

Automaattisen rasvausjärjestelmän suunnit- telu

Selvitys tekoälyn käytöstä

Tämän opinnäytetyön kirjoittaja, Niklas Pigg, vastaa koko opinnäytetyön sisällön oikeellisuudesta, myös tekoälyllä tuotetun sisällön oikeellisuudesta. Tässä työssä on käytetty tekoälyä kielenhuollossa sekä tiivistelmän kääntämisessä.

Kielenhuollossa ja tekstin käännöksessä käytettiin Copilotia (Microsoft Copilot: Your everyday AI companion). Seuraavat kehoitteet syötettiin 6.4.2026:

“Näytä tekstissä mahdolliset kielioppivirheet.”

“Käännä tämä sana englanniksi.”

Generatiivisen tekoälyn tuotosta mukautettiin ja muokattiin lopullista vastausta varten. Tämän opinnäytetyön aitous on tarkastettu Turnitin samankaltaisuuden tarkastusohjelmalla.

Tiivistelmä

Tekijä(t) Pigg Niklas	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 27	Valmistumisaika 2026
Työn nimi Automaattisen rasvausjärjestelmän suunnittelu		
Tutkinto Insinööri (AMK), Konetekniikka		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Nordkalk Oy Ab		
Tiivistelmä <p>Työssä tarkasteltiin ennakoivan kunnossapidon ja erityisesti voitelun merkitystä ja osuutta teollisuuden laitteiden toimintavarmuuden ylläpitämisessä. Työn tavoite oli suunnitella automaattinen rasvausjärjestelmä Nordkalkille Lappeenrannan tuotantolaitokselle. Tämä pidentäisi laitteiden käyttöikää, parantaisi laitteiden toimintavarmuutta sekä vapauttaisi kunnossapidon työvoimaa.</p> <p>Työssä valittiin rasvattavat kohteet sekä voitelulaitteet. Kohteiden valinta perustui niiden kriittisyyteen, saavutettavuuteen sekä turvallisuuteen. Voitelulaitteita tutkittiin ensin laajasti ja lopulta vertailtiin kahta eri valmistajaa.</p> <p>Työn tuloksena saatiin käytännössä toteutettu malli automaattisen rasvauksen toteuttamiseen, sekä asetettiin kriteerit ja luotiin taulukko, jonka avulla tulevaisuudessa voitelukohteiden valintaa voidaan jatkaa. Työ luo pohjan laajemmalle siirtymälle kohti automaattista voitelua.</p>		
Asiasanat Kunnossapito, ennakkohoolto, voitelu, voitelujärjestelmä, työturvallisuus		

Abstract

Author(s) Pigg Niklas	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2026
	Number of Pages 27	
Title of Publication Design of an automatic lubrication system		
Name of Degree Engineer (UAS), Mechanical Engineering		
Name, title and organization of the client Nordkalk Oy Ab		
Abstract <p>The study examined the importance and role of preventive maintenance, particularly lubrication, in maintaining the operational reliability of industrial equipment. The objective of the study was to design an automatic lubrication system for Nordkalk's production plant in Lappeenranta. This would extend the lifespan of equipment, improve reliability, and free up maintenance labor resources.</p> <p>The study involved selecting lubrication targets as well as suitable lubrication devices. The selection of targets was based on their criticality, accessibility, and safety. Lubrication devices were first studied broadly, after which two different manufacturers were compared.</p> <p>As a result, a practical implementation model for automatic lubrication was developed. In addition, criteria were established and a selection table was created to support future identification of lubrication targets. The study provides a foundation for a broader transition toward automated lubrication.</p>		
Keywords Maintenance, preventive maintenance, lubrication, lubrication system, occupational safety		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Kunnossapito.....	2
2.1	Kunnossapidon tarkoitus.....	2
2.2	Ennakkohuolto.....	2
3	Voitelu.....	4
3.1	Voitelun tarkoitus.....	4
3.2	Laakereiden voitelu ja voitelutilat.....	4
3.3	Voiteluöljyt ja -rasvat.....	6
3.4	Rasvavoitelu.....	7
4	Voitelulaitteet.....	10
4.1	Käsivoitelulaitteet.....	10
4.2	Automaattiset yksi- ja monipistevoitelulaitteet.....	10
4.3	Keskusvoitelujärjestelmä.....	11
4.4	Muita voitelujärjestelmiä.....	13
5	Voitelukohteiden valinta.....	15
5.1	Kriteerejä kohteen valintaan.....	15
5.2	Voitelukohteiden selvitys.....	15
5.3	Voitelukohteiden arviointi.....	17
6	Voitelulaitteiden valinta.....	19
6.1	Voitelulaitteiden esittely ja vertailu.....	19
6.2	Voitelulaitteiden ja rasvan valinta.....	22
7	Voitelulaitteiden käyttöönotto.....	23
8	Yhteenveto ja Pohdinta.....	25
	Lähteet.....	27

1 Johdanto

Jotta laitteet toimivat ja pystyvät suorittamaan niiltä vaaditun tehtävän ne vaativat kunnossapitoa. Ennakoivan kunnossapidon tarkoitus on estää laitteen vikaantuminen jo ennen vian ilmenemistä ja siten välttää tuotannon suunnittelematon pysähtyminen. Onnistunut rasvaus on tärkeä osa ennakkohuoltoa. Rasvauksella nostetaan laitteiden elinikää ja vähennetään vikaantumisen riskiä, joka puolestaan vähentää kunnossapitokuluja. Rasvaus voidaan suorittaa manuaalisesti käsin tai laitteiden avulla automaattisesti. Automaattirasvauksella voidaan varmistaa optimaalinen voitelu laitteen elinkaaren läpi. Manuaalinen rasvaus on puolestaan työlästä ja sen aikana rasvaajan on mahdollista tehdä inhimillisiä virheitä. Rasvaus saatetaan tehdä liian harvoin, liian usein, se voidaan tehdä väärään kohtaan tai se voidaan unohtaa kokonaan. Lisäksi nämä rasvauskierrokset sitovat ainakin yhden työntekijän jopa useamman päivän ajaksi. Tuotannon ollessa käynnissä kaikkiin kohteisiin ei välttämättä edes pääse käsiksi. Kaikki edellä mainitut ongelmat ja virheet voidaan välttää automaattirasvauksella.

Opinnäytetyön tarkoitus on suunnitella automaattinen rasvausjärjestelmä Nordkalkille Lappeenrantaan. Työssä keskitytään parhaan markkinoilta saatavan järjestelmän valintaan olosuhteet huomioon ottaen. Selvitetään tuotannon kannalta kriittiset, sekä asentajille haastavat rasvauskohteet, jotka hyötyvät automatisoinnista eniten. Työn tavoite on pidentää laitteiden käyttöikää sekä vapauttaa kunnossapidontyövoimaa pitkiltä rasvauskierroksilta.

Nordkalk on kalkkikivituotteisiin erikoistunut yritys, joka on yksi Pohjois-Euroopan johtavista kalkkikiventoimittajista. Yritys työllistää noin 800 henkilöä ja sillä on noin 50 toimipistettä ympäri Eurooppaa. Nordkalk on osa SigmaRoc PLC-konsernia ja sen liikevaihto vuonna 2024 oli noin 400 miljoonaa euroa. (Nordkalk 2025 a.)

Nordkalkin suurin tuotantolaitos Suomessa sijaitsee Lappeenrannassa, johon yhtiö laajensi toimintansa vuonna 1910. Lappeenrannassa Nordkalkilla on kaivoksen lisäksi jauhatuslaitos, kaksi rikastamoja ja myyntikonttori. Lappeenrannan kaivos on Euroopan ainoa kaivos, josta louhitaan harvinaista mineraalia wollastoniittia. (Nordkalk 2025 b; Nordkalk 2025 c.)

2 Kunnossapito

2.1 Kunnossapidon tarkoitus

Kunnossapito pitää sisällään kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on varmistaa laitteen toimintakyky tai palauttaa toimintakyky sellaiseksi, että laite pystyy suorittamaan sen tehtävän (SFS-EN 13306 2017). Kunnossapito pitää sisällään monia erilaisia kunnossapitolajeja.

Jaksotettu kunnossapito tarkoittaa kunnossapitoa, joka tehdään esimerkiksi valmistajalta saatujen ja heidän määrittämien aikajaksojen tai käytön määrän mukaan. Tämä kunnossapito tehdään ilman aiempaa tutkimusta kohteen kunnosta. Kuntoon perustuva kunnossapito sisältää fyysisen tilan arviointia ja analyysiä ja kunnossapito suoritetaan niistä saatujen arvioiden ja huomioiden mukaan. Ennustava kunnossapito on laitteen kuntoon perustuvaa kunnossapitoa. Sitä toteutetaan riippuen laitteen kunnosta ja siitä mitatuista ennusteista ja analyyseistä. (SFS-EN 13306 2017.)

Kunnossapidon tavoite on siis huolehtia koneiden, laitteiden ja rakennusten kunnosta, jotta tuotanto voi tapahtua olosuhteissa, jotka ovat edullisimmat tuottojen, turvallisuuden, ympäristön ja laadun kannalta. Toinen tavoite on myös palvelun tuottaminen siten, että asiakas on tyytyväinen ja kustannusten ja laadun suhde mahdollisimman edullinen. Kunnossapidon tavoitteiden saavuttaminen vaatii kunnonvalvontaa, huoltoja, erilaisten koneiden ja laitteiden korjaamista ja muokkausta. Lisäksi syntynyt vika on pystyttävä korjaamaan mahdollisimman nopeasti sekä edullisesti. (Kunnossapito - menestystekijä c.)

2.2 Ennakkohuolto

Ennakkohuolto tarkoittaa laitteen huoltoa ennen varsinaista vikaantumista. Näitä ennakkohuolto toimia voivat olla esimerkiksi pienet säädöt, vuritykset, laitteen kuuntelu ja visuaalinen tarkistus. Rasvaus on myös tärkeä osa ennakkohuoltoa. Kriittisten laitteiden ennakkohuolto on syytä olla suunniteltua tarkasti. Kriittisillä laitteilla tarkoitetaan kohteita, joiden rikkoutumisesta tai pysähtymisestä aiheutuu suuri haitta tuotannolle. Ennakkohuoltoperusteet luodaan laitteille omatoimisesti tai ne voivat perustua myös viranomaisen asettamiin määräyksiin. Viranomaiset ovat asettaneet tietyt pakolliset tarkastus ja huolto välit tietyille laitteille ja laitoksille. Esimerkiksi nostolaitteet ja nostoapuvälineet. (Kone- ja prosessiautomaation kunnossapito – Ennakkohuolto ja ehkäisevä kunnossapito.)

