kulut.

5 ÖLJYVERTAILU

Lemminkäinen Infra Oy:ssä on pohdittu CAT DEO 10W-30 –moottoriöljyn korvaamista pyöräkuormaajissa sekä agregateissa Teboil Super HPD 15W-40 –moottoriöljyllä. Tässä öljyvertailussa kartoitetaan kyseessä olevien öljyjen luokitukset ja arvioidaan moottoriöljymerkin vaihtomahdollisuudet sekä siitä seuraavat säästöt.

5.1 Moottoriöljyluokitus

Moottoriöljyille on useita erilaisia luokituksia. Luokitukset kuvaavat muun muassa moottoriöljyn viskositeetin käyttäytymistä erilaisissa lämpötiloissa, öljyn soveltumista erilaisille moottorityypeille sekä öljyn toimivuutta raskaissa ja tehoa vaativissa olosuhteissa. Seuraavassa käydään läpi moottoriöljyn viskositeettia kuvaava SAE J300 -luokitus, voimassa olevat API- sekä ACEA-luokitukset sekä muutamia OEM-luokituksia. OEM tulee sanoista Original Equipment Manufacturer ja tarkoittaa eri laitevalmistajien omia moottoriöljyalaatuluokituksia (<http://www.pqiamerica.com/apiserviceclass.htm>). ACEA-luokituksista tarkastellaan vain raskaankaluston moottoriöljyjä koskevaa luokkaa E.

5.1.1 SAE J300 -luokitus

SAE J300 on luokitusjärjestelmä, joka kuvaa moottoriöljyn viskositeettia. SAE J300 -luokitusjärjestelmän kehittäjä sekä ylläpitäjä on Society of Automotive Engineers. Yksinkertaistettuna viskositeetti kuvaa nesteen tai kaasun ”juoksevuutta”. Korkean viskositeetin nesteitä kuvataan ”paksuiksi” ja matalan viskositeetin nesteitä puolestaan ”ohuiksi”. (http://www.ideas4aged.com/uploads/3/7/0/4/3704787/stan_toepfer_understanding_motor_oil_viscosity.pdf)

SAE J300 -luokituksesta käy ilmi moottoriöljyn soveltuvuus talvikäyttöön ja kuinka kylmälle ilmalle se soveltuu, sekä kuinka öljy käyttäytyy 150 °C lämpötilassa (Taulukko 3). Senti poisi (*cP*) ja senti stoki (*cSt*) ovat viskositeettiin liittyviä

yksiköitä, joiden SI-järjestelmän vastaavat yksiköt ovat $mPa \cdot s$ sekä $\frac{mm^2}{s}$ (Tekniikan kaavasto 2005, 183)

Taulukossa 3 näkyy SAE viskositeettiluokitus, kylmäkäynnistysviskositeetit, pumpattavuuslämpötilat, kinemaattisen viskositeetin minimi- ja maksimiarvo 100 °C:ssa sekä viskositeetin minimiarvo 150 °C:ssa.

TAULUKKO 3. SAE J300 moottoriöljyluokat matalille ja korkeille lämpötiloille. (<http://www.widman.biz/English/Tables/J300.html>)

SAE Viscosity Grade	Cold Cranking Viscosity (cP) (°C)	Maximum Low Temperature Pumping Viscosity (cP) (°C)	Low-Shear-Rate Kinematic Viscosity(cSt) at 100°C (Min)	Low-Shear-Rate Kinematic Viscosity (cSt) at 100°C (Max)	High-Shear-Rate Viscosity (cP) at 150°C (Min)
0W	6,200 @ -35°C	60,000 @ -40°C	3.8	-	-
5W	6,600 @ -30°C	60,000 @ -35°C	3.8	-	-
10W	7,000 @ -25°C	60,000 @ -30°C	4.1	-	-
15W	7,000 @ -20°C	60,000 @ -25°C	5.6	-	-
20W	9,500 @ -15°C	60,000 @ -20°C	5.6	-	-
25W	13,000 @ -10°C	60,000 @ -15°C	9.3	-	-
20	-	-	5.6	9.3	2.6
30	-	-	9.3	12.5	2.9
40	-	-	12.5	16.3	2.9 (0W-4, 5W-40, 10W-40)
40	-	-	12.5	16.3	3.7 (15W-4, 20W-40, 24W-40, 40 monograde)
50	-	-	16.3	21.9	3.7
60	-	-	21.9	26.1	3.7

