

Juha-Matti Kelloniemi

**HUOLTO-OHJELMAN JA HUOLTOKÄSIKIRJAN LAATIMINEN
KAIRAUSSKALUSTOON**

HUOLTO-OHJELMAN JA HUOLTOKÄSIKIRJAN LAATIMINEN KAIRAUSSKALUSTOON

Juha-Matti Kelloniemi
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, auto- ja kuljetustekniikka

Tekijä: Juha-Matti Antero Kelloniemi

Opinnäytetyön nimi: Huolto-ohjelman ja huolto-ohjeistuksen laatiminen kairauskalustoon

Title of thesis: Creating maintenance program and maintenance instructions for drilling rigs

Työn ohjaaja: Antti Nikula ja Janne Ilomäki

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2019

Sivumäärä: 43 + 0 liitettä

Työssä laadittiin huolto-ohjelma ja huoltokäsikirja Arctic Drilling Companyn käyttämiin pinta- ja maanalaisiin kairakoneisiin. Huolto-ohjelma laadittiin käyttötunteihin perustuviin huoltoihin ja huoltoväleiksi määriteltiin päivittäin, 50, 200, 400, 1 000 ja 2 000 tunnin sekä vuoden välein suoritettaviin huoltoihin. Huolto-ohjeet rajattiin koskemaan operaattoreiden suorittamia huoltoja työkohteessa.

Operaattorit suorittavat huollot itsenäisesti aina 400 tunnin huoltoon asti, jolloin huolto-ohjeiden kuului sisältää selkeät ja täsmälliset ohjeet huoltojen laadukkaaseen suorittamiseen sekä mahdollisten asennusvirheiden minimoimiseksi.

Huolto-ohjeiden laadinnassa tuli kiinnittää erityisesti huomiota kairakoneiden työolosuhteiden asettamiin vaatimuksiin sekä ennalta ehkäisevän kunnossapidon kunnossapitostrategiaan.

Työn tavoitteena oli kunnossapitotoiminnan standardointi yritykseen, toimintavarmuuden luominen ehkäisevän kunnossapidon keinoin, huoltokirjanpidon parantaminen ja käyttäjäkunnossapidon kehittäminen. Vaadittujen tavoitteiden saavuttamisen tuloksena odotetaan häiriöiden ja vikaantumisen vähentymistä sekä korjauskustannusten alenemista.

Työn tuloksena saatiin laadittua kattavat ja selkeät huolto-ohjeet määritellyille kunnossapidon toimenpiteille. Lisäksi saatiin laadittua huolto-ohjeiden sähköiselle versiolle käyttöä helpottava ja nopeuttava pikalinkki-näppäimistö, jonka avulla huoltoa suorittava henkilö voi hyvin helposti siirtyä huoltolomakkeesta suoraan huollettavan tai tarkastettavan huoltokohteen huolto-ohjeeseen sekä takaisin huoltolomakkeeseen.

Asiasanat: kunnossapito, kairauskalusto, huolto-ohjelma, huolto-ohje

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Mechanical Engineering, Automotive Engineering

Author: Juha-Matti Antero Kelloniemi

Title of thesis: Creating maintenance program and maintenance instructions for drilling rigs

Supervisors: Antti Nikula and Janne Ilomäki

Term and year when the thesis was submitted: spring 2019

Pages: 43 + 0 appendices

The purpose of this thesis was to create maintenance program and maintenance instructions for Arctic Drilling Company`s surface- and underground drill rigs. Maintenance program was based by working hours and the maintenance interval was determined to be daily, 50, 200, 400, 1 000 and 2 000 hours as well as one year maintenance tasks. Maintenance instruction was written up to 400 hours maintenance tasks.

Operators will perform all the maintenance up to 400 hours maintenance tasks, so the maintenance instructions need to be clear and precise to ensure high quality and minimize possible installing mistakes. When designing the maintenance instructions special attention was paid especially to the working conditions of the drill rigs and also program maintenance strategies.

The goals of the maintenance instructions were to standardize, enhance reliability using the methods of preventive maintenance, advance the maintenance bookkeeping and better the maintenance operations. Together, these goals should lower the number of failures, malfunctions and repair costs.

As the result of this thesis, extensive and clear preterminated maintenance task instructions were created. In addition was created hyperlinks in to the maintenance instruction, so the user can use the manual much easier and faster.

Keywords: maintenance, drilling equipment, maintenance program, maintenance instruction

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
1.1 Tilaaaja	7
1.2 Työn lähtötiedot	7
1.3 Työn tavoitteet	7
2 MALMINETSINTÄ JA KAIRAUSMENETELMÄT	9
2.1 Malminetsintä	9
2.2 Kallioporaus	11
3 KAIRAUSKALUSTO	15
3.1 Maanpäällinen kairakone	15
3.2 Maanalainen kairakone	16
4 KUNNOSSAPITO	19
4.1 Ehkäisevä kunnossapito	20
4.1.1 Kuntoon perustuva kunnossapito	20
4.1.2 Jaksotettu kunnossapito	21
4.2 Kunnostaminen	21
4.3 Parantava kunnossapito	21
4.4 Häiriökorjaus	22
5 KUNNOSSAPIDON TALOUS	23
5.1 Välittömät kustannukset	23
5.2 Välilliset kustannukset	23
5.3 Aineettomat kustannukset	24
5.4 Elinjaksokustannukset	24
5.5 Käytön määrä	26
5.6 Kunnossapidon tavoitteet	26
6 HUOLTO-OHJELMAN JA HUOLTOKÄSIKIRJAN LAATIMINEN	28
7 YHTEENVETO	40

1 JOHDANTO

1.1 Tilaaja

Opinnäytetyön tilaaja on Bluefield AMS Oy, joka on vuonna 2015 perustettu konsultointipalveluja tarjoava yritys. Työn päätilaaja on Arctic Drilling Company Oy, josta myöhemmin käytetään lyhennettä ADC. ADC on vuonna 2004 perustettu malminetsintään ja maaperätutkimukseen erikoistunut yritys. ADC valmistaa kairakoneita omaan käyttöön ja myyntiin. ADC tarjoaa asiakkailleen luotettavaa ja ympäristöystävällistä kairauspalvelua niin maanpäälliseen kuin maanalaiseenkin kairaukseen. (1.)

1.2 Työn lähtötiedot

Tällä hetkellä kairauskalustoissa huolloissa on liikaa varianssia, ja siksi kairauskaluston luotettavuus ei ole toivotulla tasolla. Kairakoneiden työpisteet sijaitsevat usein hyvin kaukana maastossa, joten niiden huollot suoritetaan pääsääntöisesti myös maastossa. Tämän vuoksi kairauskaluston luotettavuuden olisi oltava mahdollisimman korkealla tasolla, jotta välttyttäisiin turhilta töiden keskeytyksiltä ja niistä aiheutuvilta kustannuksilta.

1.3 Työn tavoitteet

Työssä suunnitellaan organisoitu huolto-ohjelma ja huoltokäsikirja maanpäälliseen ja maanalaiseen kairauskalustoon. Organisoidulla huolto-ohjelmalla pyritään saavuttamaan hyvä huoltovarmuus, saamaan huoltoprosessi sujumaan joutavasti sekä parantamaan ennakoivaa huoltoa. Huoltokäsikirjaan kirjataan seikkaperäiset ohjeet huolloissa vaihdettaville komponenteille sekä määritellään osien ja komponenttien tarkastusohjeet. Huoltokäsikirjan avulla pyritään helpottamaan huollon suorittajan tehtäviä ja samalla pienennetään huoltokomponenttien mahdollisia asennusvirheitä.

Huolto-ohjelman ja huoltokäsikirjan suunnittelun jälkeen aloitetaan pilotointivaihe, jossa yritys ottaa tuotokset koekäyttöön. Koekäytön aikana seurataan

huolto-ohjelman ja huoltokäsikirjan käytännöllisyyttä ja tehdään tarvittaessa muutoksia.

2 MALMINETSINTÄ JA KAIRAUSMENETELMÄT

ADC tarjoaa maaperätutkimuspalveluita, ja yritys myös valmistaa itse maaperätutkimuksissa käytettäviä koneita. Pääpaino maaperätutkimuksissa on malminetsintä. Tässä luvussa on esitetty malminetsinnän taustaa ja teoriaa sekä malminetsintämenetelmiä.

2.1 Malminetsintä

Maapallon väkiluvun kasvaessa ja kaupungistuessa yhteiskunta tarvitsee yhä enemmän mineraalisia raaka-aineita teollisuuteen ja rakentamiseen. Mikäli mineraalisia raaka-aineita ei kyetä tuottamaan riittävästi kysynnän kasvaessa, voisi se pahimmillaan pysäyttää teollisuuden ja rakentamisen. Malminetsinnän tarkoitus on sananmukaisesti etsiä maaperästä sellainen malmiesiintymä, jonka suuruus on riittävä sekä taloudellisesti kannattavaa kaivoksen perustamista varten. (2.)

Malmipotentialisen alueen kartoittamiseen ja malminetsintään käytetään hyvin monia geotieteellisiä menetelmiä. Geotieteelliset menetelmät voidaan jakaa geologisiin, geokemiallisiin, geofysikaalisiin ja kairaukseen. Geologisen malminetsinnän tavoitteena on yhdistää kartoitus- ja tutkimustieto. Näiden tietojen yhdistämisellä luodaan malminetsintämalli ja saadaan ymmärrys alueen malmipotentialista. Malminetsintämallin perusteella voidaan luoda kolmiulottein tietokonemalli, jonka avulla voidaan edetä kohti malmiesiintymää systemaattisesti. Geologinen tutkimusmenetelmä perustuu pääsääntöisesti visuaalisiin tarkkoihin havaintoihin maastossa. (3, s. 30.)

Geokemiallisella malminetsinnällä tarkoitetaan tarkasteltavan alueen maaperään kohdistuvalla näytteenotolla sekä saatujen näytteiden analysoinnilla monialkuainemenetelmillä. Riippuen malminetsinnästä, näytteitä voidaan ottaa pintanäytteinä, kevyellä kairauksella tai kaivinkoneen avustuksella tehdyistä kaivannoista. Geokemialliset näytteet ovat hyvin usein pohjamooreeninäytteitä, joka tarkoittaa sitä, että samasta näytteestä saadaan myös näyte alemmasta kallioperästä.