Ennakkohuollon määrä kasvaa tasaisesti ja nykyisestä kunnossapidosta sen arvioidaan vievän 30–40 % työmäärästä. Ennakkohuollon tarkoitus on ylläpitää tai parantaa laitteiston käytettävyyttä. Siihen liittyy käyttöseurantaa, jaksotettuja huoltoja sekä kunnonvalvontaa.

Käyttöseuranta tarkoittaa jatkuvaa normaalin toiminnan ohessa tehtyä tarkkailua ja huoltoa. Esimerkiksi laitteen ollessa käynnissä laakerin kuuntelu on tätä. Jaksotetut huollot ovat ennustavaa kunnossapitoa ja ne muodostavat selvän suunnitellun toimenpidekokonaisuuden. Kunnonvalvonta on jatkuvaa jaksotettua toimintaa. Se eroaa käyttöseurannasta sillä, että se on tarkempaa, laajempaa ja pitkäkestoisempaa. Tässä keskitytään nimenomaan laitteen kunnon tutkimiseen eikä sitä tehdä sivussa muun työn ohella. Ennakkohuollossa on tärkeää määritellä huoltoväli oikein. Huolto ei saa tapahtua liian usein eikä liian harvoin. (Kone- ja prosessiautomaation kunnossapito – Ennakkohuolto ja ehkäisevä kunnossapito; Kunnossapito - menestystekijä a.)

Ennakkohuolto on siis tärkeä osa laitteiston kunnon ja toiminnan ylläpidossa. Voitelu ja sen tarkkailu takaa laitteiden pidemmän eliniän, vähentää laitteiden vikaantumisen riskiä sekä pienentää kunnossapidon kuluja. (Wölfing 2025.)

3 Voitelu

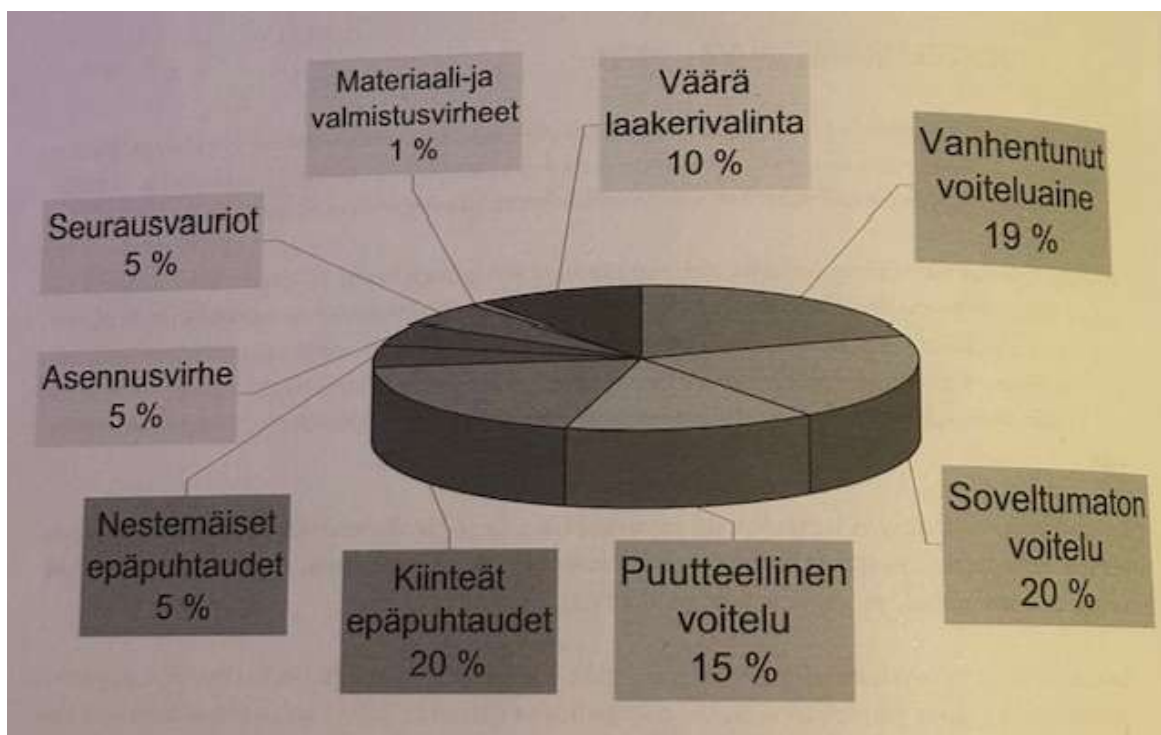
3.1 Voitelun tarkoitus

Voitelulla pyritään vähentämään toistensa suhteen liikkuvien kosketuspintojen välistä kitkaa ja siten kulumista. Tehokkain tapa tähän on lisätä pintojen väliin voiteluainekalvo. Kalvon paksuus vaihtelee rasva- vai öljyvoitelun mukaan. Rasvavoitelussa kalvonpaksuus on noin 50 µm ja öljyvoitelussa 1 µm. Voiteluaine voi periaatteessa olla mitä tahansa helposti leikkaantuvaa ainetta. Se voi olla kiinteää, kaasumaista tai nestemäistä. Yleensä teollisuusvoiteluaineet ovat kuitenkin rasvoja ja öljyjä. (Kunnossapito - menestystekijä d.)

Voitelun tehtäviin kuuluu pintojen toisistaan erottaminen. Sen seurauksena kitkan ja siitä aiheutuvan tehon häviö pienenee. Kitkan vähenemisen ansiosta myös voitelun kohteen lämpötila pienenee. Voiteluaine kerros myös vaimentaa värähtelyä. Uusi voiteluaine työntää vanhaa voiteluainetta ulos, jolloin epäpuhtaudet ja kulumishiukkaset kulkevat vanhan voiteluaineen mukana pois. Voiteluainekalvo suojaa kohdetta myös korroosiolta. (Kunnossapito - menestystekijä d.)

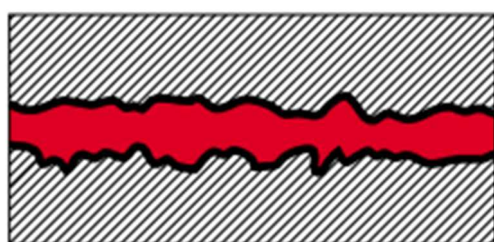
3.2 Laakereiden voitelu ja voitelutilat

Laakerit ovat yleisin voideltava komponentti. Teollisuudessa pyörivissä koneissa käytetään yleisimmin vierintälaakereita. Myös lineaari-, nivel- sekä liukulaakerit ovat yleisesti käytössä teollisuudessa. Tutkimusten mukaan (kuva 1) riittämätön tai virheellinen voitelu aiheuttaa suuren osan teollisuudessa tapahtuvista laakerivaurioista. (Teollisuuden rasvavoitelu 2010.)



Kuva 1. Antriebstechnik lehden tutkimus ennen aikaisten vierintälaakerivaurioiden syistä teollisuudessa (Teollisuuden rasvavoitelu 2010.)

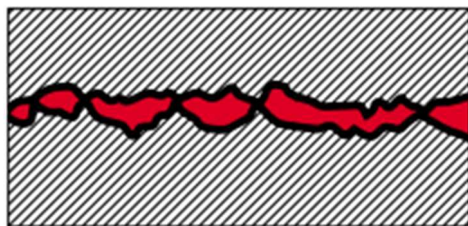
Vierintälaakerin saavuttama elinikä riippuu sen voiteluolosuhteista. Vierintälaakerissa erotellaan pääasiassa kolme eri voiteluolosuhdetta. Nämä voiteluolosuhteet ovat esitellyt kuvissa 2,3 ja 4.



a) Täysvoitelu
Kantava oljykalvo erottaa pinnat täydellisesti toisistaan.

Kuva 2. Täysvoitelutila (FAG Sales Europe – Finland 1998.)

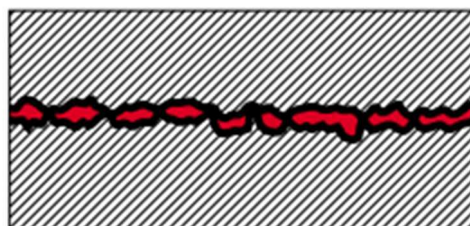
Täysvoitelutilassa voitelukalvo erottaa pinnat toisistaan täydellisesti. Tässä tilassa vallitsee melkein puhdas nestekitka. Tätä voitelusuhdetta kutsutaan myös nimelle nestevoitelu. Teknisesti tämä on voitelutiloista paras, koska se minimoi kohteen kulumista sillä pinnankarheuksien huiput eivät ole kosketuksissa keskenään mutta se ei välttämättä ole kustannustehokas. (FAG Sales Europe – Finland 1998.)



b) Osavoitelu
Sekä kantavaöljykalvo että rajakalvo
ovat merkittäviä

Kuva 3. Osavoitelutila (FAG Sales Europe – Finland 1998.)

Osavoitelutilassa ohut voitelukalvo erottaa pinnat osittain toisistaan mutta koska se on liian ohuet pinnankarheuksien huiput koskettavat toisiaan muutamissa kohdissa. Tästä voiteluaineen sekä kiintoaineenkosketuksesta syntyy sekakitkaa. (FAG Sales Europe – Finland 1998.)



c) Rajavoitelu
Olosuhteet riippuvat ensisijaisesti
rajakalvon ominaisuuksista

Kuva 4. Rajavoitelutila (FAG Sales Europe – Finland 1998.)