5.1.2 API -luokitus (CH-4, CI-4 ja CJ-4)

Tässä kappaleessa kerrotaan tarkemmin vain API-luokituksista CH-4, CI-4 ja CJ-4, sillä ne ovat ainoat voimassa olevat diesel moottoreita koskevat API-luokitukset. Näiden lisäksi on olemassa luokituksia henkilöautojen moottoriöljyille ja bensiinimoottoreiden moottoriöljyille. Kaikista kolmesta moottoriöljyryhmästä löytyy lisäksi vanhentuneita ja käytöstä poistettuja luokituksia. (<http://www.api.org/certification-programs/engine-oil-diesel-exhaust-fluid/~media/Files/Certification/Engine-Oil-Diesel/Publications/Engine-Oil-Guide-2010-120210.ashx>)

API-luokitus on moottoriöljyille käytettävä luokitusjärjestelmä, joka määrittelee erilaisten parametrien, kuten männän puhtauden ja männänrenkaiden kulumisen raja-arvoja erilaisia testimoottoreita käyttäen (<http://www.teboil.fi/Publication.asp?path=1;1510;1508;5637;5650;5652;5653>).

Kyseessä oleva vapaaehtoinen luokitusjärjestelmä on American Petroleum Instituten, öljy- ja lisäaineteollisuuden sekä ajoneuvo- ja moottorivalmistajien yhteistyön tulos. Ajoneuvo- ja moottorivalmistajista mukana ovat Ford, General Motors, ja DaimlerChrysler sekä Japan Automobile Manufacturers Associationin ja Engine Manufacturers Associationin edustamat merkit. Suorituskykyvaatimukset sekä testausmenetelmät varmennetaan ajoneuvo- ja moottorivalmistajien, teknisten yhteisöjen sekä kauppaliittojen toimesta. Näitä ovat muun muassa American Society for Testing and Materials (ASTM), Society of Automotive Engineers (SAE) ja American Chemistry Council (ACC). (<http://www.api.org/certification-programs/engine-oil-diesel-exhaust-fluid.aspx>)

CH-4 tuotiin julkisuuteen vuonna 1998. Luokitus koskee nopeakäyntisiä nelitahtimoottoreita ja on suunniteltu ottamaan huomioon vuoden 1998 pakokaasujen päästöstandardit. CH-4 öljyt on tarkoitettu käytettäväksi sellaisten dieselöljyjen kanssa, joiden rikkipitoisuus on maksimissaan 0,5 painoprosenttia. CH-4 öljyjä voidaan käyttää korvaamaan CD, CE, CF-4, ja CG-4 luokituksen öljyjä. (<http://www.api.org/certification-programs/engine-oil-diesel-exhaust-fluid/~media/Files/Certification/Engine-Oil-Diesel/Publications/Engine-Oil-Guide-2010-120210.ashx>)

CI-4 julkaistiin vuonna 2002. Luokitus koskee nopeakäyntisiä nelitahtimoottoreita ja ottaa huomioon vuoden 2004 pakokaasuja koskevat päästövaatimukset. CI-4 luokituksen öljyt auttavat pitämään yllä moottorin kestävyyttä, kun käytössä on pakokaasujen takaisinkierätyjärjestelmä (EGR). CI-4 -luokan öljyjä käytettävän moottorin dieselöljyn rikkiarvo on 0,5 painoprosenttia. CI-4 öljyjä voidaan käyttää korvaamaan CD, CE, CF-4, CG-4 ja CH-4 öljyjä. Vaatimukset täyttäessään, öljy voi saada luokituksen CI-4 Plus. <http://www.api.org/certification-programs/engine-oil-diesel-exhaust-fluid/~media/Files/Certification/Engine-Oil-Diesel/Publications/Engine-Oil-Guide-2010-120210.ashx>

CJ-4 on uusiin dieselmotoreita koskeva API-luokitus ja se auttaa vastaamaan mallivuotta 2010 koskeviin maantie- ja tason 4 maastokäytön pakokaasujen päästövaatimuksiin. CJ-4 öljyt on suunniteltu käytettäväksi maksimissaan 0,05 painoprosentin rikkiarvoisuuden omaavien dieselöljyjen kanssa. Kuitenkin, CJ-4 luokan öljyn käyttäminen rikkiarvoisuudeltaan yli 0,0015 painoprosentin dieselöljyjen kanssa saattaa vaikuttaa pakokaasujen takaisinkierätyjärjestelmään, kuin myös öljyjen vaihtoväliin. CJ-4 luokan öljyt ovat erityisen tehokkaita ylläpitämään sellaisten järjestelmien kestävyyttä, joissa käytetään partikkelisuodattimia tai muita kehittyneitä jälkikäsitteilylaitteita. CJ-4 luokan öljyt ehkäisevät muun muassa partikkelisuodattimien tukkeutumista, moottorin kulumista sekä mäntien karstoittumista. CJ-4 -luokituksen öljyillä voidaan korvata CI-4, CI-4 PLUS, CH-4, CG-4 ja CF-4 -luokan öljyt. Käytettäessä rikkiarvoisuudeltaan yli 0,0015 painoprosentin dieselöljyä on kuitenkin syytä ottaa selvää öljynvaihtovälistä. <http://www.api.org/certification-programs/engine-oil-diesel-exhaust-fluid/~media/Files/Certification/Engine-Oil-Diesel/Publications/Engine-Oil-Guide-2010-120210.ashx>