Näytteet pyritään ottamaan tasavälisenä verkostona tai linjastona, jolloin mahdollisten malmipotentialien havainnointi on tarkempaa. (3, s. 31.)

Geofysikaalisessa malminetsintämenetelmässä etsintä perustuu eri kivilajien erityyppisten ominaisuuksien eroihin. Näitä eroja voivat olla kivilajin magneettisuus, sähköiset ominaisuudet, ominaispaino, radioaktiivinen säteily ja seisimiset ominaisuudet. Mittalaitteiden kehityksen myötä kaikkia edellä mainittuja ominaisuuksia voidaan mitata ilmasta käsin. Tätä menetelmää hyödynnetään myös syväkairauksen yhteydessä, koska tällöin voidaan määrittää helpommin kolmiulotteinen malli yhden syväkairaus reiän kautta, jolloin voidaan tarkemmin määrittää malmiesiintymän olemassaoloa ja suuntaa. (3, s. 31.)

Kun malmipotentialinen alue on löydetty ja havaittu kiinnostavaksi sekä mahdollisesti taloudellisesti, alueesta laaditaan yksityiskohtainen geologinen kartta sekä sille haetaan Turvallisuus- ja kemikaalivirastolta varausta. Varaus antaa hakijalleen yksinomaan etuoikeuden malminetsintäluvan hakemiseen. Kun varaus on hyväksytty Turvallisuus- ja kemikaalivirastossa, alueelle haetaan malminetsintälupa. Malminetsintäluvalla voidaan aloittaa alueella perusteellisempi tutkimus eli kairaus. Malminetsintälupa on määräaikainen ja on voimassa enintään neljä vuotta, jonka jälkeen on haettava luvalla jatkoa, mikäli kairausta aiotaan jatkaa. (2.)

Malminetsinnän tärkein ja tarkin vaihe on kairaus, koska kairauksella saadaan näytteitä useilta eri syvyyksiltä maaperästä. Riippuen kairausmenetelmästä, näyte on joko sylinterimäinen sydännäyte tai murskenäyte. Kaikki kairausnäytteet säilötään siinä järjestyksessä, kuin ne saadaan maaperästä. Kairausnäytteet tutkitaan ja analysoidaan tarkasti, jolloin saadaan tarkempaa tietoa maaperässä olevasta malmi- ja mineraali raaka-ainemäärästä. Kairausnäytteiden perusteella sekä yhdistämällä edellä mainittuja geotieteellisiä menetelmiä kairauksen yhteydessä voidaan luoda hyvinkin tarkka kolmiulotteinen geologifysikaalinen kartta malmi- ja mineraaliesiintymän muoto- ja koko-ominaisuuksista. (3, s. 32.)

2.2 Kallioporaus

Maaperän tutkimista tai injektoimista varten on maaperään tehtävä reikiä, joiden kautta maaperässä oleva kiviaines saadaan poistettua. Tämä on kallioporausmenetelmän tarkoitus. Kallioporaus voidaan jakaa karkeasti kahteen porausmenetelmään, iskuporaukseen ja kiertoporaukseen. Kummastakin menetelmästä on olemassa erilaisia toteutusvariaatioita. (3, s. 137.)

Iskuporausmenetelmää käytetään useimmille kivilajeille, ja se onkin siten yleisimmin käytetty porausmenetelmä. Iskuporausmenetelmästä on käytössä kahdenlaista toteutusta, pääältälyöviä porakoneita ja uppoporakoneita. Molemmissa toteutuksissa energia johdetaan porakoneesta kovametallipalaan, joka tunkeutuu kallioon, missä iskuenergia murskaa kalliota. Poraussyvyyden kasvaessa on porakoneen ja kovametallipalan väliin lisättävä poratankoja, jotta syvemmälle kairaamista voidaan jatkaa. Pääältälyövissä porakoneessa energia johdetaan poratankojen välityksellä kovametallipalaan, ja siksi iskuenergia pienenee 6 - 10 prosenttia jokaista liitettyä poratankoa kohden. Toisin sanoen mitä syvemmälle joudutaan kairaamaan, sitä vähemmän iskuenergiaa saadaan kohdistettua kovametallipalaan. Iskuenergian hävikki aiheutuu osittain poratankojen välisistä liitoksista, jotka on toteutettu kierteillä. (3, s. 137-139.)

Pääältälyövistä porauksesta on myös toinen versio, jossa poratanko on kaksiosainen. Tästä käytetään nimitystä iskuporaus putkitankokalustolla. Tällä rakenteella on saatu se hyöty aikaiseksi, että kovametallipalaan kohdistetut iskuaallot ja kovametallipalan pyöritys on saatu erilleen. Kaksiosaisen poratankon sisemmän putken välityksellä kohdistetaan iskunenergia kovametallipalaan. Iskuenergian hävikki ollaan saatu pienemmäksi siten, että iskutankojen väliset liitokset ovat sileitä ja siten iskutankojen kontaktipinta on optimaalinen. Poratankon ulompaa putkea käytetään kovametallipalan pyörittämiseen, koska ulompi poratanko ohjaa iskutankojen kontaktipinnat kohdalleen. Tämä menetelmä soveltuu erittäin hyvin syvien reikien poraamiseen (3, s. 139.)

Uppoporausmenetelmän pääperiaate on samanlainen kuin päältälyövässä porauksessa. Menetelmien ero tulee siinä, että uppoporausmenetelmässä porakoneen antaman iskuenergia kohdistetaan suoraan kovametallipalaan. Tällä toteutuksella vältetään iskuenergian hävikiltä, joka tulee poratankojen välisistä liitoksista. Kovametallipalan pyörittäminen toteutetaan poratankojen välityksellä. Kuvassa 1 on esitetty päältälyövän porauksen, uppoporausmenetelmän ja iskuporausmenetelmän toimintaperiaate ja rakenne. (3, s. 139.)



KUVA 1. Porausmenetelmät (3, s. 140)

Kiertoporausmenetelmät on kolmenlaisia; murskaava kiertoporaus, leikkaava kiertoporaus sekä hiertävä kiertoporaus eli kallonäytekairaus. Murskaavassa kiertoporausmenetelmässä käytetyt poravaunut ovat kooltaan hyvin suuria ja painavia. Osasyynä

suureen kokoon ja painoon on se, että painoa hyödynnetään osana porausta. Murskaavassa kiertoporausessa kolmikulmaista kovametallinastoilla varustettua terää painetaan kovalla kärkipaineella kiveen samanaikaisesti pyörittämällä poraputkea hydraulii- tai sähkömoottorilla. Kovan kärkipaineen ja pyörimisliikkeen seurauksena kovametallinastat irrottavat kiviaineen, joka puhalletaan paineilman avulla poranterän lävitse porausputkea pitkin ylös reiästä. Porausputkien pituus voi olla jopa 20 metriä ja murskaavalla kiertoporausella voidaan tehdä 200 - 400 millimetrin halkaisijalla olevia reikiä. (3, s. 139.)

Leikkaavassa kiertoporausessa kiviaines murskataan leikkausvoiman avulla. Poranterässä on kovametalliseoksesta valmistetut leikkausterät. Leikkaukseen vaadittava energia tuotetaan poratangon vääntömomentilla. Tällaisen porausmenetelmän heikkous on se, että se soveltuu vain sellaisiin kiviaineksiin, joiden vetolujuus on pieni. Tällaisia kivilajeja ovat esimerkiksi suolakivi ja silttikivi. (3, s.139.)

Kolmas kiertoporausmenetelmä on hiertävä kiertoporaus, jota kutsutaan myös kallionäytekairaukseksi tai timanttikairaukseksi. Kallionäytekairauksessa timantin varustettua teräkruunua painetaan ja pyöritetään kairausputken avulla kallioon, jolloin teräkruunu alkaa hiertää kallioon renkaan muotoista uraa. Kairausputkistoon pumpataan samanaikaisesti vettä, joka poistaa irronneen kivijauheen kairausreiästä ja samalla jäähdyttää terää ja kairausputkistoa. Irta leikkautunut kiviäytelieriö tunkeutuu kahdesta sisäkkäisestä putkesta koostuvaan näyteputkeen. Kiviäytelieriö ohjautuu sisempään putkeen murtorengaspesän ja -holkin avulla. Sisäputki on laakeroitu pyörimättömäksi ulkoputken suhteen, jolloin kiviäytelieriö nousee häiriöttömästi sisäputkeen. Kairattu reikä pidetään vakiokokoisena teräkruunun yläpuolella olevan kalvaimen avulla. Kalvain hioo reikäseinää ja estää reiän muodostumisen alaspäin loivasti suppenevaksi kartioksi. (4, s. 1.) Kuvassa 2 on esitetty tällä porausmenetelmällä saatu kiviäytelieriö.



KUVA 2. Kivinäyteliö (5)

3 KAIRAUSKALUSTO

3.1 Maanpäällinen kairakone

ADC:n maanpäällinen kairakone on varustettu kumiteloilla (kuva 3), jolloin kairakoneella voidaan liikkua vaivattomasti maastoissa, joissa ei ole tietä käytettävissä. Näytteiden käsittely ja kairaustyöskentely tapahtuvat koneen sisätilassa, jolloin työskentely on turvallista ja ergonomista. Kairakoneessa on kiinteä kehikko ja huputettu yläosa. Koneen liikuttaminen tapahtuu langattomalla kauko-ohjaimella. Kairakoneella voidaan kairata jopa yli 2 000 metrin syvyyteen ja sen kairauskulmaa voidaan säädellä. (6.)