Rajavoitelutilassa pinnankarheuden huiput koskettavat toisiaan useissa kohdissa. Tästä syntyy pintojen välille suora kontakti, joka puolestaan nopeuttaa kulumista. Rajavoitelutilassa syntyvä kitka on huomattavasti suurempi verrattuna muihin voitelutiloihin. Tätä voitelutilaa tulee välttää. (FAG Sales Europe – Finland 1998.)

3.3 Voiteluöljyt ja -rasvat

Tyypillisesti voiteluaineet ovat nestemäisessä olomuodossa ja ne ovat yleisimmin öljypohjaisia. Voiteluöljyjen perusöljyinä käytetään mineraali-, kasviöljyjä sekä synteettisiä öljyjä. Mineraaliöljyt valmistetaan tyhjiötislaamalla ja sitten puhdistamalla raakaöljyä. Pieni aromaattipitoisuus, pieni rikkipitoisuus ja stabiilisuus ovat tyypillisiä voiteluaineiden perusöljyjen jalostukseen sopivimpien raakaöljyjen ominaisuuksia. Mineraaliöljyissä

hiilivetykoostumus vaikuttaa niiden eri ominaisuuksiin kuten tiheyteen, jähme- ja leimahduspisteeseen ja viskositeettilämpötilariippuvuuteen. Tärkeimpiä hiilivetytyyppejä ovat parafiiniset, nafteeniset ja aromaattiset. Raakaöljyjen parafiinisuus ja nafteenisuus johtaa lopputuotteen erilaisiin ominaisuuksiin. Valtaosa mineraaliperustaisista voiteluöljyistä on tehty parafiinisista perusöljyistä. (Kunnossapito - menestystekijä e.)

Perusöljyjen omien ominaisuuksien lisäksi voiteluaineisiin lisätään erilaisia lisäaineita, joiden tarkoitus on parantaa perusvoiteluaineen ominaisuuksia käyttökohteen vaatimusten mukaisiksi. Tällaisia parannuksia voi olla esimerkiksi voiteluaineeseen joutuvien epäpuhauksien jakauttaminen, suorituskyvyn parantaminen, hapettumisen esto tai voiteluaineen eliniän pidentäminen. Voiteluaineen perusöljyn ja lisäaineista valmistuva kokonaisuus tulee olla tasapainossa ja sen tulee täyttää voiteluaineelle asetetut vaatimukset. Lisäaineiden on toimittava sekä keskenään että varsinaisen perusöljyn kanssa. Yhteensopimattomat aineet saattavat heikentää voiteluaineen ominaisuuksia huomattavasti. (Kunnossapito - menestystekijä b.)

Voitelurasvoissa perusöljyn lisäksi saentimet muodostavat toisen perusrakennearosan. Saentimina tyypillisesti toimii erilaiset metallisaippuat, metallikompleksisaippuat, orgaaniset ei-saippuyhdisteet tai epäorgaaniset yhdisteet. Saippuanimitys viittaa emäksen, kuten litiumhydroksidin tai steariinihapon muodostamaan suolaan. Kuten perusöljyt eri saennintyyppit omaavat erilaisia ominaisuuksia, joten nekin valitaan rasvan käyttötarkoituksen mukaan. (Teollisuuden rasvavoitelu 2010.)

Nykyaikainen voitelurasva koostuu perusöljystä ja siihen huonosti liukenevasta, hienojakoisesta saentimesta. Näistä muodostuu peruskomponentit ja niiden lisäksi voitelurasvaan lisätään sen ominaisuuksia muokkaavia lisäaineita. Perusöljy muodostaa noin 90 % rasvan koostumuksesta, joten sillä on suuri merkitys rasvan voiteluominaisuuksiin. Normaaliolosuhteissa voitelurasvoilla on voiteluöljyihin verrattuna paremmat tiivistysominaisuudet. Rasvojen voitelumekanismit ovat kuitenkin huonommin tunnettuja verrattuna öljyihin. Tämä johtuu osittain rasvan jäykkyyden mukana tulevista virtausteknisistä rajoituksista. (Teollisuuden rasvavoitelu 2010.)

3.4 Rasvavoitelu

Rasvavoitelun hallinnan ja toteutuksen tekee haasteelliseksi se, että toisin kuin öljy, rasva ei pääse virtaamaan vapaasti voitelukohteeseen tai sen kriittisille pinnoille. Myös saentimen ja perusöljyn riittämätön erottuminen voi aiheuttaa alivoitelutilanteen. Vanha rasva on korvattava kohteesta jälkivoitelemalla tai vaihtamalla rasva uuteen. Jälkivoideltaessa rasva kuitenkin vaihtuu kohteessa vain osittain. Mikäli voiteluainetta ei vaihdeta, kulumapartikkelit

eivät poistu kohteesta, ja sen seurauksena puolestaan on kumulatiivinen kuluminen, rasvan hapettuminen ja lyhentynyt käyttöikä. Vanha rasva poistuu kohteesta, kun sinne puristetaan uutta rasvaa tilalle. Mikäli vanhan rasvan poistuminen estyy esimerkiksi tukoksen takia, se pakkautuu entisestään ja vatkaantuu käyttökohteessa. Tämä nostaa lämpötilaa ja käyntivastusta. Toimivan rasvavoitelun toteutus edellyttää niin voitelukohteen kuin käyttöolosuhteiden huomioimista. Erilaiset voitelukohteet, tehdasstandardit ja käytettävissä olevat resurssit ohjaavat ja rajoittavat voitelurasvan valintaa ja voiteluhuollon toteutusta. Kompromissit saattavat kriittisissä kohteissa johtaa voiteluongelmiin, ja on huomioitava, ettei yleisrasva välttämättä sovellu ongelmitta kaikkiin kohteisiin. Kaikkia voitelukohteita ei kannata liittää keskusvoitelujärjestelmiin, koska kohteiden käyttöolosuhteet ja vaatimukset saattavat erota suuresti toisistaan tai niiden fyysinen etäisyys on liian suuri. (Teollisuuden rasvavoitelu 2010.)

Rasvavoitelu voidaan toteuttaa kesto- tai jälkivoiteluna. Tavallisissa käynti- ja ympäristöolosuhteissa kestovoideltu laakeri on mahdollinen ja edullinen, jos sille on valittu käyttökohteen vaatimusten mukainen rasvatäyttö ja tiivistys. Kestovoideltujen laakereiden käyttöä teollisuudessa rajoittaa rasvan käyttöikä. Jälkivoitelu on syytä valita, kun esiintyy korkeita rasituksia, kuten korkea lämpötila, pyörintänopeus tai kuormitus. Manuaalisessa jälkivoitelussa rasvausvälit ovat usein liian pitkiä tai lyhyitä ja rasvamäärät liian suuria tai riittämättömiä. Automaattivoitelussa jälkivoitelu välit ja määrät saadaan asetettua tasaisiksi ja sopiviksi. (FAG Sales Europe – Finland; Teollisuuden rasvavoitelu 2010.)

Onnistunut rasvavoitelu vaatii kohteelle sopivan rasvan valinnan. Eri rasvoilla on eri ominaisuudet ja siten ne sopivat erilaisiin käyttökohteisiin. SKF-rasvojen valintataulukossa (kuva 5) esitellään hyvin, millainen rasva sopii millekin käyttökohteelle.

SKF-rasvojen valintataulukko											Lämpötila-alue (*1)		Säkeutaine / perusöljy	Perusöljyn viskositeetti (*2)		
Laakerin käyttöolosuhteet	Lämpö	Nopeus	Kuorma	Pyöräyksellä	Ulkoreunan korkeaa pyörimisnopeus	Edestakainen liike	Voimakas värinä	Isokuorma tai usein tapahtuva käynnisty	Alhainen melutaso	Alhainen koka	Ruosteenesto-ominaisuudet	Käiväus			LTL	HTPL
LGMT 2	M	M	L - M	○	-	-	+	-	-	○	+	Teollisuuden ja liikkuvan kaluston rasva	-30 °C	120 °C	Litium-saippua / Mineraaliöljy	110
LGMT 3	M	M	L - M	+	○	-	+	-	-	○	○	Teollisuuden ja liikkuvan kaluston rasva	-30 °C	120 °C	Litium-saippua / Mineraaliöljy	120
LGEP 2	M	L - M	H	○	-	○	+	+	-	-	+	Suuren kuormituksen rasva	-20 °C	110 °C	Litium-saippua / Mineraaliöljy	200
LGFP 2	M	M	L - M	○	-	-	-	-	-	○	+	Myrkytön	-20 °C	110 °C	Alumiinikompleksi / lääketieteellinen parafiinöily	130
LGFB 2	M	M	M - H	○	-	○	+	+	-	-	+	Eiintarviketeollisuudelle sopiva, suuren kuormituksen rasva	-20 °C	120 °C	Alumiinikompleksi / PAO ja esteri	266
LGEM 2	M	VL	H - VH	○	-	+	+	+	-	-	+	Suuri viskositeetti sisältäen kiinteitä lisäaineita	-20 °C	120 °C	Litium-saippua / Mineraaliöljy	500
LGVE 2	M	VL	H - VH	○	-	+	+	+	-	-	+	Erittäin korkea viskositeetti, sisältää kiinteitä lisäaineita	-10 °C	120 °C	Litium-Kalsium-saippua / mineraaliöljy	1 020
LGLT 2	L - M	M - EH	L	○	-	-	-	○	+	+	○	Matalan lämpötilan ja	-50 °C	110 °C	Litium-saippua/PAO öljy	18
LGFL 1	L - M	M - EH	L	-	-	-	○	-	+	+	+	Eiintarviketeollisuudelle sopiva, suuren kuormituksen rasva	-45 °C	120 °C	Alumiinikompleksi / PAO ja esteri	30
LGGB 2	L - M	L - M	M - H	○	-	+	+	+	-	○	○	Vihreä biohajava	-40 °C	90 °C (*3)	Litium-kalsiumsaippua / Synteettinen esteröily	110
LGWM 1	L - M	L - M	H	-	-	+	-	+	-	-	+	Suuri kuormitus ja matala lämpötila	-30 °C	110 °C	Litium-saippua / Mineraaliöljy	200
LGWA 2	M - H	L - M	H	○	○	○	○	+	-	○	+	Laajan lämpötila-alueen rasva (*4)	-30 °C	140 °C	Litium-kompleksisaippua / Mineraaliöljy	185
LGHB 2	M - H	VL - M	H - VH	○	+	+	+	+	-	-	+	Suuri kuormitus ja korkea viskositeetti ja lämpötila (*5)	-20 °C	150 °C	Kompleksi Kalsium-Sulfonaatti / Mineraaliöljy	400
LGHP 2	M - H	M - H	L - M	○	-	-	+	○	+	○	+	Laajan lämpötila-alueen polyurearasva	-40 °C	150 °C	Di-urea / Mineraaliöljy	96
LGET 2	VH	L - M	H - VH	○	+	+	○	○	-	-	○	Erittäin korkean lämpötilan rasva	-40 °C	260 °C	PTFE/Synteettinen (fluorattu polyeteeni)	400