5.1.3 ACEA -luokitus (E)

ACEA on eurooppalaisten autonvalmistajien yhteenliittymä, jonka öljyluokitus jakautuu kolmeen osaan. A/B -luokka koskee bensiini (A) ja diesel (B) moottoreita. C -luokkaan kuuluu katalysaattoriyhteensopivat öljyt ja E-luokka sisältää raskaankaluston dieselmotoreille tarkoitettuja öljyjä. Tässä kappaleessa käsitellään pelkästään luokitusta E, koska se on vaatimuksiltaan lähimpänä maanrakennusalalla käytettäviä koneita. http://profi-tech.com/info_detail.php?info_nr=72&sprache_nr=1&v=flash

Luokkamerkinnöistä E1, E2 E3 ja E5 on luovuttu. Jäljellä on merkinnät E4, E6, E7 ja E9. E4 -luokan öljyjä suositellaan turboahdetuille dieselmootoreille, jotka täyttävät Euro I - IV päästövaatimukset, sekä joilla työskennellään vaativissa olosuhteissa tai pidennetyillä öljynvaihtoväleillä. Kyseessä olevan luokan öljyt sopivat moottoreihin, joissa ei ole partikkelisuodattimia. http://profi-tech.com/info_detail.php?info_nr=72&sprache_nr=1&v=flash

E6 -luokan öljyjä suositellaan samanlaisiin tilanteisiin, kuin E4 -luokan öljyjä. Lisäksi E6 -luokan öljyt sopivat moottoreihin, joissa käytetään pakokaasujen takaisinkierrätysjärjestelmää. Kyseessä olevan luokan öljyt sopivat myös partikkelisuodattimella varustetuille, sekä pelkistyskatalysaattoria (SCR) käyttäville moottoreille. E6 -luokan öljyjen kanssa suositellaan käytettävän vähärikkistä dieseliä (rikkipitoisuus alle 0,5 painoprosenttia). http://profi-tech.com/info_detail.php?info_nr=72&sprache_nr=1&v=flash

E7 -luokan öljyjä suositellaan käytettäväksi E4- ja E6 -luokissa kerrotuissa kohteissa. Lisäksi E7 -luokan öljyt sopivat partikkelisuodattimettomiin moottoreihin, sekä suurimpaan osaan pakokaasujen takaisinkierrätystä tai pelkistyskatalysaattoria käyttävistä moottoreista. http://profi-tech.com/info_detail.php?info_nr=72&sprache_nr=1&v=flash

E9 -luokituksella varustetut öljyt soveltuvat suurimpaan osaan dieselpartikkelisuodattimella varustetuista ja varustamattomista EGR-moottoreista sekä suurimpaan osaan SCR-moottoreista. Kyseessä oleva öljy toimii myös dieselpartikkelisuodattimella varustetuissa moottoreissa yhdistettynä rikki-vapaaseen polttoaineeseen. http://profi-tech.com/info_detail.php?info_nr=72&sprache_nr=1&v=flash

5.1.4 Volvo -luokitus (VDS-3 ja VDS-4)

API-laatuluokitus asettaa moottoriöljyjen suorituskyvylle minimivaatimustason. Jotkin valmistajat, volvo mukaan lukien, suosittelvat kuitenkin käytettäväksi minimivaatimustason ylittäviä moottoriöljyjä. Tästä syystä valmistajilla on olemassa

omia moottoriöljyjen laatuluokituksia. Yleensä nämä kuitenkin pohjautuvat API-laatuluokitusjärjestelmään. Volvon käyttämä laatuluokka VDS-3 vastaa API CI-4 -luokan moottoriöljyjä, tiukennetuilla kriteereillä. Volvo VDS-4 puolestaan vastaa tiukennettua API CJ-4 -luokkaa. (Lakshminarayanan & Nayak 2011, 279)