KUVA 3. Maanpäällinen kairakone (6)

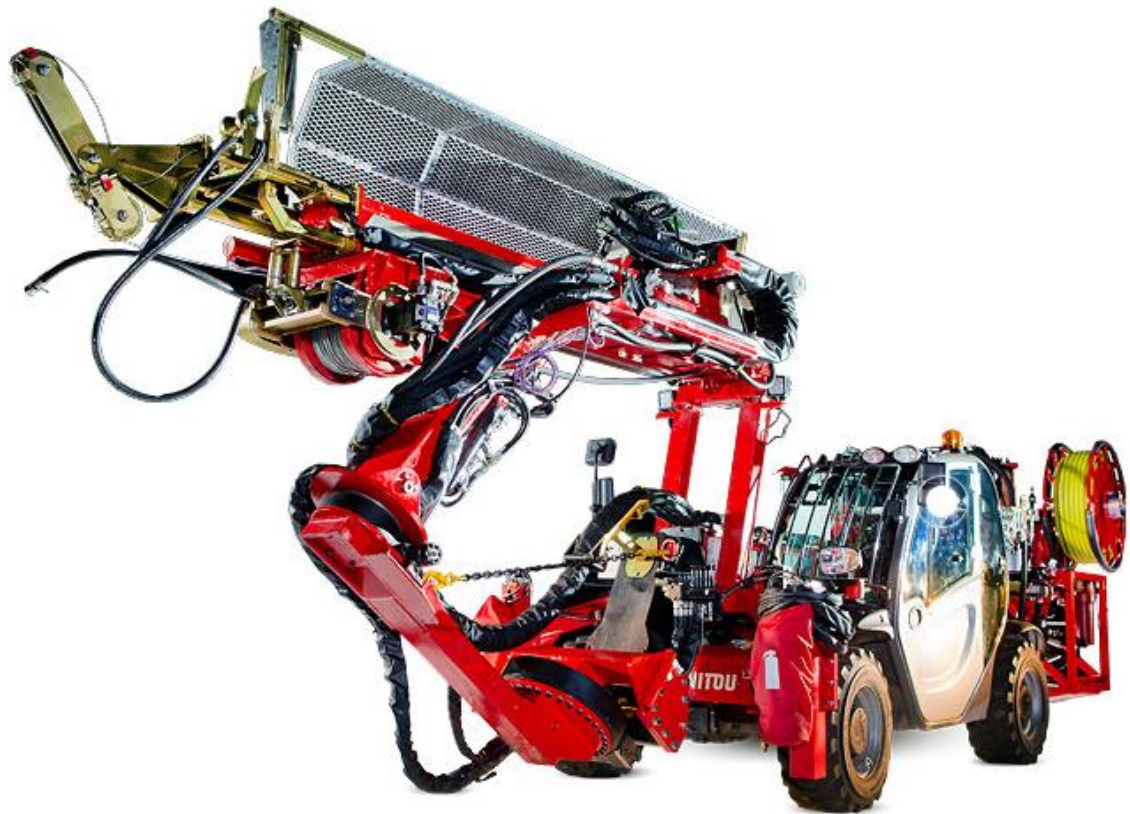
ADC:n maanpäällisiä kairakoneita on saatavana eri kalustoilla, ja ne ovat yksilöllisesti muokattavissa asiakkaan tarpeisiin vastaaviksi. Kuvassa 4 on esitetty ADC:n maanpäällisen kairakoneen teknisiä tietoja.

MITAT	LIKKUVUUS
Pituus: 7,5 - 9,6 m	Hydrostaattinen vaihteisto
Leveys: 2,5-3,2 m	Kumitelat
Korkeus: 3,3 m	Ajonepeus: 0-10 km/h
Paino: 16-21 t	
	HYDRAULIJÄRJESTELMÄ
KAIRAUSYKSIKKÖ	Hydrauliikkapumppu: 140-180 cc
Syöttö: 2100 mm	Hydraulitankin koko: 220 l
Syöttövoima: 65-105 kN	Hydrauliöljyn jäähdytin
Nostovoima: 150-190 kN	Levylämmönvaihdin
Vääntömomentti: 371-1030 Nm	Erillinen suodatus ja jäähdytyspumppu
Kairauskulmat: 40-90°	
Pitovoima: 85-260 kN	VESIPUMPPU
Maksimisyvydet: BQ 2100m, NQ 1700m, HQ 1100m	Maksimipaine: 160 bar
DIESELKONE	Syöttö: 120 l/min
Teho: 168-205 kW	
Polttoainetankki: 400 l	VAIJERI-VINSSI
Sähköjärjestelmä: 24 V	Vaijerin pituus: 1400-2000 m, 5-6- mm kaapeli
GENERAATTORI	
10 KVA-230/400 V	

KUVA 4. Maanpäällisen kairakoneen teknisiä tietoja (6)

3.2 Maanalainen kairakone

Maanalainen kairakone poikkeaa ulkoisesti merkittävästi maanpäällisestä kairakoneesta. Kairakone on valmistettu pyöräalustaiseen kurottajaan, siinä on vaapaamat kairaussuunnat salliva kairayksikkö kytkettynä keulaan ja kairaustointojen voimayksikkö sijoitettuna koneen peräosaan (kuva 5).



KUVA 5. Maanalainen kairakone (7)

ADC:n maanalainen kairakone on rakennettu itsenäisesti liikkuvaksi, ja siihen tarvitsee vain kiinnittää kairaputkikärry perään ja vaihtaa kairapaikkaa. Alusta on helposti ohjattava ja pystyy jopa 10 km/h nopeuteen, mikä tekee siirroista nopeita ja vaivattomia. Alustaan on näkyvyyden ja ajoturvallisuuden parantamiseksi kiinnitetty kaksi kameraa, joita voi seurata ohjaamon näytöiltä. ADC:n uuden sukupolven asemointirakenteen suunnittelu takaa äärimmäisen laajat kairauskulmat ja hyvän ulottuvuuden.

Maanalaisella kairakoneella on mahdollista kairata pystysuunnassa 360 astetta ja vaakatasossa 270 astetta, jolloin alustaa ei tarvitse siirtää useamman reiän kairapaikoilla. Asemointi tapahtuu langattomalla ohjaimella, joka tekee siitä äärimmäisen tarkkaa ja helppoa. Lisäksi kairakoneessa on vakiona kairayksikkö, mikä mahdollistaa BQ-kalustolla kairauksen 650 m ylöspäin, 1 100 m vaakatasossa ja 1 300 m alaspäin. Tämän lisäksi konetta voidaan räätälöidä asiakkaan

tarpeiden mukaiseksi niin, että siitä saadaan paras mahdollinen hyöty ja tehokkuus irti. (7.) Kuvassa 6 on esitetty BQ-malliston tekniset tiedot.

MITAT	HYDRAULIIKAJÄRJESTELMÄ
Pituus: 7,8-10 m	Hydraulitankin vetoisuus: 220 l
Leveys: 2,5 m	Hydraulitankin vetoisuus: 220 l
Korkeus: 2,7-4 m	Hydrauliöljyn jäähdytin
Paino: 10-15 t	Levylämmönvaihdin
	Erillinen suodatus ja jäähdytyspumppu
KAIRAUSYKSIKKÖ	SÄHKÖMOOTTORI
Syötön pituus: 1800 m	75-110 kW
Syöttövoima: 85 kN	
Nostovoima: 85 kN	
Vääntömomentti: 371-1030 Nm	VESIPUMPPU
Kairauskulmat: Horisontaalisesti 210 astetta vertikaalisesti 180 astetta	Maksimipaine: 100 bar
Pitokapasiteetti: 60-130 kN	Syöttö: 165 l/min
Kairausyvyvyys BQ: Ylös: 650 m, Vaakasuoraan:1100 m, Alas:1300 m	
	VAIJERIVINSSI
LIIKUTELTAVUUS	Vinssirummun kapasiteetti: 600-1400 m, 5-6 mm kaapeli
Hydrostaattinen tai momentin muunnin vaihteisto	
Nelipyörahjaus	
Erinomainen kääntösäde	
Ajonopeus: 0-10 km/h	

KUVA 6. BQ-malliston teknisiä tietoja (7)

4 KUNNOSSAPITO

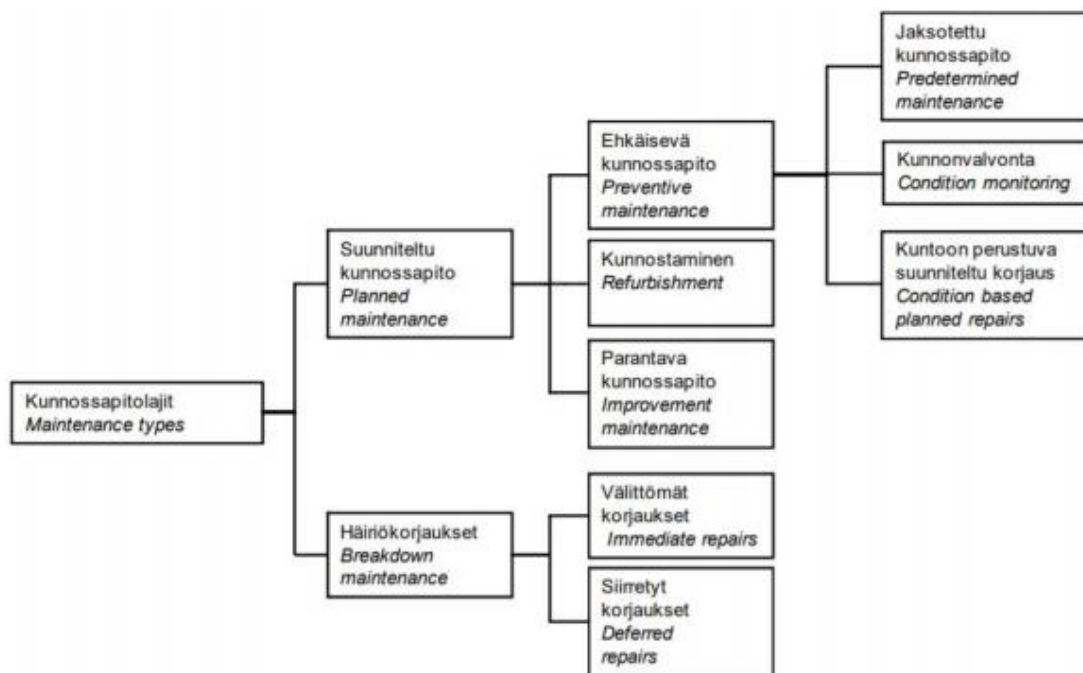
Kunnossapidon ensisijainen tehtävä on pitää laitteet jatkuvasti käyttökunnossa. Kunnossapitoon kuuluvat myös rikkoutuneiden laitteiden ja komponenttien korjaukset, mutta korjaustoiminta ei ole kunnossapidon päätarkoitus. Kunnossapito ei ole nykynäkemyksen mukaan kustannus, vaan tärkeä tuotannontekijä, jonka avulla varmistetaan tuotantolaitoksen kilpailukyky (8, s. 25):

Kunnossapitoon liittyviä määritelmiä löytyy useista kansainvälisistä ja kansallisista standardeista sekä useista alan teoksista. Muutamia yleisesti käytössä olevia määritelmiä on seuraavissa standardeissa. (8, s.20.)

