

LAMK

Lahden ammattikorkeakoulu
Lahti University of Applied Sciences

DEWALT FLEXVOLT

Akkutyökalujen markkinointi

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Materiaalitekniikan koulutus
Puutekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Rami Nieminen

Tiivistelmä

Tekijä(t) Nieminen, Rami	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika Kevät 2018
	Sivumäärä 30	
Työn nimi DeWalt Flexvolt Akkutyökalujen markkinointi		
Tutkinto Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto		
Tiivistelmä <p>Työssä tuotettiin Stanley Black & Decker Finland Oy:lle markkinointimateriaalia liittyen heidän DeWalt Flexvolt -akkutyökalujen tuotelinjaan. Työssä selvitettiin neljän puun-työstöön tarkoitetun työkalun akunkesto. Käytetyt työkalut olivat jiirisaha, pöytäsaha, pyörösaha ja puukkosaha.</p> <p>Jiiri-, pyörö- ja puukkosahojen akunkestoja testattiin katkaisemalla mitallistettua 48x98mm:n sahatavaraa. Katkaisuja tehtiin kymmenen katkaisun erissä, kunnes akku oli tyhjä. Erien välillä pidettiin yhden minuutin tauko, jolla pyrittiin ehkäisemään akun, työkalun sekä terän kuumenemistä. Pöytäsaha testattiin sahaamalla 12 mm paksua havuvaneria samaan tapaan kymmenen kappaleen erissä, kuten muutkin työkalut. Jiiri-, pyörö- ja puukkosahojen tulokset laskettiin katkaisujen määrissä, pöytäsahan tulokset laskettiin sahatuissa metreissä. Testeissä käytettiin kahta erikokoista akkua. Pöytäsaha ja puukkosaha testattiin yhdellä terämallilla. Jiiri- ja pyörösahassa käytettiin molemmissa kahta erilaista terää, joista toinen oli suunnattu verkkovirralla toimiviin koneisiin, ja toinen akkukäyttöisiin koneisiin. Tarkoituksena oli löytää mahdollisia eroja näiden terien välillä. Jokainen akku / terä -yhdistelmä testattiin kaksi kertaa.</p> <p>Jiirisahan tuloksissa nähdään selvä ero terien välillä. Akkukäyttöisiin koneisiin tarkoitetulla terällä saatiin jopa 20 prosenttia enemmän katkaisuja kuin verkkovirralla toimiviin koneisiin tarkoitetulla terällä. Pyörösahan kohdalla erot olivat paljon tasaisemmat, osittain jopa päinvastaiset. Jokainen koneista tuotti yli 100 katkaisua jokaisessa testissä, pyörösahan tuottaessa parhaimmillaan lähes 400 katkaisua yhdellä akulla. Pöytäsaha tuotti yli 100 metriä sahattua vaneria jokaisella testillä.</p> <p>Testien määrä ei kuitenkaan täytä tieteellisen tutkimuksen vaatimuksia. Tästä johtuen tuloksia voidaan pitää lähinnä suuntaa antavina.</p>		
Asiasanat Voltti, Wattitunti, Jiirisaha, Pöytäsaha, Pyörösaha, Puukkosaha, Terä, Akku		

Abstract

Author(s) Nieminen, Rami	Type of publication Bachelor's thesis	Published Spring 2018
	Number of pages 30	
Title of publication DeWalt Flexvolt Marketing of cordless power tools		
Name of Degree Bachelor`s Thesis in Wood Technology		
Abstract <p>The purpose of this thesis was to produce marketing material for Stanley Black & Decker Finland Oy and their DeWalt Flexvolt product line. The thesis was to find out how long batteries would last on their miter saw, table saw, circular saw and a reciprocating saw.</p> <p>All saws except the table saw were tested by cross cutting 48x98mm lumber. Cuts were made in rows of ten until the battery was flat. A one-minute pause was held between every row to prevent the battery, the tool and the blade from heating up. The table saw was tested by cutting 12mm thick plywood made of spruce. Tests were executed the same way as with other tools. The results for miter-, circular- and reciprocating saws were counted as numbers of cuts, and for the table saw results were counted as meters being cut. There were two different sized batteries used in these tests. The table and the reciprocating saw were tested with one blade type. The miter saw, and the circular saw were tested with two different blade types, one being meant for corded tools, and one meant for cordless tools. The purpose was to find out possible differences between the blades. Each blade / battery combination was tested twice.</p> <p>There was a clear difference between the blades in miter saw`s results. The blade meant for cordless tools produced up to 20 per cent more cuts than the blade meant for corded tools. Circular saw`s results were more constant, even contrary. Each tool produced over 100 cuts in every test, circular saw being able to execute almost 400 cuts at best. The table saw was able to cut over 100 meters of plywood on every test.</p> <p>The number of tests does not fulfill the requirements of a scientific study. Therefore, the results should only be viewed as approximate.</p>		
Keywords Voltage, Watt hour, Miter saw, Table saw, Circular saw, Reciprocating saw, Blade, Battery		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	SÄHKÖTEKNIikka	2
2.1	Yleisimmät yksiköt ja termit.....	2
2.2	Ampeeri	2
2.3	Voltti	2
2.4	Watti	2
2.5	Ampeeritunti	2
2.6	Wattitunti	3
2.7	Rinnan- ja sarjakytkentä	3
2.8	Tasa- ja vaihtovirta	4
3	SÄHKÖMOOTTORIT.....	5
3.1	Hiiliharjamoottorin toiminta.....	5
3.2	Hiiliharjattoman moottorin toiminta	5
3.3	Hiiliharjamoottorin ja hiiliharjattoman moottorin edut	6
4	AKKUTEKNOLOGIA.....	7
4.1	Nikkelikadmiumakku	7
4.2	Nikkelimetallihybridiakku.....	7
4.3	Litiumioniakku.....	7
4.4	Akkukennot.....	8
5	TERÄTEKNIikka	9
5.1	Rintakulma	9
5.2	Teroituskulma	9
5.3	Päästökulma.....	9
6	DEWALT.....	11
7	FLEXVOLT	12
8	TESTIT	13
8.1	Testien toteutus	13
8.2	Testeissä käytetyt koneet	15
8.2.1	Jiirisaha	15
8.2.2	Pöytäsaha	16
8.2.3	Pyörösaha	17
8.2.4	Puukkosaha.....	18
8.3	Terät.....	19