5.1.5 Caterpillar -luokitus (ECF-1-a, ECF-2, ECF-3)

Myöskin Caterpillar käyttää omaa laatuluokitusjärjestelmää öljyilleen. Caterpillarin käyttämille luokille löytyy kuitenkin vastaavuudet API -luokituksesta. ECF-1-a -luokka on yhteneväinen API CH-4 -luokan kanssa. Caterpillar ECF-2 -luokkaa vastaa API -luokituksessa CI-4 tai CI-4 Plus. Caterpillar ECF-3 on puolestaan yhteneväinen uusimman API -luokan, CJ-4 kanssa. (Lakshminarayanan & Nayak 2011, 279)

5.1.6 Cummins -luokitus (CES 20078 ja CES 20081)

Cumminsin käyttämät moottoriöljyjen laatuluokat perustuvat API -luokitukseen. Cummins CES 20078 on yhtenevä API CI-4 tai CI-4 Plus -luokkien kanssa. Uudempi Cumminsin laatuluokka CES 20081 puolestaan vastaa uusinta API CJ-4 -luokkaa, mutta tiukennetuilla vaatimuksilla. (Lakshminarayanan & Nayak 2011, 279)

5.2 CAT DEO 10W-30

CAT DEO 10W-30 moottoriöljy täyttää vaatimukset API luokitukseen CI-4, CH-4, CG-4 sekä CF-4/CF. CG-4 sekä CF-4/CF ovat vanhentuneita ja käytöstä poistettuja laatuluokituksia, joten niitä ei huomioida vertailussa. CAT DEO 10W-30 täyttää Caterpillarin laatuluokituksen ECF-1 sekä Volvon käyttämän luokituksen VDS-2. Taulukosta 3 näkyy CAT DEO 10W-30 moottoriöljyn edellä mainittujen laatuluokkien lisäksi muut täytyvät laatuluokitukset. (<http://parts.cat.com/cda/files/3056169/7/PEHJ0059-02.pdf>)

TAULUKKO 3. CAT DEO 10W-30 sekä Teboil Super HPD 15W-40 luokitukset

Luokitus	CAT 10W30	DEO TEBOIL SUPER HPD 15W40
API Diesel	CI-4 CH-4	CI-4 CH-4
ACEA		E7, E5, E3, B4
Volvo	VDS-2	VDS-3, VDS-2
Caterpillar	ECF-1	ECF-1a, -2
Cummins	CES 2007/1/76	CES 20071, -2, -6, -7, -8
Mack	EO-M Plus	EO-M Plus
MAN		3275
MB		228.3
Renault		RVI RLD
Global		DHD-1
Jaso		DH-1; MTU 2

5.3 Teboil Super HPD 15W-40

Teboil Super HPD 15W-40 voimassaolevat API-luokitukset ovat CI-4 ja CH-4. Korkein raskaankaluston ACEA-luokka, jonka Teboil Super HPD 15W-40 täyttää on E7. Puolestaan korkein Volvo-luokitus on VDS-3 ja korkein Caterpillar-luokka ACF-1a. Taulukosta 3 näkee edellä mainitut, sekä Teboil Super HPD 15W-40 -moottoriöljyn täyttämät muut laatuluokitukset. (<http://www.teboil.fi/Product.asp?path=1;1510;1503;1515;1533;3244;4098;4354;4436>)

5.4 Moottoriöljymerkin vaihtamisesta seuraavat säästöt

Arvioidaan kalliimman CAT DEO 10W-30 moottoriöljyn vaihtamisesta, halvempaan Teboil Super HPD 15W-40 moottoriöljyyn, seuraavat säästöt käyttämällä esimerkkinä terävertailussakin käytettyä Janne Kankaan asemaa. Kyseessä olevalla asemalla on murskaimen moottorina Caterpillar C 13. Asemalla ylläpidettyjen polttoaineen- ja öljynkulutuksen päiväkirjojen perusteella tehtiin taulukko 4, josta nähdään moottorin

tuntimittarin lukema sekä vaihdettu tai lisätty öljymäärä. Polttoaineen ja öljynkulutuksen päiväkirjat ovat liitteet 4, 5, 6 ja 7.

TAULUKKO 4. Murskaimen moottoriöljyjen vaihto ja kuluminen

Moottoriöljyn vaihdot ja kuluminen		
Tuntimittarin lukema	Vaihdettu öljymäärä / l	Lisätty öljymäärä / l
1479	40	
1649		12
1705	40	
1942		16
1961	40	
2207		10
2224	40	
2420		10
2438	40	

Taulukosta 4 nähdään, että moottoriöljyt on pyritty vaihtamaan 250 tunnin välein. Vertaamalla tarkasteluväliä ja lisättyä moottoriöljymääriä voidaan laskea, että 250 tunnin vaihtovälin aikana on moottoriin jouduttu lisäämään keskimäärin 12,5 litraa moottoriöljyä.

