

INTEGROIDUT SÄHKÖHYDRAULISET TOIMILAITTEET TYÖKONEISSA

Integrated electro-hydraulic actuators in mobile equipment

Janne Siivonen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
LUT School of Energy Systems
Sähkötekniikka

Janne Siivonen

Integroidut sähköhydrauliset toimilaitteet työkoneissa

2019

Kandidaatintyö.

28 s.

Tarkastaja: TkT Lasse Laurila

Hydrauliikka on yksi tärkeimmistä teollisuuden, maatalouden ja kuljetuksen voimansiirtotekniikoista ja sen markkinat ovat erittäin monipuoliset. Perinteisessä hydrauliikkajärjestelmässä työkoneeseen on asennettu erikseen hydrauliikkakomponentit, mutta integroidussa hydraulisessa järjestelmässä pääasialliset komponentit on rakennettu yhteen tuotteeseen. Erillisen ja integroidun hydraulisen järjestelmän välimallina on sähköhydraulisen pumpun ja moottorin yhdistelmä, jossa on pelkästään hydraulinen pumppu, hydrauliikkamoottori ja moottorin ohjauslaite kytkettynä yhteen ja tällaista järjestelmää myydään usein nimellä EHP mobiilihydrauliikkamarkkinoilla.

Tämän kandidaatintyön tavoitteena oli tutkia tämän hetkistä markkinatarjontaa integroiduista sähköhydraulisista toimilaitteista, jotka soveltuvat käyttöön liikkuvissa työkoneissa ja selvittää mitä seikkoja tulee ottaa huomioon niiden käyttöönotossa ja mitoituksessa. Työssä perehdytään myös hydrauliikan perusteisiin ja sähköhydraulisten piirien osiin. Työ on toteutettu kirjallisuustyönä. Lähteinä on pääosin hydrauliikkatuotteiden valmistajien verkkokatalogeja ja erillisten tuotteiden teknisiä tietoja. Teoriaosuuden lähteinä on käytetty valmistajien verkkotietolähteitä, tieteellisiä julkaisuja ja kirjoja.

Tutkimuksen tuloksena syntyneessä markkina-analysissä selvisi suurimpien mobiilihydrauliikkatuotteiden valmistajien tuotemallistoiden pääpiirteet, mutta usein katalogeissa esiintyvät tuotteet ovat ns. esimerkkejä ja hydrauliikkajärjestelmät tilataan oikeasti mittatilauksena, jolloin asiakas valitsee käytännössä kaikki eri komponentit tuotteeseen.

Mobiilihydrauliikan markkinat ovat analyysin perusteella erittäin laaja-alaiset ja valmistajia löytyy eri puolilta maapalloa ja tuotteita on moniin eri käyttötarkoituksiin. Integroitujen hydraulisten toimilaitteiden käytön esimerkkinä esiintyi usein työkoneiden mekaanisten osien liikuttaminen sekä ajoneuvojen ohjaustehostimet.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
LUT School of Energy Systems
Electrical Engineering

Janne Siivonen

Integrated electro-hydraulic actuators in mobile applications
2018

Bachelor's Thesis.

28 p.

Examiner: TkT Lasse Laurila

Hydraulic power is one of the most important drive technologies in many fields including manufacturing, agriculture and transportation and its markets are diverse. In a conventional hydraulic circuit, hydraulic components are installed separately whereas in integrated hydraulic circuits the components are included in a single assembly. An electro-hydraulic pump or EHP is a marketing term for a product that only has the pump, motor and drive engaged together.

The goal of this thesis is to study the markets of integrated electro-hydraulic actuators that can be used in mobile machinery and investigate what must be considered when sizing and deploying integrated electro-hydraulic actuators into such equipment. The basics and main components of hydraulic circuits will be studied in the theory section. The thesis is carried out as a literature research with sources including books, manufacturers' web information sources and scientific papers for the theory section and manufacturers' web catalogues and data sheets of separate hydraulic products for the market analysis section.

The result of the market analysis showed some of the more important product lines of leading mobile hydraulic equipment manufacturers, however the products in the product catalogues are often only examples and most of the time the customer makes the decision of which components the end product will have.

The market of mobile hydraulics is extensive and there are manufacturers located in many parts of the world and products are designed to fit plenty of different applications. Common examples of uses for integrated mobile hydraulics include powering mechanical implements of mobile machinery and vehicle power steering.

SISÄLLYSLUETTELO

1. Johdanto	6
2. Sähköhydrauliikka.....	8
2.1 Perusperiaatteet.....	8
2.2 Osat.....	8
2.2.1 Hydraulinen toimilaite ja -pumppu	8
2.2.2 Hydrauliikkaöljy	9
2.2.3 Muut osat	10
2.3 Hyödyt	10
2.4 Haitat	11
3. Integroidut Toimilaitteet.....	12
3.1 Markkinat.....	12
4. Hydrauliikkakoneikon mitoitus	21
5. Yhteenveto.....	21
Lähteet	25

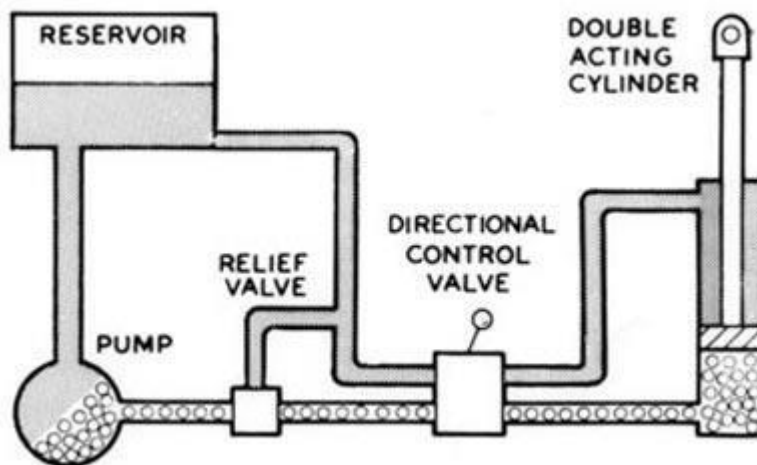
KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

VAC	Volts of alternating current, vaihtosähkövoltti
EHP	Electro-hydraulic pump, valmistajien käyttämä nimitys sähkömoottorin ja hydraulipumpun yhdistelmästä
IEC	International electrotechnical commission, kansainvälinen sähköalan standardisointiorganisaatio.
PMAC	Permanent magnet alternating current, kestopagneettitahtimoottori.
VDC	Volts of direct current, tasajännitevoltti
<i>D</i>	Kierrotilavuus
<i>F</i>	Voima
<i>n</i>	Moottorin kierrosnopeus
<i>P</i>	Teho
<i>Q</i>	Virtausnopeus
<i>T</i>	Vääntömomentti
<i>t</i>	Aika
<i>s</i>	Matka
<i>ω</i>	Kulmanopeus

1. JOHDANTO

Hydrauliikka, eli voimansiirto nesteen välityksellä on erittäin yleisessä käytössä oleva tekniikka työkoneissa. Muun muassa kaivuriin, kuormaajien, traktoreiden ja trukkien työ- ja ohjauslaitteet toimivat hydrauliikan voimalla. Työssä käsitellään sähköhydrauliikkaa, eli sellaista systeemiä, jossa hydrauliikkapumppu saa käyttövoimansa sähkömoottorista, eikä diesel-moottorista. Nykyään diesel-moottorit ovat erittäin yleinen voimalähde työkoneissa, mutta lukuisten lakisäädösten ja ympäristön rasituksen vähentämisestä on seurannut kehitys sähköllä toimiviin työkoneisiin. Periaatteessa hydrauliikkajärjestelmän toimintaan ei kuitenkaan vaikuta se, että mistä voima on peräisin; pumpulle kelpaa millä tahansa käyttövoimalla aiheutettu akselin pyörimisenä ilmenevä mekaaninen teho.

Kuvassa 1.1 on esitetty pelkistetty esimerkki hydrauliikkajärjestelmästä.



Kuva 1.1 Hydrauliikkalaite, jonka tehtävänä on tuottaa lineaarista liikettä sylinterillä. Pumppu (pump) imee hydrauliikkaöljyä öljysäiliöstä (reservoir), josta se virtaa suuntaventtiiliin (directional control valve). Suuntaventtiilin asento määrää meneekö öljy kummasta suunnasta (kuvassa ”ylhäältä” vai ”alhaalta”) sylinteriin, eli kumpaan suuntaan sylinteri tekee työtä. Varoventtiili (pressure relief valve) pitää huolen, ettei järjestelmään kasva liikaa painetta ja poistaa pumpulta tulevaa öljyä välittömästi takaisin tankkiin, jos on tarve (Cross Manufacturing).