- standardi PSK 6021: ”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana.”
- standardi SFS-EN 13303: ”Kunnossapito koostuu kaikista kohteen eliniän aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.”

Määritelmät tarkoittavat sitä, että laitoksessa pitää olla selkeä näkemys siitä, millaista suorituskykyä laitteilta odotetaan. Tämän odotusarvon perusteella määräytyy se, millaista tasoa ja tulosta kunnossapidolta halutaan. Tämän pohjalta määritellään laitoksen kunnossapitostrategia ja kunnossapidon käytännön toimenpiteet. Siksi olisi tärkeää, että jo laitteita suunniteltaessa ja hankittaessa olisi ymmärrettävä, mitä niiltä halutaan, jotta myös kunnossapidolliset asiat voidaan huomioida jo hankintavaiheessa.

Tärkeimmiksi työkaluiksi tämän tahtotilan määrittämiseksi kunnossapidon kannalta ovat muodostuneet erilaiset elinjakso-kustannusten ja -tuottojen laskelmat. (8, s. 20.) Kuvassa 7 on esitetty PSK 7501 -standardin mukaiset kunnossapitolajit ja niiden hierarkia. (9, s. 22.)



KUVA 7. Kunnossapitolajit (9, s. 22)

4.1 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevän kunnossapidon tarkoituksena on pitää yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palauttaa heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estää vaurioiden syntyminen. (9, s. 22.) Ehkäisevässä kunnossapidossa on tärkeä rooli koneen käyttäjillä, sillä he toimivat pääsääntöisesti tarkastustoimenpiteiden tarkastajina, koska tuntevat parhaiten koneen normaalin ja epänormaalin toiminnan. (8, s. 96.)

4.1.1 Kuntoon perustuva kunnossapito

Kuntoon perustuvalla kunnossapidolla tarkoitetaan kunnonvalvonnalla tai tarkastustoiminnolla havaittujen kohteiden suunniteltu korjaus. Kunnonvalvontaa suoritetaan aistein ja mittalaitteiden avulla tapahtuvien tarkastuksien sekä mittaustuloksia analysoimalla. Kunnonvalvonnan avulla määritetään kohteen toimintakunnon nykytila ja arvioidaan sen kehittyminen. Näiden pohjalta määritetään mahdollinen vikaantumis-, huolto- ja korjausajankohta. (9, s. 23.)

4.1.2 Jaksotettu kunnossapito

Jaksotettu kunnossapito on toimenpide, joka suoritetaan suunnitelluin jaksotuksin. Jaksotukset voidaan tehdä esimerkiksi käyttötuntien, kalenteriajan, tuotantomäärän tai energian käytön mukaisesti ilman edeltävää toimintakunnon määrittystä. Jaksotettuun kunnossapitoon kuuluu myös huolto, joka sisältää kohteen tarkastamisen, säätämisen, puhdistamisen, rasvaamisen, öljynvaihdon, suodatimien vaihdot ja muut vastaavat toimenpiteet. (9, s. 22.)

4.2 Kunnostaminen

Kunnostamisella tarkoitetaan käytöstä pois otetun vaurioituneen tai kuluneen kohteen palauttaminen käyttökuntoon korjaamalla. (9, s. 23.) Kunnostaminen voi olla joko suunnittelematon häiriökorjaus tai suunniteltu kunnostaminen. Kunnostamisen suoritusajkojen avulla voidaan laskea osan tai komponenttien elinaika. (8, s. 51.)

4.3 Parantava kunnossapito

Parantavassa kunnossapidossa ei muuteta kohteen toimintaa, mutta parannetaan kohteen luotettavuutta ja/tai kunnossapidettävyyttä (9, s. 23). Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmeen pääryhmään. Ensimmäisessä ryhmässä kohteeseen vaihdetaan uudempia osia tai komponentteja kuin alkuperäiset, mutta kohteen suorituskykyä ei juuri muuteta. Toisessa pääryhmään kuuluvat erilaiset kohteen uudelleensuunnittelut, joilla parannetaan kohteen epäluotettavuutta, mutta ei muuttaa suorituskykyä. Kolmanteen pääryhmään kuuluvat modernisaatiot, joilla muutetaan kohteen suorituskykyä. Modernisaatiolla yleensä uudistetaan sekä valmistusprosessi että kone. Modernisaatiot suoritetaan silloin kun koneella on vielä elinaikaa jäljellä ja on kustannustehokkaampaa uudistaa kone, kuin ostaa uusi tilalle. (8, s. 51.)

4.4 Häiriökorjaus

Häiriökorjauksen tarkoituksena on palauttaa vikaantunut kohde toimintakuntoon ja käyttöturvallisuudeltaan alkuperäistä vastaavaan tilaan. Häiriökorjaukset voidaan jakaa kahteen ryhmään, välitön häiriökorjaus ja siirretty häiriökorjaus. Välittömässä häiriökorjauksessa korjaustoimenpide suoritetaan välittömästi vian havaitsemisen jälkeen, jotta kohteen toimintakunto voidaan palauttaa tai rajoittaa vian aiheuttamat seuraukset hyväksyttävälle tasolle. Siirretyssä häiriökorjauksessa vikaa ei korjata välittömästi, vaan korjaustoimenpide siirretään tehtäväksi tuotannon tai organisaation tilan salliessa. (9, s. 23.)

5 KUNNOSSAPIDON TALOUS

Kunnossapito on liiketoimintaa, jossa esiintyvät normaalit liiketoiminnan toimintamallit. Kunnossapidon yksi tärkeimmistä ohjaavista tekijöistä on talous. Tuotantolaitoksen tärkein tehtävä on tuottaa hyödykkeitä mahdollisimman tuottavasti ja tämä on myös kunnossapito-osaston tärkein päämäärä. Liiketoiminnan tuottavuus saadaan vähentämällä kustannukset tuotoista. (8, s. 179.)

Kunnossapidon kustannukset ovat suurimmat yritykselle heti pääoma ja raaka-ainekustannusten jälkeen. Lisäksi kunnossapito on yritysten suurin kontrolloimaton kustannuserä. Yritykset ovatkin alkaneet panostaa siihen, että kunnossapidon kustannukset ja hallinta saadaan kontrolliin. (10, s. 38.)

Kunnossapito vaikuttaa epäsuorasti yrityksen tuloksen muodostumiseen. Tämän epäsuoran vaikutusmekanismin tunteminen on tärkeää, jotta voidaan selvittää kunnossapitopanostusten avulla saadut tuotot yritykselle. (10, s. 38.)

5.1 Välittömät kustannukset

Kunnossapidon välittömiin kustannuksiin voidaan luetella ne kustannukset, jotka voidaan suoraan osoittaa johtuvan kunnossapidon tekemisistä. Tämän tyyppisiä kustannuksia ovat muun muassa kunnossapito-organisaation työkustannukset, hankintakustannukset, varaosat ja kiinteistö- ja hallintokulut. (8, s. 180.)

5.2 Välilliset kustannukset

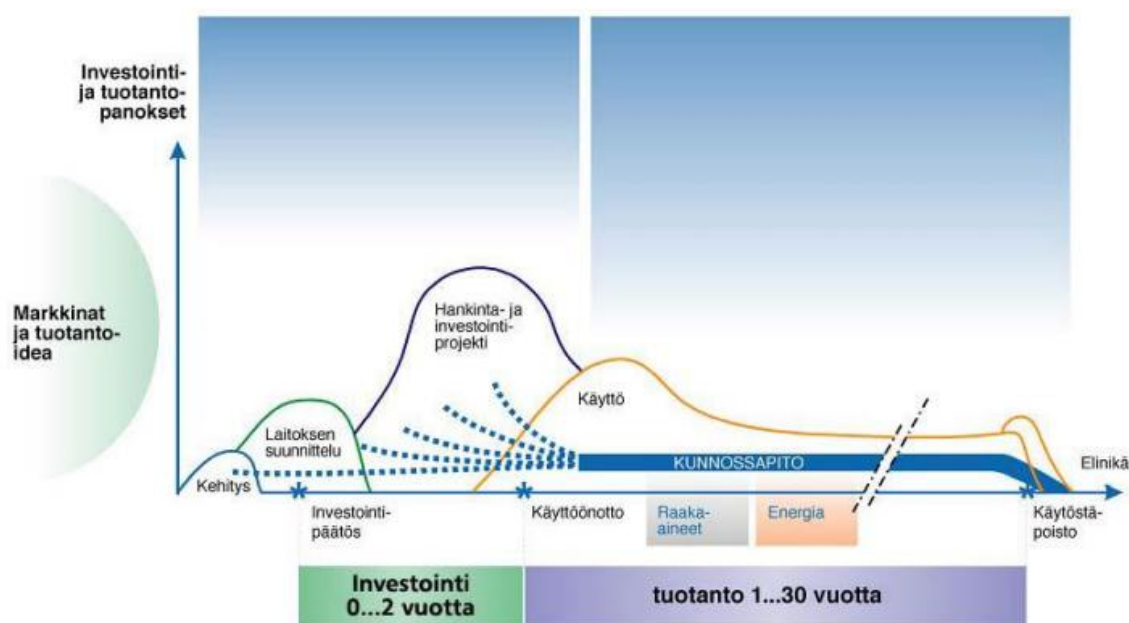
Välittömien kunnossapitokustannusten lisäksi kunnossapidosta aiheutuu myös välillisiä kustannuksia. Välillisten kustannusten kohdistaminen on hankalaa, koska niitä ei voida jakaa järkevästi kunnossapidon eri toiminnoille. Välillisiä kustannuksia ovat muun muassa huonosta laadusta aiheutuvat kulut, ylimitoitetuista käyttöresursseista aiheutuvat kustannukset, liian ylimitoitettut varastot, ylitöistä johtuvat menot ja hallitsematon resurssien käyttö. (8, s. 180.)

5.3 Aineettomat kustannukset

Aineettomilla kustannuksilla on suora yhteys yrityksen toimintaan. Huonolaatuinen kunnossapito aiheuttaa muun muassa turvallisuuden, motivaation ja oppimisprosessin alenemista. Yrityksen imago ja maine luotettavana toimijana huononee, jolloin asiakkaat voivat pahimmillaan vaihtaa toimittajaa. (8, s. 181.)