Laskutustiedoista nähdään moottoriöljyjen hinnat, jotka ovat Teboilin Super HPD 15W-40 -moottoriöljylle 348,19 € / tynnyri ja CAT DEO 10W-30 -moottoriöljylle 87,25 € / 20 litraa. Tynnyrin ollessa 196 litraa saadaan Teboil Super HPD 15W-40 -moottoriöljyn hinnaksi 1,776 € / litra. CAT DEO 10W-30 -moottoriöljyn hinnaksi puolestaan tulee 4,362 € / litra.

Vaihdetut sekä öljynvaihtovälin aikana lisätyt öljyt huomioiden saadaan vaihtovälille tarvittavaksi öljymääräksi 52,5 litraa. Käyttämällä Caterpillarin öljyä tämä vastaa 229 euroa. Teboilin öljyä käyttämällä summaksi saadaan 93 euroa.

Polttoaineen ja öljynkulutuksen päiväkirjoista nähdään, että taulukossa 4 käytetty tarkasteluväli, joka on 959 tuntia, on tullut täyteen noin kolmessa kuukaudessa. Näin ollen voidaan arvioida murskauslaitoksen koko vuoden käyntiajaksi noin 3 800 tuntia. Tällä tuntimäärällä öljynvaihtokertoja kertyy vuodessa 15. Näin ollen vuosittaiset

kustannukset moottoriöljyjen osalta on Caterpillarin öljyllä 3 435 euroa ja Teboilin öljyllä 1 395 euroa.

Työkoneissa moottoriöljymerkin vaihtamista tulee miettiä tapauskohtaisesti. Vaihtoa suunniteltaessa tulee ottaa huomioon koneen moottoriöljysuositukset, sekä verrata suositellun moottoriöljyn luokituksia Teboil Super HPD 15W-30 -moottoriöljyn vastaaviin luokituksiin.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Leukamurskaimen teriä vertailtaessa huomattiin, että Metson kovapalaterä kestää noin 1,8 kertaa pidempään kuin perinteinen lougheterä. Terien vaihtamisen tapahtuessa täysin tuotantoajan ulkopuolella saatiin laskettua perinteisen lougheterän tonnikohtaisiksi kustannuksiksi 0,0273 € / tonni. Vastaavat kustannukset kovapalaterälle ovat 0,0278 € / tonni. Näin ollen terämalleilla ei ole kustannusmielessä juurikaan eroavaisuuksia.

Terien vaihdon tapahtuessa osittain tuotantoajalla saatiin lougheterälle laskettua kustannuksiksi 0,0345 € / tonni. Vastaavasti kovapalaterälle saatiin laskettua kustannuksiksi 0,0319 € / tonni.

Vuosittaisen murskausmäärän ollessa 800 000 tonnia ja vaihtojen tapahtuessa täysin tuotantoajan ulkopuolella on terien kustannusero 400 euroa / vuosi lougheterän eduksi. Kun otetaan huomioon, että terien vaihtoon käytetään tuotantoaikaa, niin saadaan vuosittaiseksi kustannuseroksi noin 2000 euroa kovapalaterän eduksi.

Optimaalisessakin tapauksessa lougheterä on vuodessa vain 400 euroa halvempi, joten on suositeltavaa käyttää pidempi-ikäisiä kovapalateriä. Todellisuudessa terien vaihtamiseen käytetään tuotantoaikaa enemmän, kuin laskennassa käytetty kaksi tuntia. Mitä enemmän terien vaihtamiseen joudutaan käyttämään tuotantoaikaa, sitä kannattavammaksi kovapalaterän käyttäminen tulee.

Moottoriöljyjä tutkiessa huomattiin, että laatuluokituksiltaan DEO 10W-30 ja Super HPD 15W-40 eivät juurikaan eroa. Teboilin markkinoimalla Super HPD 15W-40 -moottoriöljyllä on useamman valmistajan myöntämä luokitus, kuin Caterpillarin DEO 10W-30 -moottoriöljyllä. Suurin ero öljyjen välillä on hinnassa. Teboilin moottoriöljy maksaa 1,776 € / litra, kun taas Caterpillarin moottoriöljyn hinta on 4,362 € / litra.

Murskauslaitoksen vuosittaisena käyntiaikana käytetyllä 3 800 tunnilla ja 250 tunnin moottoriöljynvaihtovälillä Teboilin moottoriöljy maksaa noin 1 400 euroa. Vastaavasti Caterpillarin öljyä käytettäessä kustannuksiksi saadaan noin 3 400 euroa. Näin ollen Teboilin Super HPD 15W-40 -moottoriöljyn käyttäminen yhtä telamurskainta kohden

tulee noin 2 000 euroa vuodessa halvemmaksi, kuin Caterpillarin DEO 10W-30 –moottoriöljyn käyttäminen.