(*1) LTL = Low-temperature limit, alin lämpötila
HTPL = High-temperature performance limit, korkein käyttölämpötila
(*2) mm²/s 40 °C:ssa = cSt.
(*3) LGGB 2:lle sallitaan hetkeksi 120 °C:n lämpötila
(*4) LGWA 2:lle sallitaan hetkeksi 220 °C:n lämpötila
(*5) LGHB 2:lle sallitaan hetkeksi 200 °C:n lämpötila

+ = Suositeltava ○ = Sopiva - = Sopimaton

Kuva 5. SKF-rasvojen valintataulukko (Etra.fi)

Esimerkiksi kohteessa, jossa nopeus on matala mutta kuorma on suuri, tulisi käyttää li-tiumsaiippuasta ja mineraaliöljystä valmistettua LGEP 2 rasvaa, kun taas puolestaan koh-teessa, jossa nopeus on suuri ja kuorma on matala Di-ureasta ja mineraaliöljystä valmistettu LGHP 2 olisi oikea vaihtoehto. Huomioitavaa, että kuvassa 5. esiintyy vain SKF:n rasvoja, mutta muidenkin valmistajien rasvoilla on sama periaate. Erilaiset rasvat ovat tarkoitettu eri kohteille. (Etra 2026.)

4 Voitelulaitteet

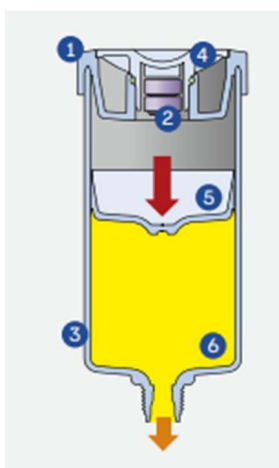
4.1 Käsivoitelulaitteet

Käsivoiteluun vaaditaan oikeanlaisella suukappaleella varustettu voitelulaite. Yleisimmin näitä ovat suorat voitelu- ja vipuvarsipuristimet. Suoria puristimia käytetään pienempiin voiteluainemääriin ja, kun voiteluaineen tarve kasvaa suositellaan käytettäväksi vipuvarsipuristinta. Käsivoiman lisäksi puristimia saa myös sähkö- ja paineilmakäyttöisinä. Vipuvarsipuristimien tuotot ovat noin 1–4 grammaa yhdellä puristuksella ja saavutettavat paineet ovat noin 150–700 baaria. Vipuvarsipuristinta täytetään joko käyttämällä valmiita rasvapanoksia tai täyttöpumpun avulla. (Teollisuuden rasvavoitelu 2010.)

Rasvan määrää voidaan tarkkailla ja säätää liittämällä käsivoitelulaitteeseen rasvan määrää mittaavaa ja annostelevaa mittaria. Vaikka tämä takaa varmemman rasvan määrän syöttämisen laitteelle se ei poista inhimillistä virhettä kokonaan. Rasvaaja saattaa edelleen erehtyä laitteesta tai nipasta tai hän ei laita suukappaletta kunnolla nippaan kiinni, jolloin rasva ei kulje laitteen sisään. Rasvanippa, sen ympäristö tai itse voitelulaite saattavat myös olla likaisia, jolloin epäpuhtauksia kulkeutuu rasvan mukana voideltavaan laitteeseen. (Teollisuuden rasvavoitelu 2010.)

4.2 Automaattiset yksi- ja monipistevoitelulaitteet

Yksipistevoitelulaitteita on saatavilla kaasu- ja jousipainekäyttöisinä sekä sähköautomaatteina. Yksipistevoitelulaite voidaan liittää suoraan rasvanipan paikalle tai se putkitetaan lyhyesti. Kaasukäyttöiset voitelulaitteet ovat kertakäyttöisiä ja niiden kesto määräytyy annostelutiheyden mukaan 1–12 kuukautta. Kuvassa 6 nähdään yksipistevoitelulaitteen toimintaperiaate. (Teollisuuden rasvavoitelu 2010; SKF 2025)



Kuva 6. Yksipistevoitelulaitteen toiminta. (SKF 2025.)

Yksipistevoitelulaitteiden toiminta perustuu siihen, että vapautunut kaasu työntää mäntää alaspäin, joka puolestaan työntää voiteluainetta laitteen rasvanippaan. Sähkötoimisissa automaateissa on vaihdettavat rasvapatruunat sekä paristot ja niistä löytyy rasvauksen ohjaus- ja toimintavalvontaelektroniikkaa. Tyypillinen säiliökoko yksipiste rasvareille on 60–500 ml. Sähkötoimisissa automaateissa rasvapatruunan vaihtoväli on myös 1–12 kuukautta. (Teollisuuden rasvavoitelu 2010; SKF 2025.)

Monipistevoitelulaitteet eroavat yksipistevoitelulaitteisiin sillä, että niiden voiteluainepatruuna tai säiliökoko on suurempi ja niitä voidaan usein käyttää kylmemmissä olosuhteissa. Ne voidaan tietenkin myös liittää useampaan laitteeseen. Rasvareista löytyy myös omat ohjaus- ja valvontayksiköt. (Teollisuuden rasvavoitelu 2010; SKF 2025.)

4.3 Keskusvoitelujärjestelmä

Keskusvoitelujärjestelmän tehtävä on tuoda yksittäisille voitelupisteille tai voitelupisteryhmille niiden tarpeisiin sopiva, tarkasti määritetty määrä voiteluainetta yhdestä keskitetystä sijainnista. Se koostuu ohjaus- ja pumppausyksiköstä, putkistosta, annostinryhmistä ja paineenvälvontayksiköstä. Monikanavaisissa järjestelmissä kanavien erottamiseen toisistaan käytetään sulkuventtiilejä. Keskusvoitelujärjestelmiä löytyy kaksilinjaisina (Kuva 7) sekä yksilinjaisina (Kuva 8). (Teollisuuden rasvavoitelu 2010; SKF 2014.)

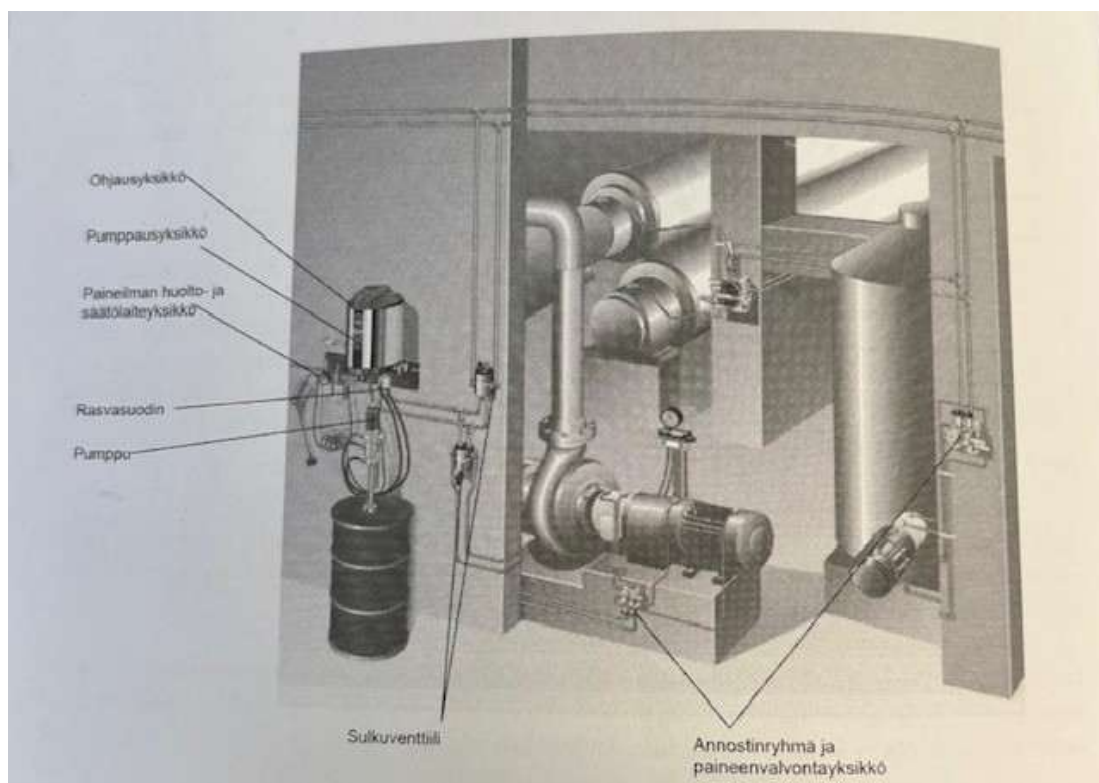
Ohjauskeskus ohjaa ja valvoo järjestelmän toimintaa. Se suorittaa ohjausta asetettujen voitelujaksojen ja paineistusaikojen mukaan. Keskus säilyttää voitelutapahtumien historiatietoja ja sillä on mahdollisuus hälyttää toimintahäiriöstä välittömästi. Ohjauskeskus voidaan myös liittää prosessin ohjausjärjestelmään, jolloin keskuksen ohjaus tapahtuu sitä kautta. (Teollisuuden rasvavoitelu 2010.)