Työ on rajattu liikkuvan kaluston sähköhydrauliikkaan. Työssä ei käsitellä esimerkiksi tehtaissa ja telakoilla käytettäviä kiinteitä hydrauliikkalaitteita. Mobiilihydrauliikkaa on noin puolet hydrauliikkatuotteiden markkinoista (Noack 2001).

Hydrauliikka jaetaan usein kolmeen luokkaan: teollisuushydrauliikka, lentokonehydrauliikka ja mobiilihydrauliikka. Teollisuushydrauliikan ja mobiilihydrauliikan ero on välillä häilyvä, mutta varsinkin isommat teollisuushydrauliikkajärjestelmät eivät sovellu

mobiilikäyttöön mm. niiden suuren koon, massan ja energiantarpeen takia. Toisinaan kuitenkin teollisuushydrauliikkakoneikkona mainostetun tuotteen soveltaminen liikkuvaan työkoneseen on mahdollista, mikäli työkonetta pystyy antamaan sille tarvittavan käyttövoiman ja siihen on mahdollista kytkeä kenties suurempia ja painavampia järjestelmiä. Lentokonehydrauliikka on selkeästi eroava teollisuus- ja mobiilihydrauliikasta, sillä lentokonehydrauliikalle on paljon korkeammat vaatimukset (esim. värinänsieto ja massa), joka näkyy myös hinnassa.

Kuvassa 1.2 on esimerkki monikäyttöisestä hydrauliikkaa hyödyntävästä työkonesta.



Kuva 1.2 Liebherr L566 -pyöräkuormaaja. Pyöräkuormaaja on etenkin rakennustyömailla hyödyllinen työkonetta, joka hyödyntää tehokkaita mobiilihydrauliikkalaitteita mm. kuorman nostamiseen, vaakasuunnassa kääntyvään runkoon ja ohjaustehostimeen. Kouran tilalle voidaan myös asentaa esimerkiksi kauha tai haarukka, jolloin sitä voidaan soveltaa muihinkin töihin (LECTURA Specs).

Työ on tehty kirjallisuustyönä ja siinä kuvataan lyhyesti, miten hydrauliikka toimii ja millaisia laitteet ovat rakenteeltaan. Työssä keskeinen hydrauliikkalaitte on nk. hydrauliikkakoneikko, eli integroitu sähköhydraulinen toimilaite, jonka ideana on se, että keskeiset sähkö-, mekaniikka- ja hydrauliikkakomponentit on rakennettu yhteen pakettiin. Tavoitteena on tehdä mobiilikäyttöön soveltuville integroiduille hydraulisille toimilaitteille markkinakatsaus ja arvioida miten näitä laitteita voidaan käyttöönottaa työkonetta, keskeisenä esimerkkinä on logistiikassa elintärkeä työkonetta, trukki.

2. SÄHKÖHYDRAULIIKKA

2.1 Peruseriaatteet

Hydrauliikkajärjestelmän tehtävä on pumpata ja ohjata öljyä toimilaitteeseen oikealla paineella ja nopeudella, jolloin toimilaitte muuttaa virtauksen mekaaniseksi energiaksi, esimerkiksi trukin nostolaitteen kohottamiseen. Pumppu saa perinteisesti energiansa vääntömomenttina ja pyörimisnopeutena työkoneen moottorin akselilta (Aula, Mikkonen 2009).

Sähköhydrauliikan toimintaperiaate on sama kuin perinteisen hydrauliikkajärjestelmän, mutta siinä pumppua pyörittää sähkömoottori polttomoottorin sijasta. Tällöin hydrauliikkalaitteen käyttövoima on sille syötetty sähköinen teho.

2.2 Osat

Modernissa hydrauliikkalaitteessa pumppu ottaa öljysäiliöstä hydrauliikkaöljyä ja muuntaa mekaanista energiaa hydrauliseksi energiaksi, eli öljyn paineeksi ja virtaukseksi. Öljy virtaa aina toimilaitteeseen asti, jolloin se muuntuu takaisin mekaaniseksi energiaksi, usein hydrauliikkasynterissä tai -moottorissa. Öljyn virtausta ohjataan venttiileillä, joilla pystytään muuttamaan öljyn virtauksen suuntaa (suuntaventtiili, directional control valve), sen painetta (paineenhallintaventtiili, pressure control valve) ja virtausnopeutta (virransäätöventtiili, flow control valve). Usein venttiilit ovatkin yhdistelmiä aiemmin mainituista (Aula, Mikkonen, 2008).

2.2.1 Hydraulinen toimilaitte ja -pumppu

Hydrauliikkamoottori muuttaa hydraulisen tehon akselin mekaaniseksi vääntömomentiksi ja pyörimisnopeudeksi tai vaihtoehtoisesti lineaariseksi liikkeeksi hydrauliikkasynterissä. Hydrauliikkamoottoria ja hydrauliikkasynteriä kutsutaan hydraulisiksi toimilaitteiksi. Moottorien kierrostilavuus voi olla kiinteä tai säädettävä. Kierrostilavuudella tarkoitetaan hydrauliikkaöljyn tilavuutta, joka menee yhden kierroksen aikana moottorin läpi. Pienellä kierrostilavuudella moottorin akselin pyörimisnopeus on suuri ja vääntömomentti pieni. Kierrostilavuutta kasvattamalla saadaan aikaiseksi pienempi pyörimisnopeus ja suurempi vääntömomentti.

Moottorit voidaan luokitella yksi- tai kaksisuuntaisiin moottoreihin, säädettävän tai kiinteän kierrostilavuuden moottoreihin, suuren (1000 – 4000 rpm) tai pienen (50 – 500 rpm) nopeuden moottoreihin sekä jatkuvan tai ei-jatkuvan pyörimisliikkeen moottoreihin. Moottoreiden tärkeät ominaisuudet ovat kierrostilavuus, käyttöpaine, imupuolen vakuumin määrä, kavitointuminen, paine moottorin rungon sisällä ja hyötysuhde (volumetrinen ja hydraulinen hyötysuhde). Hydrauliikkamoottoreita on eri tyyppisiä, muun muassa aksiaalimäntämoottoreita (kuva 2.1), radiaalimäntämoottoreita, geotormoottoreita, siipimoottoreita ja hammaspyörämoottoreita (Aula, Mikkonen 2008).



Kuva 2.1 Bosch-Rexroth A2FM hydraulinen aksiaalimäntämoottori (Bosch-Rexroth d).

Pumppu on ikään kuin hydraulikkamoottorin vastakohta. Se muuttaa mekaanisen tehon hydrauliseksi tehoksi eli nesteen paineeksi ja virtaukseksi. Pumpun tehtävä on muodostaa sen imuputkeen alipainetta öljysäiliöön nähden, jolloin se niin sanotusti imee öljyä imuputkeen. Pumpun roottori avaa ja sulkee imuaukkoa sen pyörimisnopeuden perusteella. Imuaukon ollessa auki, nesteen virtaus kiihtyy ja sen ollessa kiinni, neste pysähtyy. Sykkivällä toiminnalla neste saadaan liikkeelle järjestelmässä (Aula, Mikkonen, 2008).

Periaatteessa moottori ja pumppu voivat olla hydraulikkajärjestelmässä täysin sama komponentti, mutta hyötysuhteen parantamiseksi ovat nämä komponentit käytännössä hieman erilaisia (Noack, 2001).

2.2.2 Hydraulikkaöljy

Hydraulikkaöljy toimii hydraulisen järjestelmän voimansiirtäjänä. Öljy tulee aina valita käyttökohteeseen sopivasti. Lisäksi on tarkastettava, että käytetyt komponentit ovat tarkoitettu käytettäväksi valittavan öljyn kanssa. Tärkeimmät ominaisuudet, joita tarvitsee ottaa huomioon öljyn valinnassa ovat mm. voitelukyky, kestävyys, kostutuskapasiteetti, leimahduspiste ja jäätymispiste, vaikutus tiivisteisiin, happamuus, lämpötilan vaihtelun aiheuttama viskositeetin muuttuminen ja kokoonpuristuvuus. Öljyt ovat nykyään lähes poikkeuksetta mineraalipohjaisia seoksia. Hydraulikkaöljyjen vaatimustasot on lueteltu kansainvälisessä ISO 6743-4 –standardissa HL-, HM- ja HV-nimityksillä. Nimitykset kertovat kuinka paljon öljyt sisältävät raaka-aineita, jotka estävät korroosiota ja edistävät öljyn pitkäikäisyyttä; HL:ssä on vähiten näitä ominaisuuksia ja HV:ssa eniten. HM on kuitenkin yleisimmin käytössä oleva hydraulikkaöljy (HK Hydraulic).