8.3.1	Jiirisahan terät	19
8.3.2	Pöytäsahan terä	19
8.3.3	Pyörösahan terät	20
8.3.4	Puukkosahan terä.....	20
9	TESTIEN TULOKSET.....	22
9.1	Energiatehokkuus.....	22
9.2	Jiirisahan tulokset	22
9.3	Pöytäsahan tulokset	23
9.4	Pyörösahan tulokset	24
9.5	Puukkosahan tulokset.....	25
10	TESTIEN ONGELMAT JA KEHITYSEHDOTUKSET	27
11	YHTEENVETO	28
	LÄHTEET	29

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena oli tuottaa Stanley Black & Decker Finland Oy:lle markkinointimateriaalia tukemaan heidän DeWalt Flexvolt -akkutyökalujen markkinointia. Työkalut rajattiin neljään puuntyöstössä käytettävään työkaluun: jiirisaha, pöytäsaha, pyörösaha ja puukkosaha. Työssä tuotettiin puolueetonta tietoa kyseisten työkalujen akkujen kestosta ennalta määrätyissä sovelluksissa yhdellä latauksella käyttäen kahta erikokoista akkua. Jiirisahan ja pyörösahan akkujen kestoa vertailtiin myös käyttämällä kahta erilaista terää, joista toinen on tarkoitettu verkkovirralla toimivaan työkaluun, ja toinen akkukäyttöiseen työkaluun.

Akun kesto on yksi tärkeimmistä työkaluja ostavan asiakkaan ostopäätöksistä. Akun keston tärkeys korostuu työmailla, joissa sähköä ei ole saatavilla. Pitkään kestävä akun käyttäminen myös vähentää akun vaihtamisesta johtuvia taukoja työn etenemisessä. Tämä on tärkeää etenkin urakkasopimuksella työskenteleville rakennusalan työntekijöille sekä esimerkiksi ajoneuvomekaniikoille ja puusepille, joiden työ on aikataulutettu etukäteen.

Painottamalla puolueettomuutta markkinoinnissaan Stanley Black & Deckerin on helpompaa saada mahdollinen asiakas luottamaan ilmoitettuihin tuloksiin ja täten ostamaan heidän tuotteensa. Tämän päivän akkutyökalujen markkinoilla on ensiarvoisen tärkeää saada asiakas ostamaan tietyn valmistajan työkalu ensimmäistä kertaa, sillä nykyisin lähes jokaisella valmistajalla on tuotelinja, jonka kaikki työkalut toimivat samoilla akuilla. Tällöin asiakas todennäköisesti jatkaa saman merkin ostamista akkujen yhteensopivuuden vuoksi, jolloin kyseisen valmistajan tuotteet myyvät lisää. Tämä korostuu erityisesti ammattikäyttäjien kohdalla, jotka saattavat omistaa kymmeniä työkaluja yhdeltä samalta valmistajalta.

Työn teoreettisessa osassa tarkastellaan akkuteknologiaa, sähkömoottorien teknologiaa sekä sähkötekniikkaa ja terästekniikkaa.