Pumppauskeskus koostuu suuntaventtiiliyksiköstä, voiteluainesäiliöstä ja voiteluainepumpusta. Voiteluainepumppu voi olla sähkö- tai hydraulitoimisia mutta yleensä ne toimivat paineilmalla. Paineistuksen alkaessa ohjauskeskuksesta laitetaan pumppu käyntiin ja paineistus jatkuu, kunnes paineenvälvontayksikkö on saavuttanut halutun kuittauspaineen. Kun paine on saavutettu ohjauskeskus pysäyttää pumpun ja paine purkautuu voitelusäiliöön. (Teollisuuden rasvavoitelu 2010.)

Annostinryhmä koostuu pohjalaatasta ja siihen kiinnitetystä yhdestä tai useammasta annostimesta. Voiteluaine kulkeutuu pohjalaattaan, josta se jakaa sen annostimille ja annostimet jakavat puolestaan säädettävän annoksen voitelukohteelle. Annostimet ovat

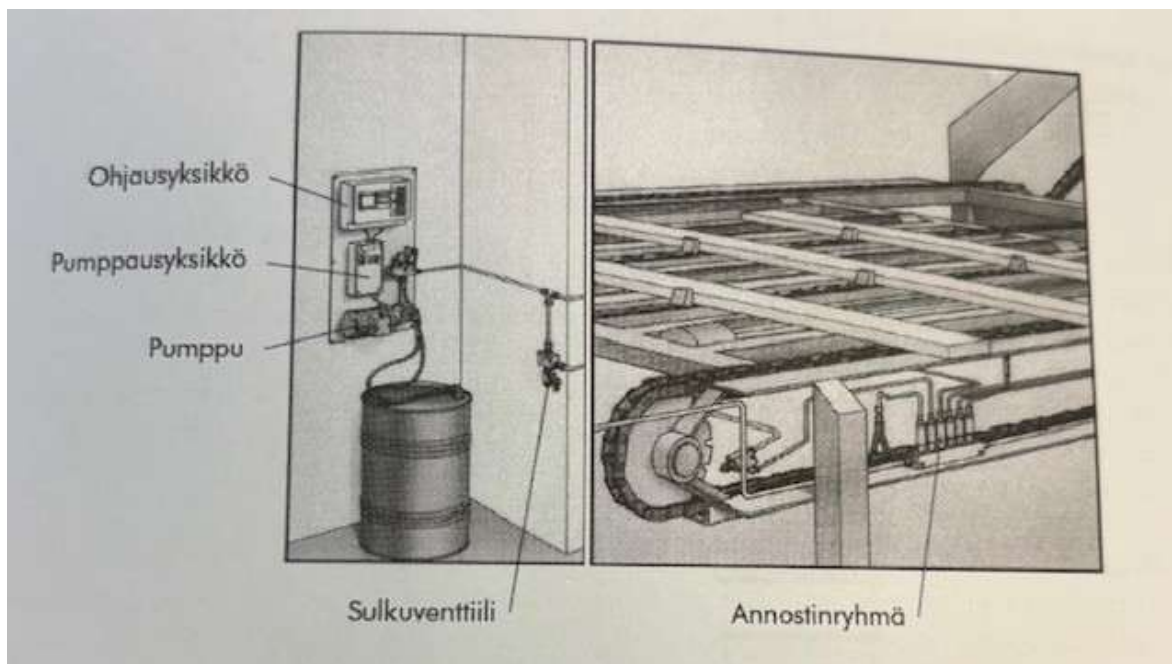
mahdollista varustaa visuaalisella tai sähköisellä valvonnalla. (Teollisuuden rasvavoitelu 2010; Kunnossapito - menestystekijä f.)

Paineenvalvontayksikkö valvoo järjestelmän paineistusta ja antaa tietoa ohjauskeskukselle. Se mittaa voiteluaineen painetta ja jos se ei saavuta asetettua arvoa ohjauskeskus antaa hälytyksen. (Teollisuuden rasvavoitelu 2010.)



Kuva 7. Kaksilinjainen keskusvoitelujärjestelmä (Teollisuuden rasvavoitelu 2010.)

Kaksilinjainen keskusvoitelujärjestelmä soveltuu tehtaiden laajoihin järjestelmiin, joissa on useita voitelupisteitä ja etäisyydet ovat pitkiä. Kaksilinjaisessa järjestelmässä molemmat runkolinjat paineistetaan vuorotellen. Paineistuksen aikana annostimen luisti siirtyy ääri-asetoon ja voiteluaine työntää määntää. Määntä puolestaan työntää voiteluainetta voitelukohteelle. Kun paineistus loppuu, paine purkautuu voitelusäiliöön. Kun aletaan pumppaamaan uudestaan toisen runkolinjan annostimen luisti ohjaa voiteluaineen määntän vastakkaiselle puolelle. Jälleen siirtyessään määntä työntää voiteluainetta kohteeseen. (Teollisuuden rasvavoitelu 2010.)



Kuva 8. Yksilinjainen keskusvoitelujärjestelmä (Teollisuuden rasvavoitelu 2010.)

Yksilinjaista keskusvoitelujärjestelmää käytetään usein pieniessä ja keskikokoisissa koneissa, joissa on lyhyet etäisyydet ja linjasto on yksinkertainen. Yksilinjaisessa voitelujärjestelmässä linjan paineistuessa annostimen mäntä työntää voiteluainetta kohteeseen. Kun paine purkautuu jousi palauttaa männän ja annostin lataa seuraavan voiteluannoksen. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010.)

On myös progressiivisiä keskusvoitelujärjestelmiä. Nämä ovat myös yksilinjaisia keskusvoitelujärjestelmiä. Progressiivinen jakaja jakaa voiteluainetta jatkuvasti voitelukohteille niin kauan kun sitä jakajalle syötetään. Järjestelmässä on vähintään yksi pääjakaja, joka jakaa voiteluainetta alijakajilleen. Jakajassa on toiminnan valvontakytkin, jota käytetään järjestelmän valvomiseen. Tyypillisiä progressiivisten jakajien käyttökohteita ovat pieniä kerta-annoksia vaativat voitelukohteet kuten liukupinnat tai nivelet. (Teollisuuden rasvavoitelu 2010; Kunnossapito - Menestystekijä f.)

4.4 Muita voitelujärjestelmiä

Lubrikaattori on rasvapumpun, sähkömoottorin ja säiliön yhdistelmä. Lubrikaattoria ohjataan tavallisesti suoraan voitelukohteen käytöstä, jolloin lubrikaattorin voitelu on progressiivista ilman erillistä ohjauskeskusta. Lubrikaattorissa rasvasäiliön rungon yhteyteen on integroitu mäntä annostin elementtejä, jotka syöttävät voiteluaineen jakajien kautta tai suoraan voitelukohteeseen. Tyypillisiä käyttökohteita lubrikaattoreille ovat yksittäiset laitteet, joiden vaatimat voiteluannokset ovat pieniä. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta 2010; Kunnossapito - Menestystekijä f.)

Rasvaruiskutusvoitelujärjestelmässä voiteluaine ruiskutetaan voitelukohteeseen paineilman avulla. Voiteluaine on tässä järjestelmässä pisaramuodossa. Rasvaruiskutusvoitelujärjestelmä voi olla yksi- tai kaksilinjainen. Ohjausyksikkö käynnistää pumpun ja avaa paineilmajärjestelmän sulkuventtiilin. Paineilma johdatetaan ruiskutussuuttimelle ja annostin syöttää voiteluaineen myös tälle suuttimelle. Voiteluaine siirtyy voitelukohteelle pisaramuodossa paineilmasta johtuvan ilmavirtauksen mukana. Paineistusajan päätyttyä ohjausyksikkö sulkee painejärjestelmän sulkuventtiilin. Tyypillisiä käyttökohteita tälle järjestelmälle ovat erilaiset kuljettimet, avohammaskäytöt ja kannatuskehät. (Teollisuuden rasvavoitelu 2010; Kunnossapito - Menestystekijä f.)

5 Voitelukohteiden valinta

5.1 Kriteerejä kohteen valintaan

Nordkalkilla on useita kohteita, jotka hyötyisivät automaattisesta voitelujärjestelmästä. Koska tällaista laitetta tai järjestelmää ei saada kaikille laitteille ainakaan heti, on syytä asettaa tiettyjä kriteerejä, joiden mukaan voidaan valita kohde onnistuneesti. Laitteita on ensinnäkin syytä arvioida niiden kriittisyyden mukaan. Nordkalkilla on jo entuudestaan tehty kriittisyysluokittelua kaikille rikastamon ja kaivoksen laitteille. Kriittisyysluokittelussa on otettu huomioon, mitä tuotannolle käy laitteen vikaantuessa. Vikaantumisen todennäköisyys huomioiden laitteen nykyisen kunnon. Vikaantumisesta aiheutuvat kustannukset eli varaosien ja työn hinta sekä vikaantumisesta aiheutuvat tuotannonmenetyskustannukset. Nämä arvot lasketaan yhteen kaavalla $T^*(M+K)$, jossa T on vian todennäköisyyden arviointiluokka, M on korjauskustannukset ja K tuotantomenetyskustannukset. Saadun arvon perusteella laitteille on annettu kriittisyysluokitus asteikolla 0–160, jossa 160 tarkoittaa kriittisintä. (Pekki 2026.)

Muita kriteerejä laitteille voi olla esimerkiksi miten vaikeaa rasvanipan luokse on päästä ja vaarantaako sinne pääsy työturvallisuutta. Joidenkin laitteiden nipat saattavat olla korkealla tai muuten vaikeasti saavutettavissa. Laite saattaa olla myös kokonaan paikassa, mihin ei tuotannon aikana saa mennä. Lisäksi jos laite historiallisesti on kärsinyt rasvauksen puutteesta johtuvasta laakerivaurioista, on syytä harkita automaattista voitelua tälle. Tämän opinnäytetyön kannalta rasvauskohteiden tulisi löytyä kunnossapitoasentajien rasvauskierrokselta, jotta päästään asetettuihin tavoitteisiin ja saadaan vapautettua kunnossapidon työvoimaa. On myös edullista Nordkalkin näkökulmasta, jos valittu ratkaisu ja kohde olisi toistettavissa, eli samanlaisia valittuja rasvauskohteita löytyisi useampi ja niille sopisi sama automaattinen voitelulaite sekä rasva.