2.2.3 Muut osat

Hydrauliikkajärjestelmän venttiilien tehtävä on rajoittaa painetta tai pysäyttää hydrauliikkaöljyn kulku tiettyyn suuntaan. Lisäksi tietyissä piireissä venttiili voi toimia myös turvavarusteena. Paineenalennusventtiili sulkeutuu, kun siitä lähtevä paine on suurempi kuin sille säädetty painearvo, jolloin se suojaa järjestelmän muita osia suurilta paineilta ja rajoittaa järjestelmän lämpötilaa. Varoventtiilin tehtävä sen sijaan on avautua vikatilanteissa ja järjestelmän ylikuormittuessa, jolloin se palauttaa hydrauliikkaöljyä takaisin tankkiin. Suuntaventtiili rajoittaa hydrauliikkaöljyn virtauksen suuntaa. Siten sen asento määrää työn suunnan. Sen keskiasento voi toimia vapaakiertona tai suljettuna. Vastaventtiili taas rajoittaa virtauksen yhteen suuntaan, eikä se ole suuntaventtiilin lailla säädettävä (Aula, Mikkonen 2008).

Kopiokara mahdollistaa kuormantunnistuspaineen mittauksen. Siihen tulee pääpainelinjasta öljyä, joka siirtyy pumpun säätimen LS-linjaan (Aula, Mikkonen 2008).

Paineakku (akkumulaattori) on hydrauliikkajärjestelmän paineentasaaja ja sen avulla on mahdollista saada toimilaitteeseen nopeasti painetta. Sen sijainti on paineenalennusventtiilin ja vastaventtiilin jälkeen, lähellä toimilaitetta (Aula, Mikkonen 2008).

Suuntaventtiiliryhmä (kaupallisesti usein *keskusventtiililohko*, *central valve block*) mahdollistaa useiden toimilaitteiden kiinnittämisen yhteen hydrauliikkapiiriin. Suuntaventtiiliryhmään kuuluu esilohko ja piirikohtaiset suuntaventtiilit. Esilohkossa on venttiilistön yhteiset toiminnot, sisältäen paineenrajoitus-, paineenpoisto- ja vapaakiertoventtiilit, kuormantunnistuslinjan liitännän, kopiokaran, liitännät paine- ja tankkilinjaan, mittauspisteitä ja mahdollisesti muitakin komponentteja (Aula, Mikkonen 2008).

Näiden osien lisäksi hydrauliikkajärjestelmään kuuluu usein sensoreita, ohjauslaitteita, suodattimia, vaihteistoja ja muita mahdollisia varusteita.

2.3 Hyödyt

Pneumaattinen järjestelmä, eli ilmanpaineella ohjattu järjestelmä, ei sovellu tarkkuutta vaativiin tehtäviin, sillä ilma on kokoonpuristuvaa. Kokoonpuristuvuus aiheuttaa epätasmaisuuksia liikkeitä, sillä ilma tiivistyy jaksollisesti ja toimilaitteeseen tulee vaihtelevia määriä painetta. Nesteet kokoonpuristuvat erittäin vähän, jolloin paine on aina tasaista. Hydrauliikkajärjestelmä on fyysisesti joustava, koska voima siirtyy joustavien letkujen välityksellä, jolloin systeemissä ei tarvitse käyttää akseleita, ketjuja, hihnoja tai hammaspyöriä voiman siirtämiseen ja sen takia hydrauliikka on usein turvallisempikin kuin vastaava mekaaninen järjestelmä vähäisten liikkuvien osien takia. Turvallisuutta lisää se, että ylikuormitusta voidaan ehkäistä ylikuormitusventtiileillä. Hydrauliikkajärjestelmä myös voitelee itsensä hydrauliikkaöljyllä, jolloin ei ole syytä erilliselle voitelujärjestelmälle (Aula, Mikkonen, 2008).

Hydrauliikkamoottori on yleisesti yksinkertaisempi ja pienempi kuin sähkömoottori, joka näkyy sen hinnassa ja koossa. Hydrauliikkajärjestelmän teho-paino-suhde on korkeampi

kuin polttomoottorilla tai sähkömoottorilla, jonka lisäksi hydraulikkajärjestelmän responsiivisuus on nopeampi kuin polttomoottorilla, mutta pienempi kuin sähkömoottoreilla (Rabie 2009).

Yksi tärkeimpiä hydrauliiikan ominaisuuksia on se, että yksi pumppu voi jakaa voimaa eri paikkoihin. Usein integroiduissa hydraulikkakoneikoissa on keskusventtiililohko, johon voi kytkeä lisämoottoreita, jolloin useita erillisiä pumppuja ei vaadita. Lisäksi tämä tarkoittaa sitä, että koko hydraulikkajärjestelmää ei tarvitse sijoittaa lähelle esimerkiksi liikutettavan maston huippua, jonka takia painopiste ei sijoitu kovin ylös, kun järjestelmä suunnitellaan oikein. Vain akkumulaattorin ja paineenhallintaventtiilien tarvitsee olla lähellä itse toimilaitetta. Hydraulikkajärjestelmä on siis modulaarisempi, ja se voi johtaa käytettävän ajoneuvon tai vastaavan hyödykkeen massan laskemiseen (Nachtwey 2005).

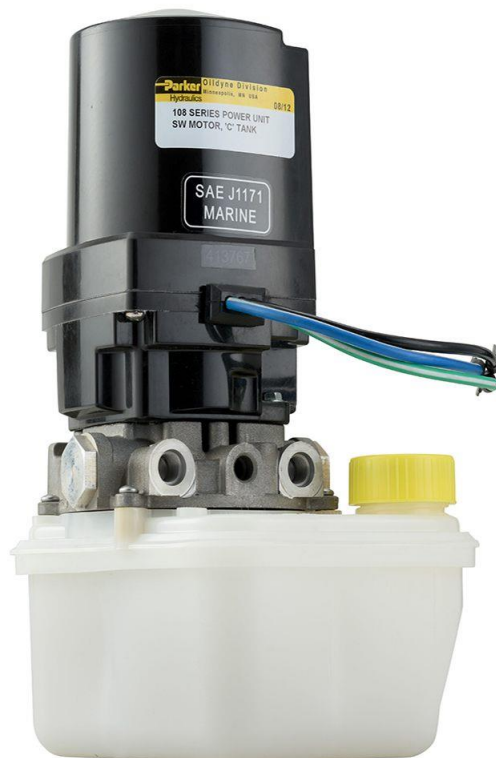
2.4 Haitat

Mobiilihydrauliiikan lukuisten hyötyjen lisäksi liittyy siihen myös haittapuolia. Hydrauliiikan komponentit ovat usein melko äänekkäitä, josta aiheutuu melua. Öljyvuodot aiheuttavat luonnon saastumista jo pienissäkin määrissä. Aiemmin tätä ongelmaa yritettiin ehkäistä pakottamalla biohajoavien öljyjen käyttöä, kuten rypsi- ja mäntyöljyjä, mutta näiden käyttöön liittyy liikaa ongelmia. Nykyisin kaikki vuodot yritetään estää elektronisilla hälyttimillä, jolloin jatkotoimenpiteisiin voidaan ryhtyä. Likainen hydraulikkaöljy on puhdasta öljyä herkempi korkeille ja alhaisille lämpötiloille, jolloin kumpikin voi aiheuttaa mittavia vaurioita järjestelmälle. Järjestelmään ei myöskään saa päästää ilmaa, sillä se aiheuttaa seoksen kokoonpuristuvuutta, jolloin liikkeet muuttuvat epätasemmiksi ja voi aiheuttaa vaaratilanteita. Ilma aiheuttaa hydraulikkajärjestelmään diesel-ilmiön, eli seos kuumenee sen kokoonpuristuessa. Diesel-ilmiö tuhoaa ja polttaa järjestelmän tiivisteitä, osia ja öljyä. Kun pumppu aiheuttaa liian suuren alipaineen, seuraa ilmiö, jossa öljyssä olevat tyhjiökuplat romahtavat. Tätä ilmiötä kutsutaan kavitaatioksi ja se tuhoaa järjestelmää iskemällä nestettä metalliosiin voimakkaasti, jolloin osat kuluvat ja järjestelmään pääsee metallisiruja. Kavitaatio ilmenee ihmisen korvalle kirkuvana äänenä. (Aula, Mikkonen, 2008).

Mineraaliöljyihin liittyy myös ongelmia suodatusentarpeen ja palovaaran takia (Rabie 2009).