2 SÄHKÖTEKNIikka

2.1 Yleisimmät yksiköt ja termit

Sähkötyökaluista puhuttaessa esiin nousee usein kolme erilaista sähkÖÖn liittyvää yksikköä; ampeeri, voltti ja watti. Akkutyökalujen kohdalla mukaan tulevat myös yksiköt ampeeritunti ja wattitunti sekä virtalähteiden, kuten akkukennojen, kytkentätavat: rinnankytkentä ja sarjakytkentä. Työkalut, kuten kaikki muutkin sähkötoimiset laitteet, toimivat virtalähteestään riippuen joko vaihtovirralla tai tasavirralla.

2.2 Ampeeri

Ampeeri (A) on SI-järjestelmän mukainen yksikkö, joka kuvaa elektronien kulkua suljetussa virtapiirissä eli sähkövirtaa. Yhden ampeerin virrassa kulkee 6,24 triljoonaa ($6,24 \cdot 10^{18}$) elektronia tietyn pisteen ohi yhden sekunnin aikana. Sähkölaitteiden teho riippuu täysin ampeerien määrästä. Sähkölaitteiden lämpeneminen johtuu myös täysin ampeereista, toisin sanoen elektronien liikkeestä johtuvasta kitkasta. (Fluke Corporation 2018.)

2.3 Voltti

Voltti (V) eli jännitteen yksikkö on suljetussa piirissä olevan energian lähteen luoma paine, joka kuljettaa elektroneja eteenpäin luoden sähkövirran eli ampeerit. Suomessa käytetyt jännitteet ovat 230 V ja 400 V. Akkukäyttöiset työkalut käyttävät useimmiten 10,8 V:n – 18 V:n jännitettä. (Fluke Corporation 2018.)

2.4 Watti

Watti (W) on tehon yksikkö, joka saadaan kaavalla $V \cdot A$. Yhden watin teho vastaa yhden joulen energiankulutusta sekunnissa, jolloin yhden watin tehoinen laite kuluttaa yhden joulen energiaa sekunnissa ja vastaavasti tuhannen watin tehoinen laite kuluttaa 1000 joulea energiaa sekunnissa.

2.5 Ampeeritunti

Akkujen kokoa kuvataan yleensä ampeeritunneilla (Ah). Yhden ampeeritunnin kapasiteetti tarkoittaa sitä, että virtalähde, esimerkiksi akku, voi antaa yhden ampeerin virran tunnin ajan ennen kuin akku on tyhjentynyt. Ampeerimäärän noustessa akun kesto lyhenee. Esimerkiksi viiden ampeeritunnin akku voi antaa yhden ampeerin virran viiden tunnin ajan,

viiden ampeerin virran yhden tunnin ajan tai vaikkapa kymmenen ampeerin virran puolen tunnin ajan.

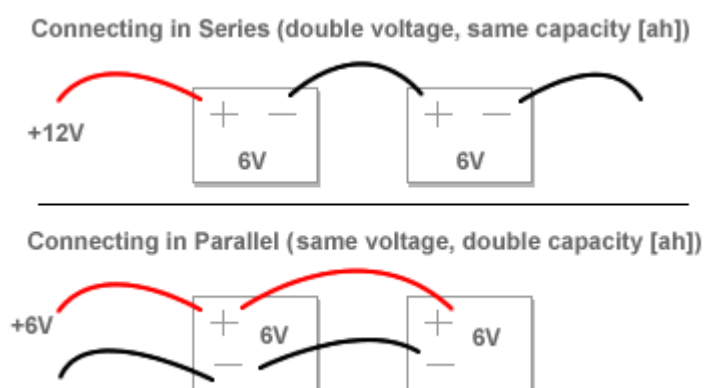
2.6 Wattitunti

Wattitunnit (Wh) kertovat käytettävissä olevan tai jo kulutetun energian määrän. Yhden watin tehoinen laite toimii yhden wattitunnin energiamäärällä yhden tunnin ajan. Wattitunnit kertovat akun todellisen energiakapasiteetin. Akun wattitunnit voidaan laskea yksinkertaisella kaavalla $V \cdot Ah$.

2.7 Rinnan- ja sarjakytkentä

Rinnankytkennässä (parallel) virtalähteiden, kuten akkukennojen, plusnavat kytketään toisiinsa kiinni, ja miinusnavat toisiinsa kiinni. Tällöin akun antama teho ei kasva, mutta akku kestää pidempään. Esimerkiksi kuvassa 1 esitetyt kaksi kappaletta 6 V:n akkuja antavat rinnankytkettynä yhä kuuden voltin jännitteen, mutta akkujen kesto tuplaantuu yhteen akkuun verrattuna. (Noonan 2004.)