5.2 Voitelukohteiden selvitys

Kohteiden löytämisen vuoksi osallistuttiin ennakkohuoltokierroksille Kalsiittirikastamoon, Wollastoniittirikastamoon ja kaivoksen Lajittelulaitokseen. Kalsiittirikastamossa ensimmäinen kohde, jossa voitaisiin automatiikkaa hyödyntää on hihnakuljetin 2 eli Mäkihihna. Kriittisyysluokittelu tälle hihnakuljettimelle on 84. Kaikki kalsiittirikastamon prosessiin tuleva kivi tulee tätä hihnaa pitkin. Laite on siis erittäin kriittinen. Rasvanipoille ei pääse käsiksi tuotannon aikana työturvallisuuden vuoksi, joten on riski, että rasvaus jää sen osalta välistä. Laitteella ei historiallisesti ole ollut laakerivikoja mutta sen toiminnan varmistaminen olisi sen kriittisyyden takia tärkeää. Toinen kohde kalsiittirikastamolla on tankomylly KR-97 sähkömoottori. Tankomylly murskaa kivet pyörittämällä sen sisällä olevia terästankoja, jotka

puolestaan murskaavat kiveä hienommaksi. Tankomyllyn sähkömoottoria ei pääse tuotannon aikana rasvaamaan työturvallisuutta vaarantamatta (Kuva 9) lisäksi nipat ovat vaikeasti tavoitettavissa. Laite on tuotannon kannalta erittäin kriittinen.



Kuva 9. KR-97 turva-aidat ja portti

Turva-aidat ja portti estävät pääsyn rasvauskohteelle. Porttia ei saa avata tuotannon aikana. Muuta turvallista kulkureittiä KR-97 sähkömoottorille ei ole. Rasvaus tälle kohteelle on erittäin tärkeä turvata, koska sen kriittisyysluokitus on 160.

Wollastoniittirikastamolla ilmenee monta tärkeää rasvauskohdetta. Rikastamolla on monta pumppua, joiden kriittisyysluokitus on välillä 64–72. Pumppujen rasvanipat eivät ole vaikeasti tavoitettavissa ja niiden rasvaus onnistuu, vaikka tuotanto olisi käynnissä. Silti, koska niiden kriittisyysluokitus on niin suuri ja ne ovat samankaltaisia on syytä harkita automatisointia näiden rasvaukselle. Muita huomioitavia kohteita ovat wollastoniittisuodattimet 1 ja 2. Niiden kriittisyysluokitus on 60 ja laitteiden rikkoutuessa tuotanto pysähtyy. Kalsiittisuodatin 2 (30m²) moottoripää on myös varteenotettava vaihtoehto. Sen pysähdys ei kokonaan pysäytä tuotantoa, mutta se rajoittaa sitä. Suodattimen rasvanippa on asentajalle vaikeassa paikassa. Lisäksi vauhtipumppaamo on käyty tarkastelemassa. Vauhtipumppaamolta pumpataan prosessivesi kalsiitti- sekä Wollastoniittirikastamolle. Kohdetta voidaan siis pitää erittäin kriittisenä.

Lajittelulaitoksella suurimmalta osin rasvauskohteina ovat eri laitteiden tärymoottorit. Muutama tärymoottori on erittäin vaikeasti saavutettavassa paikassa. Lisäksi, koska näitä halutaan rasvata niiden ollessa käynnissä, moottorin värinä vaikeuttaa rasvalaitteen liittämistä

nippaan kunnolla. Lajittelulaitokselta kuitenkin nousi kaksi kohdetta erityisesti esiin. Ensimmäisenä isokivilinjat 1 ja 2. Isokivilinjoilla kivet lajitellaan eri silloihin kiven ominaisuuksien ja laadun mukaan. Isokivilinjat ovat olennainen osa lajittelulaitoksen toimintaa ja niistä löytyy useita rasvauskohteita. Rasvausta ei voida suorittaa linjoille tuotannon ollessa käynnissä lukuun ottamatta syöttäjien tärymootoreita. Kriittisyysluokittelussa isokivilinjan syöttäjät ovat saaneet arvon 60 ja niiden toiminnan lakkaaminen tarkoittaa tuotannon pysähtymistä. Toisena rasvauksen kannalta haastavina kohteina ovat kivihihnat 6 ja 7. Näiden hihnojen alla on suora pudotus silloon, eikä asentaja voi rasvata näitä kurkottelematta suoja-aitojen yli. Tämän lisäksi hihna 7 (kuva 10) pystyy liikkumaan, joten sen rasvanipan putkitus on erittäin haastavaa. Molempien hihnojen kriittisyysluokaksi on annettu 48 ja vikaantumisesta seuraa tuotannon pysähtyminen.



Kuva 10. Kivihihna 7 alla on pudotus kivisiiloon.

Rasvaus ei onnistu kurkottelematta suoja-aitojen yli. Lisäksi tämä hihna liikkuu edestakaisin, joten rasvausnipan putkitus on erittäin haastavaa. Myös kivihihna 6 kohtaa samat ongelmat.

5.3 Voitelukohteiden arviointi

Taulukossa 1 on listattu aiemmin nostettuja kohteita. Kohteille on myös luotu pisteytys. Mitä enemmän pisteitä, sitä tärkeämpää kohteen rasvaus on saada automatisoitua. Pisteitä kertyy laitteen kriittisyysluokituksesta. Jos kriittisyysluokitus on alle 30 pisteitä tulee 0 pistettä, jos 30–70 tulee 1 piste ja jos luokitus on 70 tai suurempi tulee 2 pistettä. Jos kohde on saavutettavissa tuotannon ollessa käynnissä pisteitä tulee 0, jos laitteelle ei pääse tulee 1 piste. Jos laitteen rasvaus vaarantaa työturvallisuutta tulee 1 piste. Ympäristöolosuhteissa huomioidaan pölyn määrä. Mikäli pölyä on vähän, tulee 1 piste ja jos sitä arvioidaan olevan paljon, tulee 2 pistettä. Jos pölyä on erittäin vähän tai ei ollenkaan tulee laitteelle 0 pistettä.

6 Voitelulaitteiden valinta

6.1 Voitelulaitteiden esittely ja vertailu

Sopivimmat voitelulaitteet näille kohteille ovat yksi- ja monipistevoitelulaitteet. Koska kohteet ovat ympäri tehdasaluetta, niitä ei voida suunnitella yhden keskusvoitelujärjestelmän varaan. Useamman keskusvoitelujärjestelmän suunnittelu ja toteutus olisi liian työlästä ja veisi liikaa resursseja. Lisäksi se ei olisi sopiva liikkuville kohteille. Automaattirasvauslaitteille löytyy useampia valmistajia mutta tässä työssä keskitytään SKF:n ja Schaefflerin tuotteisiin. SKF on maailmanlaajuisesti tunnettu valmistaja ja heiltä löytyy kattava valikoima rasvauslaitteita. Schaeffler on valittu toiseksi vaihtoehdoksi, koska heiltäkin löytyy sopivia tuotteita ja lisäksi Nordkalk käyttää jo valmiiksi heidän antureitaan joissakin kohteissa. Tämä tarkoittaisi sitä, että rasvareita voitaisiin ohjata ja tarkkailla samasta ohjelmasta mikä on jo valmiiksi käytössä.

SKF:n yksinkertaisin ratkaisu on heidän kaasutoiminen yksipisterasvarinsa. Rasvarin saa valmiiksi täytettynä asiakkaan päättämällä rasvalla tai tyhjänä, jolloin se voidaan täyttää omalla rasvalla. Se ei vaadi erillistä työkalua aktivoituaakseen ja sen tyhjentyminen voidaan asettaa 1–12 kuukauden välille. Rasvarin kompaktin koon ansiosta se mahtuu ahtaisiin väleihin. Rasvarin tuottama maksimi paine on 5 bar. Rasvari on läpinäkyvä ja sen rasvatasoa pitää seurata visuaalisesti ulkoapäin. Rasvarilla ei ole minkäänlaista hälytystä, jos rasva ei pääse kohteeseen, vaikka tukoksen takia. Rasvarin IP-luokitus on 68 eli se kestää hyvin pölyä. Toinen ratkaisu SKF:ltä on heidän TLSD sarjan yksipisterasvari. Tämä rasvari on sähkömekaaninen. Tämä rasvari on varusteltu LED-valoilla, jotka näyttävät sen voitelutilan. Rasvari pystyy hälyttämään alhaisista pattereista, tyhjästä patruunasta ja mikäli rasva ei mene kohteeseen asti. TLSD:tä ei tosin voida ohjata käyttöliittymältä, joten nämä hälytykset tulee nähdä paikan päällä. Tässäkin rasvarissa tyhjentyminen on 1–12 kuukauden välillä. SKF:n TLMP sarjan monipisterasvari on sopiva ratkaisu, jos rasvanippoja on kohteessa useampi. Rasvari mahdollistaa rasvauksen jopa 18 nippaan. Rasvari on suunniteltu kestäväksi tärinää ja pesua. Maksimi operointipaine tässä rasvarissa on 205 bar. Siinä on helpon ohjelmoinnin mahdollistava Led-näyttö ja rasvari pystyy ilmoittamaan, kun tankki on tyhjä tai jos rasva ei pääse kohteeseen. (SKF 2026)