3. INTEGROIDUT TOIMILAITTEET

Polttomoottoreiden uusien päästöluokittelujen takia on entistä tärkeämpää, että hydraulikkajärjestelmät vievät vähemmän tilaa, sillä työkoneisiin on asennettu lainmääritellyt lisälaitteet päästöjen vähentämiseksi. Tilansäästöön mahdollinen ratkaisu on integroitu hydraulinen toimilaitte. Hydraulikkajärjestelmiä myydään täydellisinä kokoonpanoina yksittäisien komponenttien lisäksi. Tällaista valmista järjestelmää kutsutaan hydraulikkakoneikoksi tai integroiduksi sähköhydrauliseksi toimilaitteeksi (myös englanniksi ”hydraulic power pack” ja ”compact power module”). Siihen on tyypillisesti integroitu öljysäiliö, hydraulikkapumppu, toimilaitte ja venttiililohko, mutta pelkän pumpun, moottorin ja moottorin ohjausyksikön yhdistelmäkin (EHP) ovat melko yleisiä. Kuvassa 3.1 on esimerkki pienitehoisesta hydraulikkakoneikosta.



Kuva 3.1 Parker-Hannifin Oildyne 108 -hydraulikkakoneikko (Parker-Hannifin a).

Tyypillisiä käyttökohteita hydraulikkakoneikoille ovat mm. henkilönostin, trukki, ajoneuvonosturi, ohjaustehostin, nostopöytä, kippiauton mekanismi ja saksinosturi (Noack 2001).

3.1 Markkinat

Tässä raportissa tutkittiin usean eri valmistajan hydraulikkakoneikkomallistoja, ja niiden ominaisuuksia vertailtiin keskenään. Eri valmistajat käyttävät eri nimityksiä hydraulikkakoneikoille, mutta käytännössä ne toimivat samoilla periaatteilla.

Huomioitavaa markkinakatsauksessa on se, että eri valmistajat tarjoavat eri tyyppistä tietoa tuotteistaan, ja osa valmistajista ei ilmoita juurikaan mitään muutamia parametreja lukuun ottamatta. Lisätietoa koneikoista on saatavilla ottamalla yhteyttä valmistajien myyntihenkilöihin, mutta tämä katsaus tehtiin pelkästään julkisesti saatavilla olevien dokumenttien perusteella. Lisäksi työn laajuuden rajoitusten takia markkinakatsaukseen ei voitu ottaa kaikkia mahdollisia valmistajia ja tuotteita mukaan. Katsauksen tarkoituksena oli etsiä koneikotarjonnan kirjosta mahdollisimman tehokkaita malleja.

Bosch-Rexroth tarjoaa laajan valikoiman hydraulikkakoneikoita (kaupalliselta nimeltään *compact power module*). Valmistaja myy täydellisiä hydraulikkakoneikoita M- ja K-sarjana ja tarjolla on myös EHP:itä.

M-sarjan koneikoita on saatavilla pumpuilla, jotka toimivat vaihtovirralla (1-vaiheisille 230 V 50 Hz tai 3-vaiheisille 230/400 V 50 Hz) sekä tasavirralla (12 V ja 24 V). Vaihtovirtakäyttöisille koneikoilla tehot ovat mallista riippuen 0,09 – 1,1 kW sekä tasavirtakäyttöisille 0,15 – 2,2 kW. M-sarjan malleilla paineet ovat 190 bar ei-jatkuvassa käytössä (P2-paine) ja 230 bar huippupaine (maksimissaan 2 sekuntia) perinteisellä hammaspumpulla (ME-sarja) varustettuna ja kaksisuuntaisella hammaspumpulla (MR-sarja) P2-paine on 170 bar ja P3-paine 190 bar. ME-sarjan tuotteita on saatavilla 0,18 – 1,50 cc/rev ja MR-sarjaa 0,24 – 1,5 cc/rev kierrostilavuuksilla. Öljysäiliöitä näihin malleihin on saatavilla muovisena 0,5 – 2,5 litraisina ja teräksisenä 0,5 – 12 litraisina. M-sarjan mallit ovat IP54-luokiteltuja ja niiden runko sekä venttiililohko on valmistettu alumiiniseoksesta (Bosch-Rexroth a).

K-sarjaan kuuluu KE-, K- ja KS-mallistot. KE-malleissa on suora laippa ja valmistajan mukaan ne soveltuvat monimutkaisille hydraulikkapiireille. K-malleissa on standardisoitu keskusventtiililohko ja ne soveltuvat yksinkertaisille piireille. KS-mallien toimilaitteena on sylinteri, joten se on tarkoitettu lineaarisen liikkeen tekemiseen. K-sarjan mallit (kuva 3.2) ovat saatavilla muovisilla (1-20 l) ja teräksisillä öljysäiliöillä (1-60 l). Näitä malleja on mootoreilla, joissa tehot ovat kolmeen kilowattiin (tasasähkö) tai neljään kilowattiin (vaihtosähkö) saakka. Näissä malleissa on keskusventtiililohko Rexrothin modulaarisille pinottaville elementeille modular stackable element), eli tuotteisiin on mahdollista kiinnittää lisätoimilaitteita (Bosch-Rexroth b).



Kuva 3.2. Bosch-Rexroth K -sarja (Bosch-Rexroth b).

Bosch-Rexrothin EHP:t (kuva 3.3) ovat tehoiltaan 1,5 – 8,1 kW, mutta niitä on saatavilla muillakin tehoilla pyydetessä. Kierrostilavuudet niissä on 1,0 - 22,5 cm³/rev ja maksimipaineet noin 200 – 300 bar riippuen mallista. EHP:ta saa 12, 24, 48, 72 ja 110 VDC pumpuilla. EHP:ita on useita eri kokoisia ja mallit painavat 8 – 26 kg (Bosch-Rexroth c).



Kuva 3.3. Bosch-Rexroth EHP (Bosch-Rexroth c).

Toinen vartenotettava valmistaja on Moog, joka mainostaa tuotteitaan yleensä ilmassa kulkeviin ajoneuvoihin sekä puolustusjärjestelmiin. Valmistajan mukaan tuotteet soveltuvat mm. lentokoneisiin, UAV:ihin (miehittämätön ilma-alus), tutkiin ja kauko-ohjattaviin asejärjestelmiin, mutta todellisuudessa Moogin hydraulikkakoneikkojen ei pitäisi kovin paljoa erota muiden valmistajien tuotteista, jotka ovat yleensä markkinoituja perinteisempiin käyttöihin. Moogin hydraulikkakoneikot on luokiteltu pyöriviin servotoimilaitteisiin (*rotary servoactuator*), lineaarisen liikkeen toimilaitteisiin (*linear actuator*) ja jatkuvan pyörimisliikkeen toimilaitteisiin (*continuous rotation actuator*). Pyörivien servotoimilaitteiden kiertoliike yhtä tahtia kohden on $\pm 30^\circ$ - $\pm 3600^\circ$ tuotteesta riippuen. Lineaarisen liikkeen toimilaitteiden (joissa toimilaitte on siis hydraulikkasyylinteri) ojennus on 1,7 – 18,4 cm. Suurin osa Moogin hydraulikkakoneikoista toimii tasasähköllä (20 V, 28 V, 48 V, 150 V, 270 V), mutta mallit 917 (115 V/400 Hz), 980-10 ja 980-20 (120/208 V / 400 Hz) ovat vaihtosähköllä toimivia (Moog).

Kolmas valmistaja, joka otettiin vertailuun, on Parker-Hannifin. Sen valikoimasta löytyy hydraulikkakoneikoita tuotenimellä Oildyne, joita saa maksimissaan 14,4 l/min pumppukoilla ja 276 bar paineisina. Toisin kuin Moog, Parkerin mukaan Oildyne-tuotteet ovat tarkoitettuja nimenomaan mobiilikäyttöön, ei ilma-aluksiin.

Parkerin näkemys sylinterikäyttöiseen hydraulikkakoneikkoon on Compact EHA, jonka ojennus on 102, 152 tai 203 mm konfiguraatiosta riippuen. Compact EHA:a on saatavilla 12 V ja 24 V tasasähköllä toimivilla pumpuilla, joiden tehot ovat joko 245 tai 560 W. Niiden vääntömomentit ovat maksimissaan 21,35 kN ojentaessaan ja 16 kN vetäytyessään. Sylinterin liikkeen nopeus on 84 mm/s. Tuotteisiin on tehty MIL-STD rasiustesti ja ne ovat IP65- tai IP67-luokiteltuja. Nämä tuotteet painavat alle 5,5 kg.