5.4 Elinjakokustannukset

Koneen elinajan aikana syntyy kustannuksia koneen käyttämisestä ja kunnossapidosta, mutta myös muita kustannuksia esiintyy koneen elinajan aikana. Näitä kustannuksia ovat muun muassa koneen toiminnan muuttaminen elinajan aikana ja modernisoinnit. (8, s. 182.) Kuvassa 8 on esitetty tuotantolaitteen elinjakso.



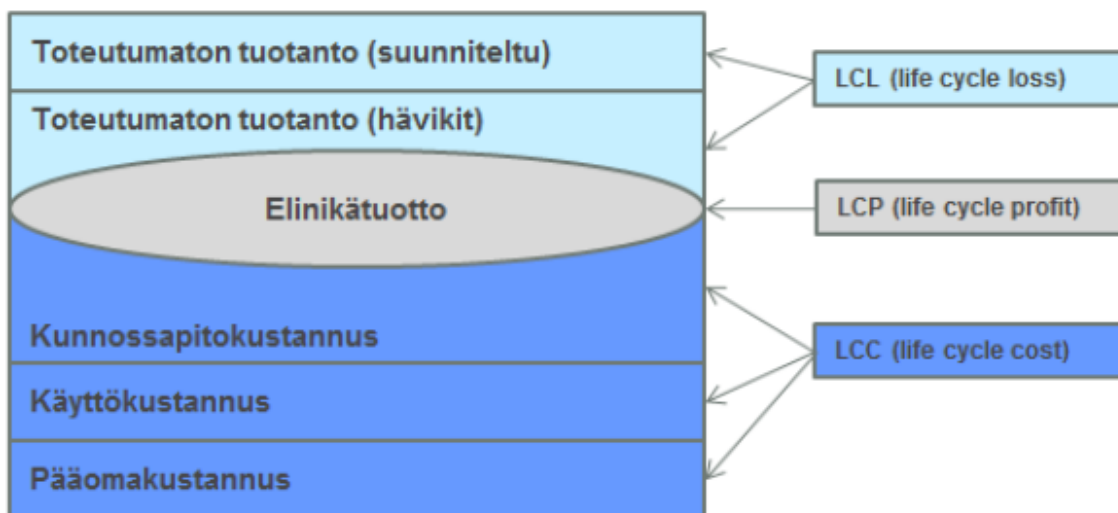
KUVA 8. Tuotantolaitteen elinjakso (8, s. 182)

Ostotoiminnassa päätökset on yleensä tehty koneen hinnan ja laadun perusteella. Usein käy niin, että hankitaan halvin tuote, mutta kun tuotteen ostohintaan lisätään tuotteen käyttökustannukset voi tuotteesta tulla kallein. Erilaisilla tuotteilla on erilaisia elinaikakustannuksia. Esimerkiksi tavallisen tietokoneen elinaikakustannuksista noin 20 % muodostuu hankintahinnasta, kun taas dieselveiturin

hankintahinnan osuus on vain noin 5 % koneen elinaikakustannuksista. Elinaikakustannusten määrittämiseksi on kehitetty elinjakson kustannusanalyysi, joka tunnetaan nimellä LCC-menetelmä (LCC, life, cycle, costs). (8, s. 182.)

Pääoma ja käyttökustannukset säilyvät suhteellisen vakion koneen elinajan aikana. Kunnossapitokustannukset ovat sen sijaan korkeat elinajan alkuvaiheessa johtuen asennuksista sekä elinajan lopussa lisääntyneestä kunnossapitotarpeesta. (8, s. 183.)

Yritys saavuttaa tuottoa, kun kone toimii. Koneen käyttöaste ei koskaan yllä aivan sataan prosenttiin, sillä osa tuotannosta menetetään erilaisiin toimenpiteisiin, joihin kuuluvat seisokit, vikaantumiset, työkaluvaihdot ja huollot, joita ei voida suorittaa koneen ollessa käynnissä. Kuvassa 9 on esitetty koneen elinaikakustannusten muodostuminen. Kuvassa esitetty harmaa alue kuvastaa koneen elinikätuottoa. Elinikätuoton alaosa esittää toteutuneita kustannuksia ja yläpinta esittää todellisia tuottoja. Mikäli elinikätuottoa halutaan kasvattaa, useimmiten ainoa mahdollinen keino on vähentää kunnossapito- ja käyttökustannuksien osuutta. (8, s. 183.)



KUVA 9. Koneen elinaikakustannusten muodostuminen (8, s. 183)

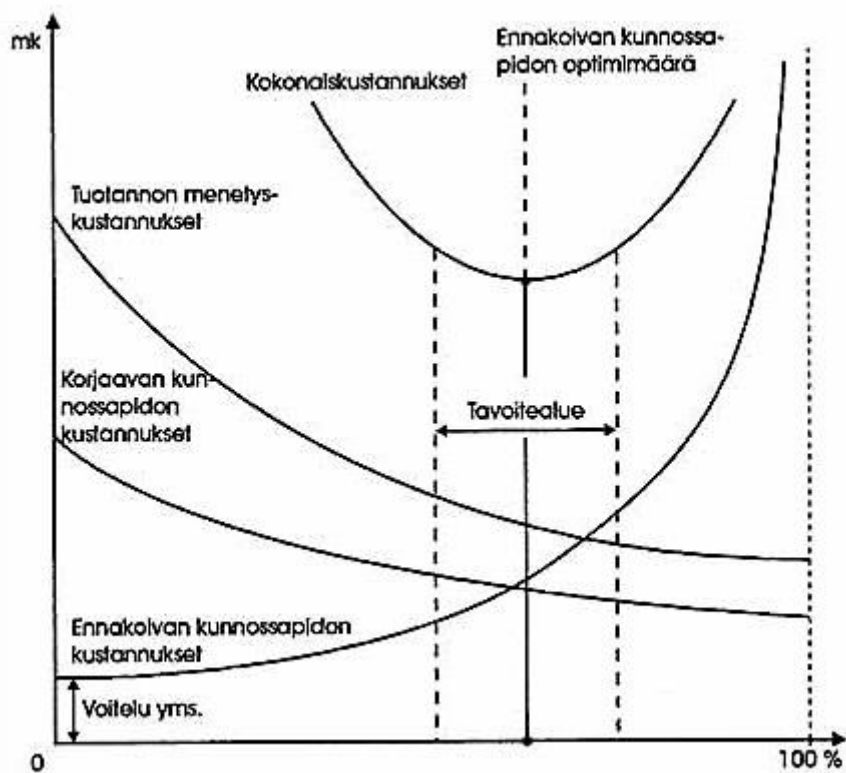
5.5 Käytön määrä

Koneen käytön määrää tutkittaessa yritys saa arvokasta tietoa tuotanto-omaisuuden käytöstä ja sen tehokkuudesta. Käytön määrän seuraamisella pitkällä aikavälillä saadaan myös tietoa tuotanto-omaisuuden tehokkuuden muutoksista. Käytön määrää seurataan käyttö- ja käyntiasteella. Käyttöasteella tarkoitetaan käytötunteja, joissa on otettu huomioon joutoaika, varallaolo, kunnossapito ja käytön vaatima seisokkiaika. Käyntiasteella tarkoitetaan käyntituntien suhdetta vertailtavaan kokonaisaikaan, eli käyntiaste kertoo koneen tehollisen työajan. (8, s. 58.)

5.6 Kunnossapidon tavoitteet

Kunnossapidon tavoitteita ovat koneiden hyvä käyttövarmuus ja korkea kokonaistehokkuus. Hyvin hoidetulla kunnossapidolla saavutetaan hyvä käytettävyys ja korkea käyntiaste, joka vaikuttaa suoraan yrityksen tuottavuuteen ja luotettavuuteen. (8, s. 59.)

Hyvän kunnossapidon yhtenä tunnusmerkkinä voidaan pitää sitä, että noin kolme viikkoa ennen suunniteltua korjausta on tiedossa noin 80 % työkuormasta, mikä koskee erityisesti ehkäisevää kunnossapitoa. Tämä mahdollistaa toimenpiteiden suunnittelun, varaosien hankinnan, töiden aikataulutuksen ja resursoinnin. Kunnossapitoa ja erityisesti ehkäisevää kunnossapitoa kannattaa tehdä, kun kunnossapidon puutteen aiheuttamat vahingot ja menetykset ovat suurempia kuin kunnossapidosta muodostuvat kustannukset. Lisäksi tarkastettaville kohteille ja osille on oltava selkeä ja tehokas ennakkohuoltomenetelmä. (8, s. 97.) Kuvassa 10 on esitetty kunnossapitokustannusten optimoinnin periaate.



KUVA 10. Ehkäisevän kunnossapidon optimointi (11)

6 HUOLTO-OHJELMAN JA HUOLTOKÄSIKIRJAN LAATIMINEN

Työn ensimmäisessä vaiheessa määritettiin huoltokohteiden referenssilista, huoltokäsikirjan muotoilu ja tyyli sekä rajapinta huolto-ohjeiden kirjoittamiselle. Referenssilistaukseen määritettiin yhden vuoden aikana koneeseen suoritettavat huolto- ja tarkastustoimenpiteet. Huolto- ja tarkastusväleiksi määritettiin päivittäin, 50:n, 200:n, 400:n, 1 000:n ja 2 000 tunnin sekä yhden vuoden välein suoritettavat huollot ja tarkastukset.

Huolto-ohjeiden kirjoittamisen rajapinnaksi määritettiin koskemaan 400 tunnin huoltoja. Rajapinnan määrittämisen perusteena oli se, että tällöin työstä ei tule liian laaja ja työ saadaan suoritettua kohtuullisessa ajassa. Määritetyn referenssilistauksen perusteella huoltokäsikirjaan laaditaan yksityiskohtaiset huolto-ohjeet 79 huoltokohteelle. Referenssilistauksen ensimmäiseen osioon määritettiin tarkastettavat huoltokohteet (kuva 11). Kuvassa 11 esitetyssä referenssilistauksissa olevat valkoiset osiot merkitsevät sitä, että kyseinen huolto- tai tarkastuskohde suoritetaan sille merkityllä ajankohdalla.