Schaefflerin yksipisterasvari C1 on sähkömekaaninen. Tähän on saatavilla voitelupatruuna valmiiksi täytetyllä ARCANOL rasvalla tai käyttäjä voi täyttää patruunan itse haluamallaan rasvalla tai öljyllä. Rasvapatruuna voidaan täyttää uudelleen suositusten mukaan 3 kertaa. C1 tyhjentyminen voidaan asettaa 1–12 kuukautta. Käyttölämpötilaksi rasvarille on annettu alimmillaan -10°C ja ylimmillään +55°C. C1 tuottaa jopa 10 bar paineen ja sen IP-

luokitus on 68. Rasvarin saa yhdistettyä Schaefflerin Optime kunnonvalvontaohjelmaan. Sieltä voidaan tarkkailla esimerkiksi rasvarin toimintatilaa tai sitä, kuinka monelle päivälle on rasvaa vielä jäljellä. Rasvari pystyy ilmoittamaan, mikäli rasva ei pääse kohteeseen asti tai jos rasva menee asetetun käyttöasteen alle, jolloin voidaan ennakoida rasvarin patruunan vaihtoa. On huomioitavaa, että koska C1 on kaasutoiminen sen, pysäyttäminen vaatii kaiken kaasun tyhjentämisen, jolloin laitteen uudelleen käyttöönottossa se vaatii uuden rasvapatruunan. C4 on Schaefflerin monipisterasvari. Siinä on neljä lähtöä, joita voidaan ohjata erillisinä pareina. C4 tuottaa 70 bar paineen. Laite on sähkötoiminen ja vaatii kytkennän verkkovirtaan. Voitelupatruunoita on saatavilla 400 cm³ ja 750 cm³ kapasiteetilla. Tähänkin voitelupatruuna saadaan halutessaan valmiiksi täytettynä ja se voidaan täyttää uudelleen Schaefflerin suositusten mukaan kolme kertaa. C4 voidaan myös ohjata Optimesta, josta myös näkee esimerkiksi laitteen rasvarin toimintatilan ja täyttöasteen. Laite voidaan myös sammuttaa esimerkiksi kunnossapidon ajaksi ja sitten ottaa takaisin käyttöön ilman ongelmia. Rasvari myös hälyttää, mikäli rasva ei pääse kohteeseen asti. IP-luokitus tälle rasvarille on 66 ja käyttölämpötilaksi on asetettu -20 °C - +70 °C. Taulukossa 2 on vertailtu vielä SKF:n TLSD rasvaria Schaefflerin C1 kanssa. (Schaeffler 2026.)

	Schaeffler OPTIME C1	SKF TLSD
Hinta (€)	99,99	84,46
Käyttöpaine (bar)	10	5
Annostelu aika (kk)	1-12	1-12
Voiteluainetilavuus (ml)	60/125	125/250
Käyttölämpötila (°C)	-10 - +55	0 - +50
Toimintaperiaate	Sähkömekaaninen	Sähkömekaaninen
Hälyttää vikatilanteessa	Kyllä	Kyllä
Laitteen seuranta onnistuu käyttöliittymältä	Kyllä	Ei
IP-luokka	68	65
Virtalähde	Paristot	Paristot
Annostelumäärä/vrk (cm ³)	0,17 - 8,3	0,3 - 8,3
Kierrelitöntä	G1/4	G1/4

Taulukko 2. Rasvareiden vertailu

Taulukossa 2 vertaillaan Schaefflerin OPTIME C1 ja SKF:n TLSD yksipisterasvaria. SKF:llä on myös TLDD sarjan yksipisterasvari, jota voidaan ohjata käyttöliittymältä. TLSD kuitenkin otettiin tähän vertailuun, koska sen saatavuus on huomattavasti parempi. Kuten taulukosta näkee ominaisuudet rasvaimilla ovat hyvin samanlaiset. Käyttöpaineella ei niin suurta arvoa ole, koska laitteet asennetaan suoraan rasvanippaan. Voiteluainetilavuus on TLSD:llä saatavilla myös 250 ml patruunana. Tämä kuitenkin ei välttämättä ole hyvä kaikille kohteille, koska rasvaa saattaa mennä turhankin paljon, jolloin rasvaus on epätaloudellista. C1:lle puolestaan on saatavilla 60 ml patruunoita, jolla saadaan päivittäisen rasvan määrää tarvittaessa pienennettyä. Suurimpana etuna C1 rasvarilla on kuitenkin se, että sitä voidaan ohjata ja seurata käyttöliittymältä. Vaikka C1 maksaa hieman enemmän kuin TLSD ei ero hinnoissa ole niin merkittävä, että sen perusteella yksin valittaisiin toinen laitteista.

6.2 Voitelulaitteiden ja rasvan valinta

Vertailussa selvinneet nostot huomioon ottaen lopulta päädyttiin Schaefflerin tarjoamaan järjestelmään. Päätökseen vaikutti myös se, että Nordkalk käyttää jo entuudestaan heidän antureitaan, joten rasvareiden käyttö ei vaatisi uuden ohjelman opettelemista vaan kaikkea pystyisi ohjata ja seurata Optime järjestelmästä. Ohjelmiston käyttökustannukset pysyvät myös pienempinä, kun ei tarvitse hankkia uutta erillistä ohjelmistoa. Näiden C1 rasvareiden lisäksi on tilattu yksi C4 rasvari, jotta senkin mallin toimintaa voidaan testata. Schaefflerin ja SKF:n monipisterasvareita ei vertailtu keskenään, koska halutaan rasvareiden olevan samalta valmistajalta, jotta seuranta ja ohjaus saadaan samalle ohjelmalle. C4 olisi sopiva vauhtipumppaamolle, koska siellä on juuri 4 rasvanippaa ja kohteen kriittisyyden kannalta on hyvä, että sen rasvausta voidaan tarkasti seurata. C1 rasvareita voitaisiin hyödyntää KR-97 tankomyllyn sähkömoottorin rasvauksessa, sekä Lajittelulaitoksen kivihihna 6 ja 7 rasvaukseen.

Käytettäväksi rasvaksi valittiin Arcanol MULTITOP -vierintälaakerirasva. MULTITOP on laajalla lämpötila-alueella toimiva yleiskäyttöön tarkoitettu voitelurasva. Se on tarkoitettu käytettäväksi keskimääräisestä suureen kuormitukseen. Perusöljynä siinä on käytetty osasynteetistä öljyä ja seantimena litiumkompleksisaippuaa. Käyttölämpötila-alueeksi rasvalle on annettu -50°C - $+140^{\circ}\text{C}$, ja jatkuvalla käytöllä $+85^{\circ}\text{C}$. Rasva on ollut jo aiemmin Nordkalkilla käytössä ja se on todettu toimivaksi. Lisäksi Wurth tarjoaa tällä rasvalla valmiiksi täytettyjä rasvapatruunoita valittuihin rasvareihin. (Wurth.fi)

7 Voitelulaitteiden käyttöönotto

Optime C1 käyttöönotto aloitetaan täyttämällä se halutulla rasvalla. Rasvan tulee olla samaa mitä käytetään rasvariin liitettävässä rasvapatruunassakin. Rasvaa on tarpeeksi, kun sitä näkee tulevan hieman toiselta puolelta ulos. Rasvarin mukana tulee irrotettava rasvanippa, joka mahdollistaa sen täytön. (Schaeffler 2010.)

Kun rasvari on täytetty, voidaan irrottaa rasvanippa ja asettaa patterit sisään. Seuraavaksi poistetaan rasvapatruunassa oleva musta korkki ja pyöritetään patruuna kiinni rasvariin. Tässä kohtaa patteritkin asettuvat paikalleen kunnolla ja, kun rasvapatruuna on paikallaan laitteen valot pitäisi alkaa vilkkua. Seuraavaksi se voidaan ottaa Schaefflerin mobiilisovelluksella käyttöön. (Schaeffler 2010.)

Mennään Optime sovellukseen ja valitaan Voitelulaitteiden käyttöönotto. Seuraavassa valikossa valitaan käytetäänkö yksi- vai monipistevoitelulaitetta. Seuraavaksi valitaan kone, jota voidellaan, kuten esimerkiksi kivihihna 7. Jos konetta ei ole se voidaan luoda tässä kohtaa. Sitten luodaan koneen alle laite. Laitteen alle tulee näkyviin luodut voitelulaitteet. Seuraavaksi luodaan itse voitelupiste. Kun voitelupiste on luotu, skannataan käytettävä voitelupatruuna. Tässä kohtaa voi valita halutaanko käyttää patruunan annosteluasetuksia vai halutaanko niitä muokata. Tämän jälkeen skannataan itse voitelulaite ja odotetaan, että järjestelmä ottaa sen käyttöön.

Kun rasvari on otettu käyttöön, säädetään sen tyhjenemisaika haluttuun aikaan. Valittu aika riippuu rasvattavan kohteen tarvitsevasta rasvan määrästä. Esimerkiksi 125 ml patruuna 12 kuukauden tyhjenemisajalla rasvaa noin 0,29 g rasvaa päivässä, joka tarkoittaa noin 9 g kuukaudessa. Pienin rasvamäärä päivässä saavutetaan käyttämällä 60 ml patruunaa 12 kuukauden tyhjenemisajalla. Tällöin rasvaa tulee noin 0,15 g päivässä. (Schaeffler 2010.)

Seuraavaksi voidaan irrottaa rasvattavan kohteen rasvanippa. Rasvanippa ja sen ympäristö on hyvä puhdistaa ennen irrotusta, jotta rasvan sekaan ei putoa epäpuhtauksia. Rasvanipan irrotettua voidaan tilalla asentaa kierresupistin. C1:ssä on G1/4 kierteet, joten useimmiten tarvitaan supistinta G1/4 kierteistä R1/8 kierteille. Kun supistin on paikallaan, voidaan kiertää rasvari siihen. Tähän kiristykseen kannattaa lopuksi käyttää jakoavainta, jotta rasvari varmasti pysyy kiinni kohteessa. (Schaeffler 2010.)

Nyt rasvari on asennettu kohteeseen. Sitä voidaan seurata Schaefflerin sovelluksesta. Mikäli rasvari halutaan pysäyttää, joudutaan vaihtamaan rasvapatruuna, koska itse patruunan tyhjentämistä ei voida pysäyttää enää sen alettua. (Schaeffler 2010.)

Kohteille, joissa on useampi rasvanippa läheikkäin, voidaan suositella käytettäväksi C4 rasvaria. C4 sopii hyvin esimerkiksi pumpuille, koska niissä on sopivasti 4 rasvanippaa kun C4:ssä on juuri 4 lähtöä. Pumppujen tarvitsevat rasvamäärät voivat usein olla myös suurempia, mikä ei ole ongelma C4:n suuremman rasvapatruunan ansiosta. C4 tuottamana 70 bar paineen ansiosta se voidaan myös asentaa hieman kauemmas kohteesta tarvittaessa. Samalla tavalla, kuin C1 tätäkin voitelulaitetta ohjataan Optimesta. Erona C1 rasvariin C4 voidaan pysäyttää ja ottaa takaisin käyttöön ilman, että tarvitsee vaihtaa rasvapatruuna. Lisäksi jokaista lähtöä voidaan säätää ja ohjata erikseen, jos halutaan käyttää yhtä C4 voitelijaa eri laitteille tai eri nipoille tarvitaan erilainen määrä rasvaa. Käyttölämpötila C4:lle on alimmillaan $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, joten se tulee asentaa sisätiloihin kylmien talvien takia.