Oildyne 108-, Oildyne 165- ja Oildyne 550 -sarjan tuotteet ovat varusteltuja pyörivillä toimilaitteilla. 108- ja 165-sarjan koneikot ovat tarkoitettu mm. hydraulisiin oviin, jätepuristimiin takalaitanostureihin ja trukkeihin. Niiden kierrostilavuudet ovat 0,16; 0,31; 0,41, 0,52;

0,82 ja 1,06 cc/rev ja niitä on saatavilla sekä yksisuuntaisilla että kaksisuuntaisilla moottoreilla. 108- ja 165-sarjat on uudistettu ja ne ovat tällä hetkellä saatavilla tuotenimillä 118 ja 175. Uudistus koskee lähinnä suunnittelua, jonka ansiosta asiakas voi käyttää tuotteissa ei-standardisoituja venttiilikammioita. Oildyne 550-sarjan tuotteita mainostetaan korkealaatuisina ja kestävinä. Käyttökohteet ovat valmistajan mukaan kuitenkin melko samat. 550-sarjaa on saatavilla 0,67 – 4 kW tehoisina.

Parker tarjoaa Oildyne-tuotteisiin erilaisia turvajärjestelmiä, kuten TRV-venttiileitä (*thermal relief valve*) ja BPC-piirejä (*back pressure circuit*). TRV päästää painetta pois tilanteissa, joissa lämpötila kasvaa liian korkeaksi tai hydraulikkajärjestelmä ottaa osunaa. TRV sijaitsee takaiskuventtiilin ja pumpun välissä. Parkerin mukaan BPC korjaa ongelman, joka ilmenee tavanomaisessa hydraulikkapiirissä, jossa sylinterin vetäytyessä järjestelmä syöttää pumpulle takaisin liikaa öljyä.

Parkerin EHP:n (kuva 3.4) käyttökohteita ovat esimerkiksi ohjaustehostin raskaisiin ajoneuvoihin, materiaalinkäsittely, jäteautot ja maatalouskoneet. Sitä on saatavilla 2 – 145 kW tehoisena, eli se on runsaasti tehokkaampi kuin Oildyne-tuotteet. Sen invertteri vaatii akulta 24 – 800 VDC jännitettä riippuen siitä, asennetaanko koneikkoon pienjännite- vai suurjänniteinvertteri. EHP:n maksimipaine on 300 bar. EHP:hen saa vaihtovirtainvertteriavusteisen siipi-, hammaspyörä- tai mäntämoottorin tai vaihtoehtoisesti PMAC-moottorin pumpuksi. Ohjaustehostinkäyttöön suositellaan EHP:seen asennettavaa epätahtimoottoria. EHP-järjestelmä säästää energiaa regeneroimalla sitä, eli esimerkiksi kun kuorma on vastakkaissuuntaista, niin EHP lataa akkuja ja täyttää akkumulaattoria energiasta, jota saadaan, kun kuorman potentiaalienergia pienenee. EHP skaalataan tehtaassa asiakkaan vaatiman virtausnopeuden, paineen ja jännitteen mukaisesti (Parker-Hannifin a).



Kuva 3.4. Parker-Hannifin EHP (Parker-Hannifin a).

Parkerin valikoimasta löytyy V-Pak, D-Pak ja H-pak, jotka ovat teollisuuskäyttöön tarkoitettuja korkeatehoisia hydraulikkakoneikoita, mutta niiden koon ja massan perusteella niitä voisi periaatteessa käyttää raskaammissa työkoneissa. Esimerkiksi V-Pakin paino on noin

163 kg. Nämä koneikot ovat tehoiltaan 0,37 – 14,9 kW ja niiden maksimipaineet ovat 207 bar luokkaa (Parker-Hannifin b).

Concentricin valikoimasta löytyy mobiilihydrauliikkakoneikoita eri tuotenimillä. Concentricin tasavirtakäyttöinen perusmalli DC Pump/Motor Unit -yksikköä on saatavilla 1,5 – 4,5 kW tehoisina 12-, 24- ja 48-voltteisilla pumpuilla (0,8 – 31 cm³/rev). Tämä malli on käytännössä EHP, sillä siinä ei ole öljysäiliötä. Lisävarusteina tälle mallille on muun muassa paineenalennusventtiili, käynnistyssolenoidi ja hiljaisempi pumppu. Concentricin mukaan tämä tuote soveltuu kuorma-auton nosturiin ja tukijalkoihin, ohjaustehostimeen ja nostotarkoituksiin. Teknisissä tiedoissa esitellään myös eräänlainen pyöräkuormaaja, jonka etuosa kääntyy erillään takaosasta (Concentric a).

HE-mallisto on Concentricin lippulaivatutuote hydrauliikkakoneikoissa. Se perustuu aiemmin mainittuihin DC Pump/Motor Unit -tuotteeseen, mutta HE on itsessään valmis koneikko, joka sisältää nyt myös käynnistyskytkimen, paineenalennusventtiileitä, virtausregulaattoreita, öljysäiliön (0,5 – 4,0 l muovisena ja 1,5 – 12,2 l teräksisenä) jne. HE-koneikkoja on myös vaihtosähköpumpulla varustettuna (115 – 575 VAC, 275 bar) (Concentric b).

He-Box Power Pack on Concentricin valmistama hydrauliikkakoneikko, joka on rakennettu teräksisen laatikon sisään, jonka takia se on valmistajan mukaan soveltuva työkoneneen ulos kiinnitettäväksi ja se kestää rankkoja sää- ja ympäristöolosuhteita (korkeat lämpötilat, lika, suola, vesi ja tärinä). He-Box perustuu aiemmin mainittuun HE-koneikkoon sekä Hesselman-koneikkoon. He-Boxeja on kahta mallia, ensimmäisen mallin teho on 1 tai 2 kW ja toisen 1, 2 tai 3 kW. Näiden mallien ainoat käytännön erot ovat ulkomitoissa (456 mm ja 579 mm, muoto on tasainen kuutio) (Concentric c). He-Box on esitetty kuvassa 3.5.



Kuva 3.5. Concentric He-Box "Classic" (Concentric b).

He-Boxista on olemassa myös hiljaisempi malli, He-Quiet Power Pack, joka perustuu He-koneikkoon varusteltuna hiljaisemmalla pumpulla (ts. He-Q-pumppu). Tämä malli on valmistajan mukaan suunniteltu liikenteen meluhaittojen vähentämiseksi sekä työntekoon yöaikana. He-Quiet Power Packin osat ovat täysin yhteensopivia perinteisen He-Boxin osien kanssa. Vertailun vuoksi valmistaja on ilmoittanut, että esimerkiksi takalaitanostimen nostossa perinteinen He-koneikko tuottaa 60 dBA äänenvoimakkuuden, He-Q standardilaatiossa 54 dBA ja He-Q eristetyssä laatikossa 49 dBA (Concentric c).

Eaton valmistaa mobiilikäyttöön tarkoitettua sähköhydrauliikkakoneikkomallia nimellä LU1. Siihen on saatavilla 0,4; 0,55; 0,7; 1,13 tai 2,2 kW tehoisia pumppuja, ja tuotetiedoissa on erikseen moottoreiden tehot listattuna (0,4; 0,55; 0,7; 1,13 ja 2,2 kW). Tässä mallissa pumpun jännite on 200 VAC ja siihen saa lisävarusteena eri jännitteisiä solenoideja. Öljysäiliöitä siihen on saatavilla 0,8 – 6 litraisina (Eaton a).

Eaton valmistaa myös EHP:ta nimellä *integrated motor pump*, joka tuottaa 92 kW tehoa (Eaton b).

Yukenin valikoimasta löytyy 31 eri hydrauliikkakoneikko tuotetta, jotka luokitellaan YF- (standardimalli), YP- (tehokkaampi standardimalli), YA- (edelleen tehokkaampi standardimalli), YA L- (pienet kierrostilavuudet) ja YA-e (energiansäästömallit) -tyyppeihin. Yukenin tehokkaimmat pumput (7,5 kW) saa malleihin YA16, YA22, YA37, E-YA10, E-YA16, E-YA22 ja E-YA37. Maksimipaineet koneikoissa ovat luokkaa 35 – 160 bar. YA-e-koneikon pumput ovat kaikki säädettäviä kierrostilavuudeltaan. Yukenin koneikot vaativat 100 tai 200 VAC voimanlähteen ja niiden tehonkulutus on alle 6 VA (Yuken).

SJ-Technology on kiinalainen hydrauliikkaan erikoistunut yritys, joka valmistaa useita erilaisia hydrauliikkakoneikoita sekä EHP:itä. Tämän yrityksen tuotteet ovat pääosin mobiilikäyttöön tarkoitettuja. SJ-Technology kertoo noudattavansa ISO9001:2009-laadunvalvontastandardia ja ISO4001-ympäristöstandardia (SJ-technology a).