Vanhemmissa työkoneissa, joissa suositellaan käytettäväksi Cat DEO 10W-30 –moottoriöljyä voidaan myös käyttää Teboilin Super HPD 15W-40 moottoriöljyä. On kuitenkin syytä huomioida, että uudemmissa koneissa suositellaan usein käytettäväksi laatuluokituksiltaan parempia öljyjä kuin kumpikaan edellä mainituista. Näissä tapauksissa tulee perehtyä suositellun moottoriöljyn laatuluokituksiin ja verrata niitä halvempiin vaihtoehtoihin. Näin on mahdollista löytää halvempia vaihtoehtoja myös uudempiin työkoneisiin. Esimerkiksi Teboil tarjoaa Super HPD ECV 15-W40 –moottoriöljyä, joka on laadultaan parempaa, kuin tässä vertailussa ollut Super HPD 15W-40 –moottoriöljy.

Tästä opinnäytetyöstä jäi aikataulullisista syistä johtuen puuttumaan eri työkoneiden välinen vertailu. Vertailussa olisi ollut tarkoituksena verrata esimerkiksi kahta erimerkkistä pyöräkuormaajaa. Vertailussa olisi kahdella koneella tehty samaa työtä, samalla työmaalla ja tarkasteltu koneiden polttoaineen kulutusta. Lisäksi olisi voitu tarkastella koneiden käyttökustannuksia muun muassa perehtymällä huolloista ja korjauksista aiheutuneisiin kustannuksiin. Tämän kaltainen vertailu olisi hyvä suorittaa jossain tulevassa opinnäytetyössä. Lisäksi voitaisiin perehtyä mahdollisuuden kasvattaa koneiden öljynvaihtoväliä 500 tuntiin nykyisestä 250 tunnista.

LÄHTEET

API Engine Oil (EOLCS). Luettu 21.3.2012. <http://www.api.org/certification-programs/engine-oil-diesel-exhaust-fluid.aspx>

API Motor Oil Guide. Luettu 21.3.2012. <http://www.api.org/certification-programs/engine-oil-diesel-exhaust-fluid/~//media/Files/Certification/Engine-Oil-Diesel/Publications/Engine-Oil-Guide-2010-120210.ashx>

API Service Classification for Passenger Car Engine Oil. Luettu 28.2.2012 <http://www.pqiamerica.com/apiserviceclass.htm>

Avainluvut. Luettu 2.2.2012 <http://www.lemminkaineninfra.fi/fi/Yritys/Avainluvut>

Cat DEO, Diesel Engine Oil for North America. Luettu 27.3.2012 <http://parts.cat.com/cda/files/3056169/7/PEHJ0059-02.pdf>

Historia, Sata rakentamisen vuotta. Luettu 2.2.2012. <http://www.lemminkainen.fi/Yhtio/Historia>

Konsernin rakenne. Luettu 2.2.2012. http://www.lemminkainen.fi/Yhtio/Konsernin_rakenne

Lakshminarayanan, P & Nayak, N 2011. Critical component wear in heavy duty engines. Singapore: John Wiley & sons (Asia)

Nordberg, C-sarjan leukamurskaimet. Luettu 28.2.2012. [http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/B8CF69AE17A2753342256AF800334C07/\\$File/CseriesFinnish.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/B8CF69AE17A2753342256AF800334C07/$File/CseriesFinnish.pdf)

Profi-Tech ACEA. Luettu 21.3.2012. http://profi-tech.com/info_detail.php?info_nr=72&sprache_nr=1&v=flash

Teboil API-luokitus. Luettu 21.3.2012. <http://www.teboil.fi/Publication.asp?path=1;1510;1508;5637;5650;5652;5653>

Teboil, Super HPD 15W-40. Luettu 27.3.2012 <http://www.teboil.fi/Product.asp?path=1;1510;1503;1515;1533;3244;4098;4354;4436>

Mäkelä, M. Soininen, L. Tuomola, S. Öistämö, J. 2005 Tekniikan kaavasto. Painos 5. Tampere: Tammertekniikka

Widman international, SAE J300. Luettu 27.2.2012 <http://www.widman.biz/English/Tables/J300.html>