8 Yhteenveto ja Pohdinta

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin ennakoivaa kunnossapitoa ja erityisesti voitelun merkitystä. Lisäksi työssä suunniteltiin sopiva automaattinen rasvaus laitteisto käytettäväksi Nordkalkille Lappeenrantaan. Suurin osa laakerivaurioista tapahtuu virheellisen tai puutteellisen rasvauksen takia, minkä vuoksi voiteluun ja sen kehittämiseen on panostettava. Työssä myös tutkittiin rasvan koostumusta sekä erilaisia vaihtoehtoja automaattiselle rasvaus järjestelmälle.

Työssä vertailtiin manuaalisen ja automaattisen rasvauksen eroja. Manuaalisen rasvauksen todettiin olevan altis inhimillisille virheille, sekä se todettiin sekä työlääksi, että riskialttiiksi vaikeasti tavoiteltavien kohteiden takia. Automaattisen voitelun todettiin puolestaan tarjoavan tasaisen ja optimaalisen voitelun sekä vapauttavan kunnossapidon työvoimaa. Myös työturvallisuus paranee, kun haastavat ja riskialttiit kohteet saadaan pois manuaalisen rasvauksen piiristä.

Voitelukohteiden valinta tehtiin perustuen asentajien näkökulmaan mutta silti laitteiden kriittisyys tuotannolle huomioon ottaen. Laitteet pisteytettiin sen mukaan, mikä niille annettu kriittisyysluokitus oli ja miten työläitä sekä vaarallisia ne mahdollisesti olivat asentajille rasvata. Erityisen tärkeiksi kohteiksi nousivat Kivihihnat 6 ja 7, Isokivilinjat 1 ja 2, Mäkihihna sekä KR-97 sähkömoottori.

Voitelulaitteiden osalta työssä vertailtiin kahden eri valmistajan laitteita. Rasvattavien kohteiden välimatkojen sekä mahdollisen liikkeen takia oli selvää, että näitä kannattaa rasvata yksi- tai monipistevoitelulaitteilla. Vertailun kohteena olivat erityisesti Schaefflerin Optime C1 yksipistevoitelulaite ja SKF:n TLSD yksipistevoitelulaite. Lopulta päädyttiin Schaeffleriin sen saatavuuden, ohjelmiston sekä kustannusten perusteella. Käytettävää rasvaa ei muutettu vaan pysyttiin Arcanol MULTITOP -vierintälaakerirasvassa, joka on todettu toimivaksi.

Työn tuloksena saatiin konkreettisia esimerkkejä, miten ja millä perustein kohteita voidaan valita automaattiseen rasvausjärjestelmään ja saatiin selville laitteisto mitä halutaan käyttää tulevaisuudessa. Lisäksi työstä saatiin käytännölliset ohjeet C1 voitelulaitteen käyttöön- otolle. Työstä myös saadaan hyvä pohja jatkuvalla rasvauksen kehitykselle, joka puolestaan pidentää laitteiden elinikää, parantaa niiden käyttövarmuutta, tehostaa kunnossapidon toimintaa sekä vähentää kustannuksia.

Työn tavoite oli pidentää laitteiden elinikää sekä vapauttaa kunnossapidon työvoimaa. Pelkästään tässä työssä asennettujen voitelulaitteiden avulla tavoitteisiin ei päästä. Tarkoitus on kuitenkin jatkaa siirtymää manuaalisesta voitelusta automaattiseen. Tämä työ toimii pohjana sille siirtymälle ja pidemmällä aikavälillä automaattisen rasvauksen hyödyt tullaan

huomaamaan paremmin. Tämä työ myös antoi käytännöllisiä esimerkkejä ja työkaluja, miten kehitystä jatketaan. Kohteen valinnan pistetaulukko on yksi esimerkki tällaisesta.

Työssä käytetty pisteytystaulukko kohteiden valintaan osoittautui toimivaksi ja se antaa hyvän pohjan rasvattavien kohteiden valintaan jatkossa. Taulukko painotti vahvasti kunnossapidon näkökulmaa mutta luomalla uusia pistekategorioita tai muuttamalla kategorioiden painoarvoa pisteiden kannalta voidaan halutessaan painottaa esimerkiksi tuotannon näkökulmaa.

Vaikka rasvaus on yksinkertainen toimenpide sen vaikutus ulottuu suoraan tuotantoon ja siten kustannuksiin sekä tehokkuuteen. Kriittisissä kohteissa virhe voitelussa voi pitkässä juoksussa johtaa merkittäviin tuotantokatkoksiin. Automaattisen rasvauksen hyödyt ovat selvät, mutta sen käyttöönotto suuremmassa mittakaavassa on toki myös haasteellista. Investointi kustannukset aluksi voivat olla merkittäviä kohteiden määrän takia. Pitkällä aikavälillä tosin rahaa säästyy, kun vältytään ylimääräisiltä tuotannon pysähtymisiltä. Järjestelmän kehittäminen vaatii muitakin resursseja. Jotta järjestelmästä hyödytään, tarvitaan joku, joka keskittyy juuri ennakkohuoltoon. Tätä järjestelmää pitää seurata ja siitä saatua dataa pitää hyödyntää. Jonkun pitää olla valmis jatkamaan tämän järjestelmän kehittämistä, sillä vielä tässä työssä asennetuilla muutamalla rasvarilla ei huomata merkittävää vaikutusta. Kokonaisuudessaan työ osoittaa, että automaattinen rasvaus on tehokas keino parantaa laitteiden toimintavarmuutta sekä kunnossapidon tehokkuutta, kun se suunnitellaan huolellisesti.

Lähteet

Etra.fi Laakerien voitelu: Rasvojen valinta ja käyttöopas. Viitattu 6.2.2026. Saatavissa:

<https://www.etra.fi/fi/how-to-choose-the-right-grease>

FAG Sales Europe – Finland 1998, WL 81 115/4 FI Vierintälaakereiden voitelu.

Kone- ja prosessiautomaation kunnossapito – Ennakkohuolto ja ehkäisevä kunnossapito. Viitattu 4.1.2026. Saatavissa

<https://www03.edu.fi/oppimateriaalit/koneautomaatio/ennakkohuolto.html>

Kunnossapito - menestystekijä a. Kunnossapidon toiminnot ennen vian ilmenemistä. Viitattu 20.1.2026. Saatavissa

https://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-3_kunnossapidon_toiminnot_ennen_vian_ilmenemista.html

Kunnossapito - menestystekijä b. Lisäaineet. Voiteluöljyt. Viitattu 21.1.2026. Saatavissa:

https://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_e04_voiteluaineet_lisa-aineet.html

Kunnossapito - menestystekijä c. Mitä on kunnossapito. Viitattu 4.1.2026. Saatavissa

https://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_1-1_mita_on_kunnossapito.html

Kunnossapito - menestystekijä d. Voiteluaineet. Perusteet. Viitattu 14.1.2026. Saatavissa

https://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_e01_voiteluaineet_perusteet.html

Kunnossapito - menestystekijä e. Voiteluaineet. Voiteluöljyt. Viitattu 21.1.2026. Saatavissa:

https://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_e03_voiteluaineet_voiteluoljyt.html

Kunnossapito - menestystekijä f. Voitelujärjestelmät. keskusvoitelu. Viitattu 27.1.2026.

Saatavissa:

https://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_e09_voitelujarjestelmat_keskusvoitelu.html

Nordkalk 2025 a. Etusivu. Viitattu 30.12.2025. Saatavissa <https://nordkalk.fi/>

Nordkalk 2025 b. Historiamme. Viitattu 30.12.2025. Saatavissa

<https://nordkalk.fi/historiamme/>

Nordkalk 2025 c. Toimipaikkamme. Viitattu 30.12.2025. Saatavissa

<https://nordkalk.fi/yritys/toimipaikkamme/suomi/lappeenranta/>

Pekki, V. 2026. Technical Manager. Nordkalk Oy Ab. Lappeenranta. Keskustelu 22.1.2026.

Schaeffler 2010. OPTIME Ecosystem: Smart Lubrication.

Schaeffler. Lubricators. Viitattu 23.2.2026. Saatavissa:

https://www.schaeffler.fi/products-and-solutions/industrial/product-portfolio/mechatronics/lubrication_devices/

SFS-EN 13306. 2017. Kunnossapidon terminologia. CEN/TC 319 Maintenance.

SKF 2025. Automatic Lubricators. Saatavissa:

https://cdn.skfmediahub.skf.com/api/public/0901d1968019d1ed/pdf_preview_medium/17099_EN_SKF_Automatic_lubricators_pdf_preview_medium.pdf

SKF 2014. Centralized Lubrication Systems. Saatavissa:

https://cdn.skfmediahub.skf.com/api/public/0901d19680126ebd/pdf_preview_medium/0901d19680126ebd_pdf_preview_medium.pdf

SKF 2026. Lubricators. Viitattu 18.2.2026. Saatavissa:

<https://www.skf.com/group/products/lubrication-management/lubricators/gas-driven-single-point-automatic-lubricators>

Teollisuuden rasvavoitelu 2010. Kunnossapitoyhdistys Promaint ry & Voitelutekninen toimikunta. Helsinki: KP-media.

Wurth.fi Voiteluvaselini Arcanol Multitop. Viitattu 20.2.2026. Saatavissa:

<https://eshop.wurth.fi/Kategoriat/Voiteluvaselini-MULTITOP/31063008060602.cqid/3106.cqid/fi/FI/EUR/>

Wölfing D. 2025. The importance of automatic lubrication and monitoring in preventive maintenance. Maintenanceworld. Viitattu 19.1.2026. Saatavilla:

<https://maintenanceworld.com/2025/04/22/the-importance-of-automatic-lubrication-and-monitoring-in-preventive-maintenance>