SJ-Technologyn tasasähkökäyttöiset mallit kuuluvat DMP-sarjaan, ja siihen kuuluu DC Motor Pump 1 ja DC Motor Pump 2. DC Motor Pump 1:n pumppuna toimii CBCN-hammaspyörämoottori. Tämän EHP:n pienempää mallia on saatavilla 24 VDC -käyttöisenä 3,3 kW tehoisena, 2100 rpm:n nimellisnopeudella ja 100 bar käyttöpaineella sekä tehokkaampaa mallia 24 (200 bar) ja 48 VDC (160 bar) 4,5 kW -tehoisena 2580 rpm –nimellisnopeudella (SJ-technology b).

DC Motor Pump 2:n pumppuna sen sijaan on CB1S-hammaspyörämoottori ja sitä on saatavilla neljällä eri konfiguraatiolla, joista kaikissa käyttövoima on 24 VDC, tehoa 3 kW ja nimellisnopeus on 2500 rpm. Tämän mallin konfiguraatioiden eroina ovat käyttöpaineet, jotka ovat 60,5; 100,0; 180,0 ja 200,0 bar. Valmistajan mukaan ensimmäinen malli on tarkoitettu yleiseen työkonekäyttöön ja muut ovat "monimutkaisiin" hydrauliikkajärjestelmiin työkoneissa (SJ-technology c).

YBZ-sarjaan kuuluu vaihtosähkökäyttöiset hydrauliikkakoneikot. Valmistaja on jakanut ne käyttötarkoitusten mukaan eri kategorioihin.

Yksi käyttötarkoitus on kippiauton peitteen mekanismin hydrauliikkalaite (*power unit for dumping truck covering*). Näitä koneikoita on 12 ja 25 VAC -käyttöisinä, ja niiden tehot

ovat 1,5 kW ja 2,0 kW sekä öljysäiliöiden koot ovat 3,5 ja 5,0 l vastaavasti. Molempien tuotteiden pumppujen nimellisnopeudet ovat 2500 rpm ja käyttöpainet 180 bar. Valikoimassa on kaksoissaksinostimiin tarkoitettuja hydraulikkakoneikoita, joita on yhteensä 14 eri mallia. Niiden käyttövoimat ovat 200:sta 415:een VAC ja tehot 1,5 kW:sta 3 kW:iin. Pienimmän mallin pumpun nimellisnopeus on 1450 rpm ja tehokkaampien mallien 2800, 2850 tai 3450 rpm. Käyttöpainet näissä pumpuissa on väliltä 100 - 320 bar (SJ-technology d).

Rekkaterminaalin telakointilaitteeseen tarkoitettut YBZ-sarjan tuotteet ovat 220 tai 380 VAC toimivia ja ne ovat 0,75 kW tehoisia 1450 rpm:ssä. Öljysäiliöitä niihin on saatavilla 3,5; 5,0 ja 6,0 litraisina ja niiden käyttöpainet ovat luokkaa 140 - 160 bar (SJ-technology e). Tähän tarkoitukseen soveltuva hydraulikkakoneikko on esitetty kuvassa 3.5.



Kuva 3.6 SJ-Technology YBZ5 "dock leveler power unit 5" -hydraulikkakoneikko (SJ-technology e).

Myös pieniin trukkeihin on koneikoita YBZ-nimellä. Ne ovat 0,8 kW tehoisia 3500 rpm:ssä ja ne toimivat 12 tai 24 V tasasähköllä. Niiden käyttöpainet ovat kaikissa tähän kategorioihin kuuluvissa koneikoissa 160 bar ja öljytankkeja on saatavilla 1,0 ja 1,5 litraisina (SJ-technology f).

Nostopöytiin tarkoitettuja laatikkomaisia YBZ-koneikoita on saatavilla tasasähkökäyttöisinä (12 ja 24 VDC @ 2500 rpm, 1,5 ja 2,0 kW) sekä vaihtosähkökäyttöisinä (220 ja 380 VAC @ 1450 - 2850 rpm, 2,2 - 5,5 kW). Öljysäiliöitä kyseessä oleviin laitteisiin on aina 5:stä 80:n litran tilavuuksiin (SJ-technology g).

SJ-technology myy yhtä koneikkoa takalaitanostinkäyttöön, se on 48 V tasasähkökäyttöinen ja 2 kW tehoinen 2500 rpm:ssä. Sen pumpun käyttöpainet on 120 bar ja öljysäiliön tilavuus on 3 litraa (SJ-technology h).

Valmistaja on kehittänyt myös autonostureihin tarkoitettua mallistoa, jotka ovat 1 - 5 kW tehoisia. Pumppujen käyttövoima on joko 24 VDC tai vaihtosähköllä 190 - 460 V käyttöpainella 160 - 250 bar ja niiden nimellisnopeudet ovat 1450-3450 rpm välillä (SJ-Technology i).

Regal tekee vaihtosähkökäyttöisiä EHP:ita 24, 36, 48 ja 80 voltin käyttöjännitteillä. Niiden tehot ovat 0,5 ja 35 kW välillä. Valmistaja suosittelee tuotteiden käyttöä nimenomaan mobiililaitteissa. Valitettavasti valmistaja ei tarjoa teknisiä dokumentteja tälle tuotteelle sivuillaan (Regal).

Linde Hydraulicsin K-02-EHP on rakennettu HPV-02 säädettävän kierrostilavuuden hydraulikkapumpusta ja HMF-02 kiinteän kierrostilavuuden hydraulikkamoottorista. Siihen on asennettu korkean paineen paineenalennusventtiilit. K-02-mallia on saatavilla 120-165 kW tehoilla ja siinä on hydrostaattinen variaattori vaihteistona. Tätä mallia on sähköhydrauliikkatoimisen perusmallin lisäksi olemassa myös PTO-akseliin (*power take-off shaft*, usein traktorissa käytetty voimansiirtoakseli erillisille työkaluille) kytkettävänä, jolloin variaattori on luonnollisesti poistettu (Linde Hydraulics a).

HPV-02-pumpun maksimikierrostilavuus on 54,7 – 281,9 cc/rev ja nimellisnopeudet 2400 ja 3900 rpm välillä (nopeuksien suuruudet käänteisesti verrannollisia kierrostilavuuksiin). Nimellispaineet pumpulle on 450 bar ja maksimipaineet 500 bar. Vääntömomenttia pumput tuottavat 374 – 1929 Nm (430 baarissa). Valmistaja on myös ilmoittanut maksimitehot (*corner power*, teho, joka saadaan täydellä kierrostilavuudella ja paineella) HPV-02:lle, jotka yltyvät jopa 485 kW:iin tehokkaimmalla mallilla (Linde Hydraulics b).

4. HYDRAULIIKKAKONEIKON MITOITUS

Hydraulisen koneen työteho on siis pumpun teho, johon pitää huomioida todellinen hyötysuhde. Häviötä tapahtuu teoriassa jokaisessa komponentissa ja jokaisessa millimetrissä letkuissa, mitä hydrauliiikkaöljy kulkee. Myös pumpun tyyppi on suuri tekijä siinä, kuinka hyvä hyötysuhde koko järjestelmällä on.

Pumpun volumetrisen hyötysuhteen voi laskea virtausmittarilla. Se saadaan jakamalla virtausmittarin näyttämä pumpun kierrostilavuudesta saadulla virtausnopeudella. Volumetrinen hyötysuhde usein kertoo sisäisistä ja ulkoisista vuodoista pumpussa ja toimilaitteessa (Noack 2001).

Järjestelmän hydraulinen hyötysuhde taas on järjestelmän tuottama vääntömomentti jaettuna pumpun vääntömomentilla. Hydrauliset häviöt johtuvat yleisesti kitkasta, kun öljy virtaa järjestelmässä.

Järjestelmän kokonaishyötysuhde on volumetrinen hyötysuhde kertaa hydraulinen hyötysuhde:

$$\eta_{kokonais} = \eta_{volumetrinen} * \eta_{hydraulinen} = \frac{Dn}{Q} * \frac{T_{out}}{T}$$

Yhtälö 4.1 Hydraulisen järjestelmän kokonaishyötysuhde, jossa T_{out} on järjestelmästä saatava vääntömomentti ja T on pumpun vääntömomentti.

(Noack 2001).