Liite 2. Louheterän ja kovapalaterän vertailu, ilman tuotannonmenetystä

Louheterän ja kovapalaterän kustannukset murskattua tonnia kohden

Terän kilohinta (€/kg):	$Kh_{lt} := 2.5$	$Kh_{mx} := 3$		
Terän paino (kg):	$M_t := 1452$			
Terän hinta (€):	$H_{lt} := M_t \cdot Kh_{lt}$	$H_{mx} := M_t \cdot Kh_{mx}$		
	$H_{lt} = 3630$	$H_{mx} = 7260$		
Nosturin vuokra (€/h):	$V_n := 120$			
Palkat (€/h):	$P_1 := 30$	$P_2 := 30$	$P_{yht} := P_1 + P_2$	$P_{yht} = 60$
Vaihtoaika (h):	$V_{aika} := 3$			
Terän kesto (tonnia):	$TK_{lt} := 166143$	$TK_{mx} := 293424$		

Louheterän kustannukset euroina murskattuja tonneja kohden:

$$K_{lt} := \frac{V_{aika} \cdot (V_n + P_{yht}) + H_{lt}}{TK_{lt}} \quad K_{lt} = 0.0273 \text{ €/tonni}$$

Kovapalaterän kustannukset euroina murskattuja tonneja kohden:

$$K_{mx} := \frac{V_{aika} \cdot (V_n + P_{yht}) + H_{mx}}{TK_{mx}} \quad K_{mx} = 0.0278 \text{ €/tonni}$$

Terien kestoikien suhde:

$$\frac{TK_{mx}}{TK_{lt}} = 1.766$$

Pienin suhde, jolloin mx-terä on kannattavampi:

$$S_{min} := \frac{[V_{aika} \cdot (V_n + P_{yht}) + H_{mx}]}{[V_{aika} \cdot (V_n + P_{yht}) + H_{lt}]} \quad S_{min} = 1.801$$

Liite 3. Louheterän ja kovapalaterän vertailu, tuotannon menetys

Tuotannon menetyksen huomioiminen:Kapasiteetti (t/h): $K_{ap} := 300$ Tuotteiden hinnat (€/t): $H_t := 2$ Menetetty tuotantoaika (h): $T_a := 2$

Louheterän kustannukset euroina murskattuja tonneja kohden, huomioiden tuotannon menetys:

$$K_{tm_{lt}} := \frac{V_{aika} \cdot (V_n + P_{yht}) + H_{lt} + K_{ap} \cdot H_t \cdot T_a}{TK_{lt}} \quad K_{tm_{lt}} = 0.0345 \quad \text{€/tonni}$$

Kovapalaterän kustannukset euroina murskattuja tonneja kohden, huomioiden tuotannon menetys:

$$K_{tm_{mx}} := \frac{V_{aika} \cdot (V_n + P_{yht}) + H_{mx} + K_{ap} \cdot H_t \cdot T_a}{TK_{mx}} \quad K_{tm_{mx}} = 0.0319 \quad \text{€/tonni}$$

Pienin suhde, jolloin mx-terä on kannattavampi, huomioiden tuotannon menetys:

$$Stm_{min} := \frac{[V_{aika} \cdot (V_n + P_{yht}) + H_{mx} + K_{ap} \cdot H_t \cdot T_a]}{[V_{aika} \cdot (V_n + P_{yht}) + H_{lt} + K_{ap} \cdot H_t \cdot T_a]} \quad Stm_{min} = 1.634$$

Liite 4. Polttoaineen ja öljynkulutus marraskuu 2011, Janne Kangas Lemminkäinen
Infra Oy

POLTTOAINEEN JA ÖLJYNKULUTUKSEN PÄIVÄKIRJA
(Omistaja tai kuljettaja täyttää)

Täytä lomake täydellisesti koko koko öljynkulutuksen tarkkailun ajan. Merkitse mittarilukema joka päivä. Jos laitteessa on sekä tuntimittari että matkamittari, merkitse molempien lukema. Öljyn lisäys tulee suorittaa vasta, kun öljytaso mittatikussa laskee "ADD" merkkiin.

KUUKAUSI	PÄIVÄ	MATKAMITT. LUKEMA	TUNTIMITT. LUKEMA	POLTTOAIN. LISÄYS	ÖLJYN LISÄYS
	1				ylämerkin
	2	51135	1427 1427	683	
	3	51642	1446	507	
	4				
	5				
	6				
	7	51554	1461	352	
	8	52561	1429	567	MOOT. ÖLJYN VAIHTO
	9				Ylämerkin
	10				
	11				
	12				
	13				
	14	53072	1502	511	
	15	53355	1517	316	
	16	53791	1535	636	
	17	54511	1551	520	
	18				
	19				
	20				
	21	55195	1569	684	
	22	55869	1587	674	
	23	56181	1596	312	
	24	57243	1616	1062	
	25	58391	1631	1108	
	26				
	27				
	28	59567	1649	1216	ÖLJYN LISÄYS
	29	60861	1667	1294	12 L
	30	62131	1687	1270	
1.12	31	63428	1705	1297	ÖLJYN LISÄYS VAIHTO