HUOLTO- JA KUNNOSTUSKAAVIO							
HUOLLOT (MOOTTORI + ALUSTA = Diesel tunteja, kairauslaitteisto ja hydraulikka = Sähkötunteja)							
TOIMENPIDE	PÄIVITTÄIN	50	200	400	1000	2000	1 vuosi
ÖLJYNÄYTTEET							
ÖLJYANALYYSI MOOTTORIÖLJYSTÄ							
ÖLJYANALYYSI HYDRAULIKKAÖLJYSTÄ							
TARKASTUS							
TARKASTA JÄÄHDYTTINNESTEEN MÄÄRÄ							
TARKASTA POLTTOAINE VUODOT							
TARKASTA MOOTTORIN VUODOT							
TARKASTA PAKOJÄRJESTELMÄN VUODOT							
TARKASTA VESILETKUJEN JA JÄÄHDYTTIMEN VUODOT							
TARKASTA MOOTTORIÖLJYN MÄÄRÄ							
TARKASTA VAIHTEISTOÖLJYN MÄÄRÄ							
TARKASTA JARRUÖLJYN MÄÄRÄ							
TARKASTA RENKAIDEN KIINNITYS							
TARKASTA RENKAIDEN KUNTO							
TARKASTA SYÖTTÖPUOMIN KUNTO VISUAALISESTI							
TARKASTA SYÖTTÖSYLINTERIN KUNTO							
TARKASTA VISUAALISESTI PUOMISTON SYLINTEREIDEN VUODOT							
TARKASTA KÄÄNTÖKEHIEN KIINNITYS JA KUNTO							
TARKASTA KAIRAKELKKA VISUAALISESTI							
TARKASTA PYÖRITYSYKSIKÖ							
TARKASTA PYÖRITYSYKSIKÖN ISTUKAN LEUAT							
TARKASTA OHJAUSPÖYDÄN KUNTO JA TOIMINTA							
TARKASTA VALOJEN TOIMINTA							
TARKASTA HENKILÖSUOJAIMET JA VAROITUSKYLTIT							
TARKASTA POLTTOAINEMÄÄRÄ							
TARKASTA HYDRAULIÖLJYN MÄÄRÄ							
TARKASTA PUTKENPITIMEN JA PYÖRITYSMOOTTORIN OHJAUSHOLKIT							
TARKASTA PISSAPOJAN NESTEMÄÄRÄ							
TARKASTA RENGASPAINEET							
TARKASTA ETU - JA TAKAAKSELISTON VUODOT JA VAURIOT							
TARKASTA KÄYNNIN TASAISUUS JA KUULUUKO YLIMÄÄRÄISIÄ ÄÄNIÄ							
TARKASTA APULAITEHIHNOJEN KIREYS JA KUNTO							
TARKASTA KÄÄNTÖKEHIEN TIIVISTEET							
TARKASTA KULMAVAIHTTEEN ÖLJYMÄÄRÄ							
TARKASTA PÄÄVIRTALOHTIMET JA -KYTKIN							
TARKASTA PYÖRITYSYKSIKÖN JA PUTKENPITIMEN OHJAINHOLKIT							
TARKASTA KELKAN, PYÖRITYSYKSIKÖN JA PUTKENPITIMEN KIINNITYS							
TARKASTA IMUPUTKISTON KIINNITYS							
TARKASTA IMUPUTKISTON MUHVIEKUNTO							
TARKASTA VESIPUMPUN JUORUREIKÄ							
TARKASTA PUOMIN HYDRAULILETKUT							
TARKASTA PUTKENPIDIN							
TARKASTA SAKARAKYTKIMIEN KUNTO VISUAALISESTI							
TARKASTA VENTTIILIPÖYDÄN VUODOT							
RUNGON JA MAALIPINNAN VISUAALINEN TARKASTUS							
TARKASTA KULIETTAJAN ISTUIMEN KUNTO							
MITTAA RENKAIDEN KULUTUSPINNAT							
TARKASTA VESISÄILIÖ JA UIMURIVENTTIILIN TOIMINTA							
TARKASTA HÄNTÄKAAPELI, VEDONPOISTO JA HANSKA							
TARKASTA MOOTTORIN KIINNITYS							
TARKASTA PUMPPUJEN KIINNITYS							
TARKASTA KAIRAUSLAITTEISTON KIINNITYS							
TARKASTA TURBOAHTIMEN VÄLYS							
TARKASTA MANITOUN KÄÄNTÖSYLINTERIT							
TARKASTA MANITOUN ORBITROL PUMPPU JA OHJAUSTEHOSTIMEN PUMPPU							
TARKASTA MANITOUN RAIDETANGONPÄÄT							

KUVA 11. Referenssilistaus osa 1

Referenssilistauksen toiseen osioon määritettiin huollon yhteydessä voideltavat, puhdistettavat/säädettävät ja testattavat huoltokohteet (kuva 12). Kuvassa 12 esitetystä referenssilistauksesta on valittu valkoiset osiot merkittävänä, että kyseinen huolto- tai tarkastuskohde suoritetaan sille merkityllä ajankohdalla.

VOITELU							
VOITELE PUTKENPITIMEN KEHIKKO							
VOITELE KELKAN LIUKUPALAT							
VOITELE WIRELINEPYÖRÄT							
VOITELE PYÖRITYSYKSIKÖN RASVANIPAT							
VOITELE KELKAN KÄÄNTÖTAPPI							
VOITELE PUOMIN RASVANIPAT							
VOITELE KÄÄNTÖKEHÄT							
VOITELE ETU- JA TAKAPYÖRIEN OLKANIVELET							
VOITELE ALUSTAN RASVANIPAT							
VOITELE TUKIJALKOJEN RASVANIPAT							
VAIHDA PYÖRITYSYKSIKÖN ÖLJY							
VAIHDA ETU- JA TAKA-AKSELEIDEN ÖLJY							
VAIHDA MOOTTORIÖLJY							
VAIHDA PORAVESIPUMPUN VOITELUÖLJY							
VOITELE OVIEEN SARANAT							
VAIHDA NAPAVAIHTEIDEN ÖLJY							
VAIHDA VAIHTEISTOÖLJY							
VAIHDA KULMAVAIHTEISTOÖLJY							
PUHDISTA JA VOITELE SEISONTAJARRUMEKANISMI							
VAIHDA KAAPELIKELAN VAIHTEISTON ÖLJY							
VAIHDA KÄYTTÖHYDRAULIIKAN HYDRAULIIKKAÖLJY							
VAIHDA ALUSTAHYDRAULIIKAN HYDRAULIÖLJY							
SUORITA ILMASTOINTIHUOLTO							
PUHDISTUS/SÄÄTÖ							
PUHDISTA IMUILMAN ESISUODATIN							
TYHJENNÄ VEDEN EROTIN							
SÄÄDÄ KELKAN LIUKUTYYNYT							
TARKASTA/SÄÄDÄ APULAITEHIINAN KIREYS JA KUNTO							
TARKASTA, PUHDISTA JA VOITELE SEKÄ ISTUKAN ETTÄ PUTKENPITIMEN LEUAT							
PUHDISTA JÄÄHDYTTIMET							
PUHDISTA ILMANSUODATIN							
PUHDISTA VAIHTEISTON MAGNEETTISIHTI							
PUHDISTA HYDRAULIÖLJYSÄILIÖN IMUSIHTI							
TYHJENNÄ PA TANKIIN KERTYNYT VESI							
PUHDISTA, KIRISTÄ JA VOITELE AKUN NAVAT							
PUHDISTA MOOTTORIN HUOHOTIN							
TARKASTA/SÄÄDÄ VENTTIILIVÄLYS							
TARKASTA/SÄÄDÄ TYHIÄKÄYNTINOPEUS							
TARKASTA/SÄÄDÄ PUMPUN AJOITUS							
TARKASTA/SÄÄDÄ MAKSIMIKIERROSNOPEUS							
LATAA JA KUORMITUSTESTAA AKUT							
PUHDISTA TAMU							
TESTAUS							
TESTAA HÄTÄ- JA RAJAKYTKIMIEN TOIMINTA							
SEISONTAJARRUTESTI							
KOKEILE TURVAVYÖN TOIMINTA							
TARKASTA MOOTTORIÖLJYN KULUTUS LOKIKIRJASTA							
MITTAA KÄÄNTÖKEHIEH VÄLYS (TILTTI JA ROTATIO)							
MITTAA LATAUSJÄNNITE							
MITTAA MOOTTORIN ÖLJYNPAINE							
PUOMISTON SYLINTEREIDEN VUOTOTESTI							
PAINEENRAJOITUSVENTTIILIEH KOEISTUS							
KAIRAUSLAITTEISTON PAINEIDEN MITTAUS							
MITTAA KYTKIMIEN LINJIAUS JA SÄÄDÄ TARVITESSA							
HÄNTÄKAAPELI JA SÄHKÖMOOTTORIN ERISTYSVASTUSMITTAUS							
TARKASTA SÄHKÖJOHTOJEN LÄPVIENNIIT							
TARKASTA SÄHKÖKAAPIIN TIVISTEET							

KUVA 12. Referenssilistaus osa 2

Referenssilistauksen viimeiseen osioon määritettiin huollon yhteydessä uusittavat komponentit ja kairakoneen komponenteille kunnostus ajankohdat (kuva 12). Kuvassa 13 esitettyssä referenssilistauksissa olevat valkoiset osiot merkitsevät sitä, että kyseinen huolto- tai tarkastuskohde suoritetaan sille merkityllä ajankohdalla.