Hydrauliikkalaitetta mitoittaessa tärkeitä suureita ovat vääntömomentti ja teho. Vääntömomenttiin liittyy vahvassa asemassa kierrosnopeus. Nämä kolme suuretta yhdistää seuraava yhtälö:

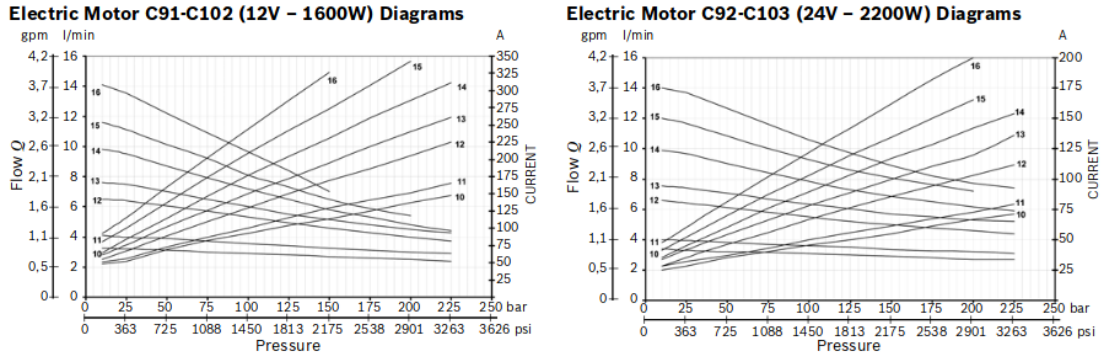
$$P = T\omega = T \frac{2\pi}{60} n = \frac{F * s}{t}$$

Yhtälö 4.2 Hydraulisen järjestelmän teho pumpun mekaanisten ominaisuuksien perusteella ja kuorman fyysisellä liikkeellä.

Tämän yhtälön avulla voidaan päätellä tarvittava teho hydrauliikkakoneikolle nostotyöhön.

Esimerkiksi 10 kW tehoinen koneikko nostaisi 1000 kg esineen yhden metrin korkeudelle teoriassa noin yhdessä sekunnissa. Täten esimerkiksi 1500 rpm:ssä tämän koneikon pitäisi vääntää noin 64 Nm vääntömomentilla.

Hydrauliikkalaitteiden mitoituksessa on erityisen tärkeää ymmärtää suorituskykykuvaajia. Valmistajat sisällyttävät kuvaajan lähes poikkeuksetta pumpun teknisiin tietoihin. Kuvassa 4.1 on esimerkkinä erään Bosch-Rexroth-hydrauliikkakoneikon S1-suorituskykykuvaaja.



Kuva 4.1 Bosch-Rexroth K-sarjaan saatavilla olevien korkean suorituskyvyn pumppujen suorituskykykuvaaja (Bosch-Rexroth b).

Esimerkiksi jos tätä koneikkoa käytetään 12 VDC, 15 cm³/rev kierrosnopeudella 75 bar paineessa, on virtausnopeus noin 9 l/min ja sähkövirta noin 200 A.

S1-suorituskykykuvaajan lisäksi valmistajat sisältävät joskus taulukon tai erilliset kuvaajat S2- ja S3-työjaksoille (IEC duty cycle). Samojen pumppujen S2/S3-taulukko on esitetty taulukossa 4.1.

Taulukko 4.1. Bosch Rexroth K-sarjaan saatavilla olevien korkean suorituskyvyn pumppujen S2/S3-taulukot (Bosch-Rexroth b).

S2 - S3 performance			S2 - S3 performance		
Amps	S2 (min.)	S3(%) (10 min.)	Amps	S2 (min.)	S3(%) (10 min.)
150	5,5	12%	75	5	12%
200	3,5	8%	100	3	7%
250	2	6%	125	1,8	5%
300	1,5	4%	150	1	4%
350	1	3%	175	0,7	2,5%

Lineaarisen liikkeen käytössä on luonnollisesti valittava toimilaitte, jonka ojennus on tarpeeksi pitkä suunniteltuun käyttöön. Vähemmän itsestään selvä asia lineaarisen toimilaitteen mitoituksessa on sylinterin halkaisijan koko, joka on suhteellinen järjestelmän nopeuteen, johtuen siitä, että sylinteri painaa suurempaa pinta-alaa hydraulikkaöljyä, jolloin se tuottaa myös enemmän voimaa. Lisäksi, jos pienellä sylinterillä yritetään tuottaa liian suurta voimaa, alkaa sylinteri työn jälkeen värähtelemään edestakaisin, koska hydraulikkaöljykin tiivistyy, joskin erittäin vähän (Nachtwey 2005).

Akkumulaattori tulee mitoittaa niin suureksi, että sen paine ei ikinä laskisi yli kymmentä prosenttia järjestelmän paineesta. Akkumulaattorin tärkein tehtävä on tasoittaa toimilaitteen tehon tarve mahdollisimman nopeasti, jonka takia akkumulaattori on syytä sijoittaa mahdollisimman lähelle toimilaitteen venttiiliä (Nachtwey 2005).

Hydrauliikkakoneikoiden valmistajat toimittavat tuotteet asiakkaan konfiguroinnin mukaan. Valmistajat tarjoavat useita eri vaihtoehtoja muun muassa pumpulle, moottorille ja öljysäiliölle. Koneikon mitoittamiseen vaaditaan tarkka tietämys käytön eri parametreista, jotta sen hydrauliikkajärjestelmästä saadaan tarpeeksi voimaa käyttötarkoitukseen ja saadaan mahdollisimman korkea hyötysuhde. Hydrauliikkakoneikon hankinnassa suunnittelijan tulee ottaa selville järjestelmään liittyviä asioita, kuten sen vaatima paine ja virtauksen määrä eri osissa, pumpun koko ja tyyppi, moottorin teho pumpun suorituskäyräkuvaajien perusteella, säiliön koko ja tyyppi sekä tarvittavat lisävarusteet (esimerkiksi akkumulaattori ja venttiilit). Näiden lisäksi hydrauliikkajärjestelmän massa ja mitat tulee ottaa huomioon myös asennuspaikan valinnassa, jotta työkoneessa pysyy tasapaino. Tuotteen konfiguroinnissa pitää ottaa huomioon, asennetaanko järjestelmä vaaka- vai pystysuuntaan, sillä koneikon rakenne on riippuvainen asennussuunnasta (Noack 2001).

Hydrauliikkakoneikon runko tulee aina kiinnittää työkoneessa sellaiseen paikkaan, jossa se maadoittuu salamaniskujen aiheuttamien tuhojen ehkäisemiseksi (Parker-Hannifin a).

Lisäksi öljysäiliön kapasiteetin tulee olla niin suuri, että öljyä on tankissa aina, silloinkin kun järjestelmän jokainen sylinteri on täysin ojennettu. Säiliö tulee olla kiinnitettynä sellaiseen paikkaan, jossa on vähintäänkin luonnollinen ilmanvaihto sekä tarpeeksi hyvä lämmönjohtuminen, jotta järjestelmä ei ylikuumene. Lisäksi on tärkeää ehkäistä koneikon täriseistä työkoneen mukana asentamalla tarvittaessa tärinänvaimentimia (Nachtwey 2005).

5. YHTEENVETO

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää mobiilikäyttöön soveltuvien hydraulikkakoneikoiden markkinatarjontaa ja mitoituksen käytännön seikkoja. Hydrauliikkaan ja sähköhydrauliikkaan liittyy suuri määrä kirjoja ja tieteellisiä kirjoituksia. Integroituihin sähköhydraulisiin toimilaitteisiin taas melko vähän. Siksi ko. osuus työstä olikin lähestulkoon pelkästään tutkittu valmistajien julkaisemilla tiedoilla omista tuotteistaan.

Markkinakatsauksessa selvisi, että integroituja hydraulisia toimilaitteita on hyvin paljon erilaisia, ja yksittäiset tuotteetkin tehdään usein tilaustyönä, jolloin vaihtoehtojen määrä kasvaa entisestään. Markkinat ovat laajat ja valmistajia löytyy ympäri maapalloa.

Yleensä niin sanotut EHP:t, eli hydraulikkapumpun, hydraulisen toimilaitteen ja toimilaitteen ohjaimen yhdistelmät ovat tehokkaampia kuin täydelliset integroidut toimilaitteet, jotka taas sisältävät muita tarpeellisia komponentteja kuten öljysäiliön ja venttiililohkon. Parhaimmillaan nämä jälkimmäiset tämän markkinakatsauksen perusteella olivat alle 20 kW luokkaa, mutta EHP:ita on saatavilla jopa satojen kilowattien tehoisina.