Liite 5. Polttoaineen ja öljynkulutus joulukuu 2011, Janne Kangas Lemminkäinen Infra Oy

POLTTOAINEEN JA ÖLJYNKULUTUKSEN PÄIVÄKIRJA

(Omistaja tai kuljettaja täyttää)

72211

Täytä lomake täydellisesti koko koko öljynkulutuksen tarkkailun ajan. Merkitse mittarilukema joka päivä. Jos laitteessa on sekä tuntimittari että matkamittari, merkitse molempien lukema. **Öljyn lisäys tulee suorittaa vasta, kun öljytaso mittatikussa laskee "ADD" merkkiin.**

KUUKAUSI	PÄIVÄ	MATKAMITT. LUKEMA	TUNTIMITT. LUKEMA	POLTTOAIN. LISÄYS	ÖLJYN LISÄYS
	1	63428	1705	1297	Ylämerkki (vaihdettu)
	2	64342	1724	914	
	3				
	4				
	5	65368	1240	1026	
	6				
	7	66487	1258	1069	
	8	67263	1229	826	
	9	67644	1789	321	
	10				
	11				
	12				
	13	68736	1814	1092	
	14	70022	1837	1286	
	15	71208	1856	1186	
	16	72226	1872	1018	
	17				
	18				
	19	73355	1890	1129	
	20	74531	1908	1176	
	21	75639	1927	1108	
	22	76609	1942		16
	23	72423			
	24				
	25				
	26				
	27	77423	1961	814	Ylämerkki vaihdettu
	28	78221	1981	798	
	29	79156	1998	735	
	30	79917	2015	761	
	31				

Liite 6. Polttoaineen ja öljynkulutus tammikuu 2012, Janne Kangas Lemminkäinen
Infra Oy

POLTTOAINEEN JA ÖLJYNKULUTUKSEN PÄIVÄKIRJA

(Omistaja tai kuljettaja täyttää)

Täytä lomake täydellisesti koko koko öljynkulutuksen tarkkailun ajan. Merkitse mittarilukema joka päivä. Jos laitteessa on sekä tuntimittari että matkamittari, merkitse molempien lukema. **Öljyn lisäys tulee suorittaa vasta, kun öljytaso mittatikussa laskee "ADD" merkkiin.**

KUUKAUSI	PÄIVÄ	MATKAMITT. LUKEMA	TUNTIMITT. LUKEMA	POLTTOAIN. LISÄYS	ÖLJYN LISÄYS
TAMMIKUU	1				
	2				
	3	80687	2042	760	
	4	81214	2060	527	
	5	81207	2023	533	
	6		2071		
	7				
	8				
	9	82570	2091	763	
	10	83539	2115	969	
	11	84195	2130	686	
	12				
	13				
	14				
	15				
	16				
	17				
ke	18	85022	2159	527	
To	19	85743	2177	721	
pe	20				
	21				
	22				
	23	86887	2207		Lisäys 10 litraa
	24	87534	2224	647	VIKNERUKI VAIHDETTU
	25	88161	2243	627	
	26	88718	2258	557	
	27	89341	2274	623	
	28				
	29				
	30	90116	2293	279	
	31	90951	2310	219	

Liite 7. Polttoaineen ja öljynkulutus helmikuu 2012, Janne Kangas Lemminkäinen Infra Oy

POLTTOAINEEN JA ÖLJYNKULUTUKSEN PÄIVÄKIRJA

(Omistaja tai kuljettaja täyttää)

Täytä lomake täydellisesti koko koko öljynkulutuksen tarkkailun ajan. Merkitse mittarilukema joka päivä. Jos laitteessa on sekä tuntimittari että matkamittari, merkitse molempien lukema. **Öljyn lisäys tulee suorittaa vasta, kun öljytaso mittatikussa laskee "ADD" merkkiin.**

KUUKAUSI	PÄIVÄ	MATKAMITT. LUKEMA	TUNTIMITT. LUKEMA	POLTTOAIN. LISÄYS	ÖLJYN LISÄYS
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6	92371	2347		
	7	93156	2365		
	8	93819	2380		
	9	92371/9433	2347/2402		
	10				
	11				
	12				
	13	95094	2420	661	10L
	14	95715	2438		KULJETTU
	15	96189	2453		/
	16	96607	2473		
	17	96952	2489		
	18				
	19				
	20	97307	2508		
	21	97645	2525		
	22	97997	2544		
	23	98393	2561		
	24	98699	2571		
	25				
	26				
	27				
	28				13L
	29				
	30				
	31				

Helmikuu

6	99804	2624
8	100581	2661
9	100943	2673