UUSI							
TARKASTA/VAIHDA PUOMISTON LIUKUPINNAT							
TARKASTA/VAIHDA PUTKENPITIMEN SAKARAT							
TARKASTA/VAIHDA PUOMISTON LIUKUMUOVIT							
TARKASTA/VAIHDA PYÖRITYSYKSİKÖN ISTUKKA							
VAIHDA POLTTOAINESUODATIN							
VAIHDA MOOTTORIÖLJYSUODATIN							
VAIHDA ILMANSUODATIN							
VAIHDA HYTYN RAITISILMASUODATIN							
VAIHDA ISTUKKASUODATIN							
VAIHDA HYDRAULIIKAN PALUUSUODATTIMET							
VAIHDA HYDRAULIIKAN PAINESUODATIN							
VAIHDA ALUSTAN HYDRAULISUODATTIMET (DIESEL TUNNIT)							
VAIHDA VAIHTEISTOÖLJYSUODATIN							
VAIHDA HYDRAULISÄILIÖN HUOHOTIN							
VAIHDA JÄÄHDYTTINNESTE							
VAIHDA HYDRAULIIKAN TANKKAUSPIIRIN SUODATIN							
VAIHDA KIILAHIHNAT							
VAIHDA KUNNOSTETUT SUUTTIMIT							
TARKASTA/TESTAA KOKO JARRUJÄRJESTELMÄ							
UUSI POLTTOAINE JÄRJESTELMÄN LETKUT							
KUNNOSTUKSET							
TOIMENPIDE	5000	10000	15000	20000	25000	6 KK	1 VUOSI
VAIHDA AKUT							
LATURIN UUSINTA/HUOLTO							
STARTIN UUSINTA/HUOLTO							
POLTTOAINELETKUJEN VAIHTO							
PUOMISTON SYLINTEREIDEN UUSINTA/HUOLTO							
PYÖRITYSMOOTTORIN UUSINTA/HUOLTO							
PYÖRITYSYKSİKÖN UUSINTA/HUOLTO							
KELKAN KUNNOSTUS							
ALAJARRUN HUOLTO							
SÄHKÖJOHTOJEN LIITOSTEN PUHDISTUS JA SUOJAUS.							
VAURIOITUNEEN JOHTOJEN VAIHTO							
HYDRAULIPUMPPUJEN UUSINTA/HUOLTO							
KAIRAUSLAITTEISTON HYDRAULILETKUJEN UUSINTA							
ALUSTAN HYDRAULILETKUJEN UUSINTA							
KULJETTAJAN ISTUIMEN UUSINTA/KUNNOSTUS							
HYDRAULIOÖLJYTANKIN PUHDISTUS							
DIESEL TANKIN PUHDISTUS							
AJOMOOTTOREIDEN UUSINTA/HUOLTO							
DIESEL PUMPUN HUOLTO							
LETKUKELOJEN KUNNOSTUS							
PORAVESIPUMPUN HYDRAULIMOOTTORIN UUSINTA							
PORAVESIPUMPUN KUNNOSTUS							
UUSI HYDRAULIOÖLJYN LÄMMÖNVAIHDIN							
TURBON UUSINTA/HUOLTO							
JÄÄHDYTYSNESTELETUJEN VAIHTO							
VAIHDA HEHKURELE							
UUSI JÄÄHDYTTIMEN KORKKI							
JÄÄHDYTTIMIEN JA PUHALTIMEN UUSIMINEN							
MOOTTORIN PERUSKUNNOSTUS							
SÄHKÖJÄRJESTELMÄN KUNNOSTUS							
SAMMUTTAMIEN HUOLTO							

KUVA 13. Referenssilistaus osa 3

Referenssilistauksen jälkeen siirryttiin laatimaan huoltokäsikirjaa. Huoltokäsikirjaan laadittiin ensimmäiseksi yleiset turvamääräykset, puomin turvalukituksen asettaminen ja poistaminen sekä sähkökaapin päävirtakytkimien poiskytkentä. Seuraavaksi määritettiin kairakoneessa olevat pääkomponentit laitekorttiin, kairakoneessa käytetyt voiteluaineet ja siihen kuuluvat tärkeimmät varaosat.

Huolto-ohjeiden kohteena olevat huoltokohteet kuuluivat kaikki ennakoivan huollon piiriin ja ne suoritetaan työkohteessa operaattorin toimesta. Tämän vuoksi huolto-ohjeiden on oltava visuaalisesti selkeitä, täsmällisiä ja siinä on esitettävä huolto-/tarkastustoimenpide seikkaperäisesti mahdollisten virheiden välttämiseksi.

Suoritettavista huolloista laadittiin jokaisesta erillinen huoltolomake, johon listattiin siinä huollossa suoritettavat toimenpiteet. Huoltolomakkeen tarkoituksena on olla apuna ja muistilistana huoltoa suorittavalle henkilölle. Huoltolomakkeeseen merkitään huoltokohde suoritetuksi tai ei suoritetuksi sekä siihen kirjataan mahdolliset huomiot huoltokohteessa (kuva 14).

6.1 PÄIVITTÄIN SUORITETTAVAT HUOLLOT JA TARKASTUKSET

No.	Tehtävä	Huomiot	OK	Ei OK
1.	Tarkasta jäähdytinnesteen määrä			
2.	Tarkasta moottoriöljyn määrä			
3.	Tarkasta polttoainevuodot			
4.	Tarkasta pakojärjestelmän vuodot			
5.	Tarkasta vesiletkujen ja jäähdyttimen			
6.	Tarkista moottorin vuodot			
7.	Tarkasta renkaiden kunto			
8.	Tarkasta renkaiden kiinnitys			
9.	Tarkasta syöttöpuomin kunto visuaalisesti			
10.	Tarkasta syöttösylinterin kunto			
11.	Tarkasta kairakelkka visuaalisesti			
12.	Tarkasta pyöritysyksikkö			
13.	Tarkasta pyöritysyksikön istukan leuat			
14.	Voitele putkenpitimen kehikko			
15.	Voitele kelkan liukupalat			
16.	Voitele wirelinepyörät			
17.	Voitele pyöritysyksikön rasvanipat			
18.	Voitele kelkan kääntötappi			
19.	Tarkasta kääntökehien kiinnitys ja kunto			
20.	Tarkasta visuaalisesti puomiston sylinterien vuodot			
21.	Tarkasta valojen toiminta			
22.	Tarkasta henkilösuojaimet ja varoituskytöt			
23.	Tarkasta polttoainemäärä			
24.	Tarkasta jarruöljyn määrä			
25.	Testaa hätä- ja rajakytkimien toiminta			
26.	Kokeile turvavyön toiminta			
27.	Tarkasta hydraulioöljyn määrä			
28.	Tarkista vaihteistoöljyn määrä			
29.	Tarkasta ohjauspöydän kunto ja toiminta			

KUVA 14. Huoltolomake

Seuraavaksi määritettiin jokaiselle huoltokohteelle huolto-ohjeistus. Huolto-ohjeistuksen määrittämiseen käytettiin apuna päätilaajalta saatuja huoltomanuaaleja, yleisiä ohjeistuksia sekä lakien vaatimaa ohjeistusta tietyille komponenteille. Huolto-ohjeistuksen määrittämisessä otettiin myös huomioon se, että huollot suoritetaan työkohteessa. Huolto-ohjeistus pyrittiin määrittämään siten, että ohjeistukseen liittyvä tekstiosa sekä kuva on esitetty samalla sivulla, jolloin ohjeistus on käyttäjäystävällisempi huoltoa suorittavalle henkilölle. Kuvassa 15 on esitetty huolto-ohjeistus moottoriöljyn määrän tarkastukselle.

6.2.2 Moottoriöljymäärän tarkastus

- Varmista, että kone on tasaisella alustalla [Päivittaiset](#)
- Avaa moottorin suojakansi
- Nosta mittatikku (keltainen nuoli, Kuva 5) ja tarkasta, että moottorissa on öljyä ennen käynnistystä
- Käynnistä moottori ja anna sen käydä tyhjäkäyntiä kaksi minuuttia
- Sammuta moottori ja odota muutama minuutti, että öljy ehtii valua takaisin öljypohjaan
- Poista mittatikku ja kuivaa se puhtaalla kankaalla tai paperilla. Aseta mittatikku paikoilleen, odota viisi sekuntia ja poista mittatikku. Öljytason tulee olla MIN ja MAX merkin välissä. Mikäli öljytaso on alle MIN tason, täytyy öljyä lisätä moottoriin. Avaa öljyn täyttökorkki (sininen nuoli, Kuva 5) ja lisää Teboil SHPD 15W-40 moottoriöljyä. Öljyä ei saa lisätä niin paljon, että öljytaso nousee MAX merkin yli. Merkitse lisätty öljymäärä lokikirjaan



KUVA 15. Moottoriöljyn tarkastus

Maanalaisen kairakoneen huoltokäsikirjan ensimmäisen version valmistuttua suoritettiin huoltokäsikirjan ja huolto-ohjeistuksen pilotointi. Pilotointi suoritettiin Kemin kaivoksella Elijärvellä kolmella maanalaisella kairakoneella. Pilotoinnissa

kairakoneella työskentelevä operaattori suoritti huoltokäsikirjaan laaditut huollot huolto-ohjeistuksen mukaisesti. Huollon suorittamisen jälkeen operaattori antoi palautteen huoltokäsikirjasta ja huolto-ohjeista sekä esitti parannusehdotukset, nämä kirjattiin ylös muistiinpanoihin. Jokainen operaattori suoritti huollon itsenäisesti ja ilman muiden läsnäoloa, jotta palaute ja parannusehdotukset olisivat mahdollisimman neutraaleja.

Pilotoinnista saadun palautteen perusteella havaittiin, että huolto-ohjelma on liian aikaa vievä ja siinä on huoltokohteita, joita ei tarvitse huoltaa niin tiheästi johtuen maanalaisen kairakoneen käyttötarkoituksesta. Esimerkiksi päivittäisten huoltoimenpiteiden suorittamiseen meni keskiarvolta 27 minuuttia. Suurimpia muutoksia tehtiin maanalaisen kairakoneen alustan ja moottorin huoltoväleihin. Maanalaisessa kairauksessa kairakone siirretään työkohteeseen, johon se asemoidaan, tämän jälkeen alustaa sekä moottoria ei käytetä ennen seuraava siirtoa uuteen työkohteeseen. Työkohteessa kairaaminen suoritetaan hydraulilla, jonka voimanlähteenä on korkeajännitesähkömoottori.

Havaittujen johtopäätösten perusteella muutettiin referenssilistausta siten, että siihen lisättiin huoltokohdaksi siirtoajo. Siirtoajo huoltokohteiksi määritettiin maanalaisen kairakoneen alustaan ja moottoriin liittyvät huoltotoimenpiteet ennen kuin kairakonetta lähdetään siirtämään (kuva 16).