Mobiilihydrauliikkamarkkinoilla on suuri määrä eri termejä eri valmistajien välillä, ja järjestelmien suunnittelijan tarvitsee perehtyä termeihin, jotta voi tehdä vertailua eri tuotteiden välillä. Lisäksi vertailua vaikeuttaa se, että eri tuotteista on hyvinkin erilaista tietoa julkisesti saatavilla. Esimerkiksi Bosch-Rexroth ja Parker-Hannifin julkaisevat tuotteisiinsa erittäin tarkat tekniset tiedot, mutta esimerkiksi suhteellisen suuren hydraulikkatuotevalmistajan, Eatonin, sivustoilla on melko tyngät tekniset kuvaukset tuotteista. Tämän takia käytännön toteutuksissa olisi järkevää ottaa aina tavaran toimittajaan suora yhteys ja tiedustella tarkempia tietoja.

Mobiili- ja teollisuushydrauliikan erot hydraulikkakoneikoissa ovat melko epäselvät. Usein nämä sanat ovatkin markkinointitermejä, joita valmistajat käyttävät. Siitä huolimatta, esimerkiksi raskaaseen kaivuriin on mahdollista kiinnittää satojen kilogrammojen painoisia koneikoita, jotka eivät välttämättä olisi soveltuvia esimerkiksi kevyeen trukkiin.

LÄHTEET

Aula, E. & Mikkonen, P. 2008. *Liikkuvan kaluston sähköhydrauliikka*. [Helsinki]: Opetushallitus. Aula E., Mikkonen P. 2008. Liikkuvan kaluston sähköhydrauliikka. Opetushallitus.

Bosch-Rexroth a, "Compact power modules ME – MR series". [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

https://www.boschrexroth.com/ics/cat/?cat=Mobile-Hydraulics-Catalog&m=XC&u=si&o=Desktop&p=p674183&pi=17E858FC-C5F4-8071-95CDAB3CE8CDE355_IC_S_82

[Viitattu 14.04.2019].

Bosch-Rexroth b "Compact power modules KE, K and KS series", [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

https://www.boschrexroth.com/ics/cat/?cat=Mobile-Hydraulics-Catalog&m=XC&u=si&o=Desktop&p=p674184&pi=17E858FC-C5F4-8071-95CDAB3CE8CDE355_IC_S_82

[Viitattu 14.04.2019].

Bosch-Rexroth c. "Electrohydraulic pumps", [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

https://www.boschrexroth.com/ics/cat/?cat=Mobile-Hydraulics-Catalog&m=XC&u=si&o=Desktop&p=g261596&pi=17E858FC-C5F4-8071-95CDAB3CE8CDE355_IC_S_82

[Viitattu 14.04.2019].

Bosch-Rexroth d "Axial piston fixed motor, A2FM series 6x", [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

<https://www.boschrexroth.com/fi/fi/tuotteet/tuoteryhmaet/teollisuushydrauliikka/motors/axial-piston-motors/fixed-motors/a2fm-6x>

[Viitattu 11.03.2019].

Concentric a "DC Pump/Motor Units", [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

http://www.concentrichydraulics.com/_downloads/Catalogs/MotorPump_EU.pdf

[Viitattu 11.04.2019].

Concentric b "HE Power packs", [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

http://www.concentrichydraulics.com/_downloads/Catalogs/HE1000-2000-2200%20GB_C.pdf

[Viitattu 11.04.2019].

Concentric c "CLASSIC power packs (Hesselman)", [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

http://www.concentrichydraulics.com/_downloads/Catalogs/Classic-HE_Box-HE_Q_Box.pdf

[Viitattu 11.04.2019].

Cross Manufacturing "Basic hydraulic theory", [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

<https://crossmfg.com/resources/technical-and-terminology/basic-hydraulic-theory>

[Viitattu 02.09.2018].

Eaton a "Mobile power units" [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

https://www.eaton.com/Eaton/ProductsServices/Hydraulics/PowerUnitsSystems/StandardPackageSystems/PCT_261574#tabs-1

[Viitattu 13.12.2018].

Eaton b ”Integrated motor pumps”, [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

https://www.eaton.com/Eaton/ProductsServices/Hydraulics/PowerUnitsSystems/StandardPackageSystems/PCT_261573#tabs-3

[Viitattu 13.12.2018].

HK-Hydraulic ”Hydraulic liquids”, [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

<https://www.hk-hydraulik.com/en/hydraulics-encyclopaedia/hydraulic-liquids>

[Viitattu 12.10.2018].

LECTURA Specs ”Liebherr L 566 XPower specifications & technical data”, [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

<https://www.lectura-specs.com/en/model/construction-machinery/wheel-loaders-liebherr/l-566-xpower-r-1164744>

[Viitattu 02.09.2018].

Linde Hydraulics a ”K-02 units”, [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

<https://www.linde-hydraulics.com/en-gb/catalogue/detail.aspx?pid=56856&gid=43815&pg=W%2fDicxO8vzLibFIALPC71A%3d%3d>

[Viitattu 09.03.2019].

Linde Hydraulics b ”HPV-02”, [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

<https://www.linde-hydraulics.com/en-gb/catalogue/detail.aspx?pid=56809&gid=43810&pg=W%2fDicxO8vzL%2fLvxfXylGyQ%3d%3d>

[Viitattu 09.03.2019].

Moog ”Product guide”, [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

<http://www.moog.com/content/dam/moog/literature/MCG/actprodguide.pdf>

[Viitattu 20.12.2018].

Nachtwey, Peter: *Electro-hydraulic System Design: Making the right system choices*. 2005, [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

https://www.chemicalprocessing.com/assets/Media/Media-Manager/wp_010_delta_electrohydraulics.pdf

[Viitattu 20.01.2019].

Noack, S. 2001. *Hydraulics in mobile equipment*. Erbach; Ditzingen: Bosch Rexroth: OMEGON.

Paker-Hannifin a. ”Hydraulic pump Oildyne series 108-165 manual”, [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

<http://www.parker.com/Literature/Hydraulic%20Pump%20Division/Oildyne%20108%20Series/108-165%20Series%20Instruction%20Manual%20Nov%202011.pdf>

[Viitattu 05.02.2019].

Parker-Hannifin b. "Hydraulic Power Units. D, H, V-Pak and V-Pak Low Profile Series", [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

https://www.parker.com/literature/Hydraulic%20Pump%20Division/Hydraulic%20Pump%20Division%20STATIC%20FILES/Sales%20Catalogs%20&%20Thumbnails/Power%20Units/D-Pak%205%20Gallon/D,H,V-Pak_and_V-Pak_Low_Profile_Series_HY28-2661-CD-US.pdf

[Viitattu 12.04.2019].

Regal. "EHP – AC Motor with pump", [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

<https://www.regal.se/products/ehp-ac-motor-with-pump>

[Viitattu 04.03.2019].

Rabie, M. G. (2009). *Fluid power engineering*. New York: McGraw-Hill.

SJ-technology a. "Index". [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

<https://www.sjhydraulic.com/index.html>

[Viitattu 12.04.2019].

SJ-technology b. "DC Motor Pump 1". [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

<https://www.sjhydraulic.com/dc-motor-pump--362.html>

[Viitattu 12.04.2019].

SJ-technology c. "DC Motor Pump 2". [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

<https://www.sjhydraulic.com/dc-motor-pump--363.html>

[Viitattu 12.04.2019].

SJ-technology d. "Power unit for dumping truck covering". [Verkkodokumentti].

Saatavilla:

<https://www.sjhydraulic.com/power-unit-for-dumping-truck-covering-361.html>

[Viitattu 12.04.2019].

SJ-technology e. "Dock lever power units". [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

<https://www.sjhydraulic.com/dock-lever-power-units-352.html>

[Viitattu 12.04.2019].

SJ-technology f. "Pallet truck power unit". [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

<https://www.sjhydraulic.com/pallet-truck-power-unit-350.html>

[Viitattu 12.04.2019].

SJ-technology g. "Lift table power unit". [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

<https://www.sjhydraulic.com/lift-table-power-unit-344.html>

[Viitattu 12.04.2019].

SJ-technology h. "Power unit for tailgate of garbage truck". [Verkkodokumentti].

Saatavilla:

<https://www.sjhydraulic.com/power-unit-for-tailgate-of-garbage-truck-343.html>
[Viitattu 12.04.2019].

SJ-technology i. "Auto hoist power unit". [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

<https://www.sjhydraulic.com/auto-hoist-power-unit-339.html>
[Viitattu 12.04.2019].

Yuken. "Hydraulic equipment", [Verkkodokumentti]. Saatavilla:

https://www.yuken.co.jp/upload/tenant_1/catalog_pdf/EC-10004-5.pdf
[Viitattu 09.03.2019]