6.11 KAIRAKONEEN SIIRTOA EDELTÄVÄT HUOLTO- JA TARKASTUSTOIMENPITEET

HUOM! Suorita alla olevat huollot- ja tarkastukset ennen kuin käynnistät kairakoneen diesel moottorin ja lähdet siirtämään kairakonetta

No.	Tehtävä	Huomiot	OK	EI OK
1.	Tarkasta jäähdytinnesteen määrä			
2.	Tarkasta moottoriöljyn määrä			
3.	Tarkasta polttoaine vuodot			
4.	Tarkasta pakojärjestelmän vuodot			
5.	Tarkasta vesiletkujen ja jäähdyttimen vuodot			
6.	Tarkista moottorin vuodot			
7.	Tarkasta imuputkiston kiinnitys			
8.	Tarkasta imuputkiston muhvien kunto			
9.	Tarkasta apulaitehienojen kireys ja kunto			
10.	Tarkasta renkaiden kunto			
11.	Tarkasta renkaiden kiinnitys			
12.	Tarkasta renkaiden ilmanpaineet			
13.	Rungon ja maalipinnan visuaalinen tarkastus			
14.	Tarkasta etu- ja taka-akseliston vuodot ja vauriot			
15.	Tarkasta valojen toiminta			
16.	Tarkasta polttoainemäärä			
17.	Tarkasta jarruöljyn määrä			
18.	Tarkasta pissapojan nestemäärä			
19.	Kokeile turvavyön toiminta			
20.	Tarkasta käynnin tasaisuus ja kuuluuko ylimääräisiä ääniä			
21.	Tarkista vaihteistoöljyn määrä			
22.	Suorita seisontajarrutesti			
	Huoltopäivämäärä ja mittariston tunnit			

KUVA 16. Siirtoaaja ennen tehtävät huoltotoimenpiteet

Muutosten avulla huoltojen suorittamiseen käytettävä aika saatiin huomattavasti lyhyemmäksi, kuitenkin heikentämättä huoltovarmuutta. Päivittäisten huoltotoimenpiteiden määrä lähes puolittui (kuva 17) sekä niiden suorittamiseen käytettävä aika saatiin pienennettyä keskiarvolta 14 minuuttiin, kun se oli aiemmin 27 minuuttia.

6.1 PÄIVITTÄIN SUORITETTAVAT HUOLLOT JA TARKISTUKSET

No.	Tehtävä	Huomiot	OK	EI OK
1.	Tarkasta syöttöpuomin kunto visuaalisesti			
2.	Tarkasta syöttösylinterin kunto			
3.	Tarkasta kairakelkka visuaalisesti			
4.	Tarkasta pyöritysyksikkö			
5.	Tarkasta pyöritysyksikön istukan leuat			
6.	Voitele kelkan liukupalat			
7.	Voitele wirelinepyörät			
8.	Voitele pyöritysyksikön rasvanipat			
9.	Voitele kelkan kääntötappi			
10.	Tarkasta kääntökehien kiinnitys ja kunto			
11.	Tarkasta visuaalisesti puomiston sylinterien vuodot			
12.	Tarkasta henkilösuojaimet ja varoituskyltit			
13.	Testaa hätä- ja rajakytkimien toiminta			
14.	Tarkasta hydraulioöljyn määrä			
15.	Tarkasta ohjauspöydän kunto ja toiminta			
	Huoltopäivämäärä ja mittariston tunnit			

KUVA 17. Uudistettu päivittäiset huoltokohteet huoltolomake

Pilotoinnin jälkeen suoritettujen korjausten ja muutosten jälkeen todettiin, että huolto-ohjelma ja huolto-ohjeistus on toimiva sekä käytännöllinen. Työn viimeisessä vaiheessa ryhdyttiin parantamaan huoltokäsikirjan käyttöä sähköisessä

muodossa. Käytön parantamiseksi huoltokäsikirjaan luotiin hyperlinkit huoltolomakkeen ja yksittäisen huoltokohteen ohjeistuksen välille. Hyperlinkkien avulla huoltoa suorittava henkilö pystyi siirtymään huoltokohdetta koskevaan ohjeistukseen ja ohjeistuksesta takaisin huoltolomakkeeseen nopeasti (kuva 18).

7.1 Päivittävät huollot

ENNEN HUOLLON ALOITUSTA, katso kohta [Tur](#)

6.2.1 Syöttöpuomin kunnan visuaalinen tarkastus

No.	Tehtävä
6.2.1	Tarkasta syöttöpuomin kunto visuaalisesti
6.2.2	Tarkasta syöttösylinterin kunto
6.2.3	Tarkasta kairakelkka visuaalisesti
6.2.4	Tarkasta pyöritysyksikkö
6.2.5	Tarkasta pyöritysyksikön istukan leuat
6.2.6	Voitele kelkan liukupalat
6.2.7	Voitele wirelinepyörät
6.2.8	Voitele pyöritysyksikön rasvanipat
6.2.9	Voitele kelkan kääntötappi
6.2.10	Tarkasta kääntökehien kiinnitys ja kunto
6.2.11	Tarkasta visuaalisesti puomiston sylinterien vuodot
6.2.12	Tarkasta henkilösuojaimet ja varoituskyltit
6.2.13	Testaa hätä- ja rajakytkimien toiminta
6.2.14	Tarkasta hydraulioiljyn määrä
6.2.15	Tarkasta ohjauspöydän kunto ja toiminta
	Huoltopäivämäärä ja mittariston tunnit

- Tarkasta syöttöpuomin ja asemointiyksikön (Kuva 4) kunto visuaalisesti
- Syöttöpuomissa ei saa näkyä murtumia tai halkeamia
- Tarkasta myös, että syöttöpuomin kaikki kiinnityspultit ovat paikoillaan



KUVA 18. Hyperlinkkien käyttö

Työn valmistuttua tulokset esiteltiin päätilajalle loppupalaverissa yhdessä työn tilaajan kanssa. Päätilaja oli tyytyväinen työn tuloksiin ja hyväksyi työn. Kaiken kaikkiaan huolto-ohjeistusta laadittiin yhteensä noin 600 sivua.

7 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli laatia päätilaajan kairakoneille organisoitu huolto-ohjelma ja huolto-ohjeet huollon suorittamiseen. Työn tuloksena saatiin kattava huolto-ohjelma, johon oli määritelty yhden vuoden aikana kairakoneeseen suoritettavat huoltotoimenpiteet sekä saatiin laadittua kattavat ja laadukkaat huolto-ohjeet operaattoreille huoltotoimenpiteiden suorittamisen tueksi. Yritys ottaa tuotokset käyttöön uuden kunnossapitojärjestelmän käyttöönoton yhteydessä.

Työn painopiste oli ennakoivan huoltotoimenpiteiden määrittämisessä ja myös huolto-ohjeet määritettiin ennakoivan huollon periaatteiden mukaan. Ennakoi-valla huollolla tavoitellaan kustannusten alentumista ja parempaa toimintavar-muutta sekä vikatilanteiden vähenemistä.

Työn suorituksen yhteydessä havaittiin, että ennakoivan huollon määrittäminen on todella haastavaa ja työn alussa laaditut huoltotoimenpiteet osoittautuivat liian laajaksi ja aikaa vieväksi. Tämän seurauksena menetettäisiin tuotantoa sekä ai-heutetaan turhaa kuluja kunnossapidolla. Pilotoinnin avulla saatiin hyvää infor-maatiota huoltotoimenpiteiden määrittämiseksi, ja pilotoinnin jälkeen tehdyt muu-tokset olivat toimivia.

Huoltotoimintojen määrittämiseksi on erittäin tärkeää ymmärtää olosuhteet, joissa huollot suoritetaan, sillä ne vaikuttavat huomattavasti huolto-ohjelman ja -ohjeistuksen laatimiseen, turvalliseen työskentelyyn ja huoltojen laadukkaaseen suorittamiseen. Oman haasteensa työhön toi myös työn kohteena oleva kairaus-kalusto. Työn edetessä havaittiin, että lähes jokainen kairakone oli huoltokom-ponenteiltaan toisistaan eroavainen. Tämän seurauksena huolto-ohjeet ja -oh-jelma täytyi laatia jokaiselle kairakoneelle yksilölliseksi.

Kehitysideana ehdottaisin kairauskaluston yhtenäistämistä huoltokomponenttien osalta. Tämän seurauksena voitaisiin laatia yhteneväiset huolto-ohjeistukset, jol-loin huolloista saatava informaatio ja kunnostustarpeet olisi helpommin kartoitet-

tavissa. Kairauskaluston yhtenäistämällä myös saadaan yrityksen varastonhallinta helpommaksi ja varastonarvo pienemmäksi, koska ei tarvitse pitää usean laitevalmistajan komponentteja hyllyssä.

Työn arvokkaimpana oppina pidän sitä, että opin ymmärtämään, kuinka tärkeää kunnossapitostrategian määrittämisen kannalta on tietää tutkittava kalusto ja sen työympäristö eli missä sillä tehdään töitä ja mitä komponentteja kalustossa on. Näiden tietojen avulla ja ymmärtämisellä voidaan laatia hyvä kunnossapitostrategia, jonka seurauksena saadaan pitkällä aikavälillä kulutushistoriaa, jonka avulla voidaan paremmin ennaltaehkäistä komponenttivikoja ja vikatilanteita. Lisäksi näillä toimilla on suora yhteys yrityksen tuloksen kasvamiseen ja yrityksen luotettavuuteen asiakkaan näkökulmasta.

LÄHTEET

1. Arctic Drilling Company. Adcltd.fi. Saatavissa: <https://adcltd.fi/fi/arctic-drilling-company/>. Hakupäivä 11.1.2019.
2. Malminetsintä. Kaivannaisala. Kaiva.fi. Saatavissa: <https://kaiva.fi/kaivannaisala/kaivostoiminta/malminetsinta/>. Hakupäivä 12.6.2018.
3. Hakanpää, Antero — Lappalainen, Pekka 2011. Kaivos- ja louhintatekniikka. Helsinki: Opetushallitus.
4. Kallionäyttekairaus – menetelmät ja tarkoitus. Rakennustieto.fi. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK110304.pdf>. Hakupäivä 1.8.2018.
5. Kairauspalvelut. Adcltd.fi. Saatavissa: <https://adcltd.fi/fi/kairauspalvelut/>. Hakupäivä 15.8.2018.
6. Surface. Adcltd.fi. Saatavissa: <https://adcltd.fi/fi/surface/>. Hakupäivä 11.9.2018.
7. Underground. Adcltd.fi. Saatavissa: <https://adcltd.fi/fi/underground/>. Hakupäivä 12.9.2018.
8. Järviö, Jorma — Lehtiö, Taina 2012. Kunnossapito, tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Helsinki: KP-Media Oy.
9. PSK 6201. 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. Saatavissa: <https://www.psk-standardisointi.fi/Standard/Ryhma62/PSK6201.pdf>. Hakupäivä 13.2.2019.
10. Mikkonen, Henry 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy.

11. Kunnossapidon käsitteet ja määritelmät. 03.edu.fi. Saatavissa:
http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-1_kunnossapidon_kasitteet_ja_maaritelmät.html. Hakupäivä 2.4.2019