Sarjakytkennässä (series) kennojen plusnavat kytketään miinusnapoihin. Tällöin akun antama teho kasvaa, mutta akku kuluu nopeammin tyhjäksi. Esimerkiksi kuvassa 1 esitettyjen akkujen antama jännite nousee 12 volttiin, jolloin kokonaistehon on mahdollista tuplaantua. Akkujen kesto on kuitenkin vain puolet rinnankytkennän kehosta. Sarjakytkennässä akuilla voidaan käyttää tehokkaampia moottoreita, mutta akut eivät kestä yhtä kauan kuin rinnankytkennässä. (Noonan 2004.)

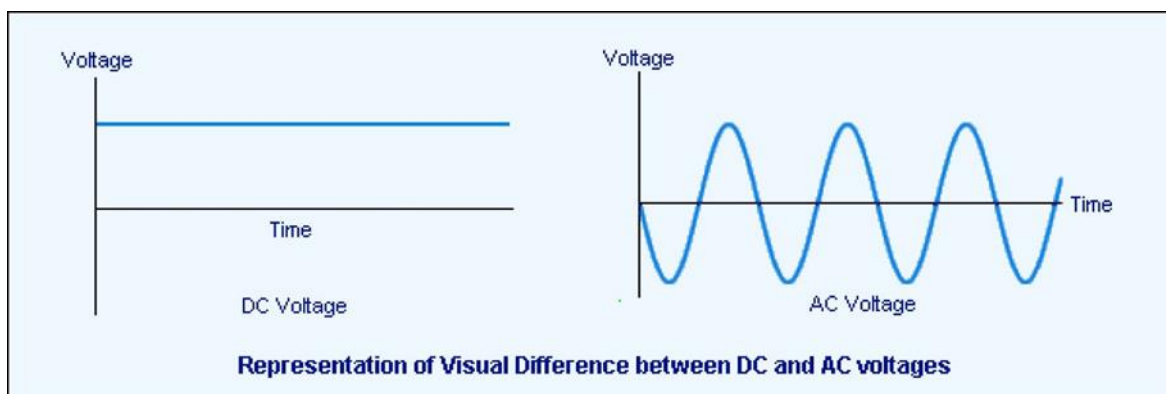


Kuva 1. Ylempänä sarjakytkentä, alempana rinnankytkentä (Noonan 2004)

2.8 Tasa- ja vaihtovirta

Sähköä voidaan siirtää kahdella tavalla, vaihtovirtana (AC) tai tasavirtana (DC). Vaihtovirrassa sähkövirran suunta vaihtelee aaltomaisesti kuvan 2 osoittamalla tavalla. Aaltomaisen liikkeen vuoksi vaihtovirtaa voidaan kuljettaa pitkiä matkoja, jolloin se soveltuu erittäin hyvin sähkönjakeluun. Vaihtovirta soveltuu sähkönjakeluun myös siksi, että vaihtovirran jännitettä on helppo muuttaa satojen ja jopa satojen tuhansien volttien välillä. Pistorasiosta tuleva sähkövirta on aina vaihtovirtaa. (Earley 2013.)

Akulla tai paristolla toimivat sähkölaitteet, kuten akkutyökalut, taskulamput ym. toimivat tasavirralla. Tasavirta kulkee vain yhteen suuntaan. Tasavirrassa jännitevaihtelut eivät ole läheskään yhtä suuria kuin vaihtovirrassa. (Earley 2013.)

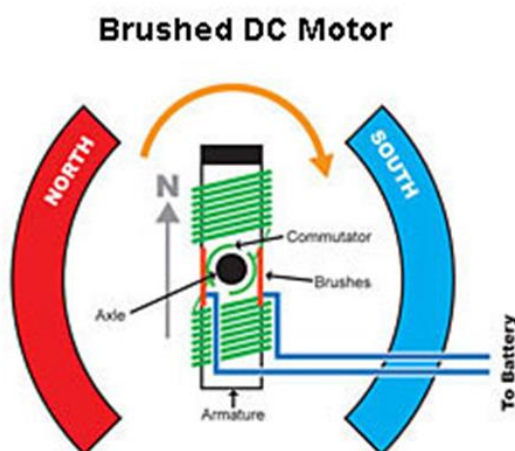


Kuva 2 Vasemmalla tasavirran kuvaaja, oikealla vaihtovirran kuvaaja (Tan 2015)

3 SÄHKÖMOOTTORIT

3.1 Hiiliharjamoottorin toiminta

Hiiliharjamoottoreissa energia ohjataan moottoriin hiiliharjojen (brushes) kautta. Hiiliharjat ovat kontaktissa kommutaattoriin (commutator), joka vuorostaan luo roottoriin pohjoisen (north) ja eteläisen (south) magneettinavan. Roottorin (armature) ympärillä olevassa staattorissa on myös pohjoinen ja eteläinen magneettinapa, jolloin magneettien luontainen haakeutuminen vastakkaisiin napoihin aiheuttaa roottorin liikkumisen akselinsa (axle) ympäri. Kun roottorin pohjoinen ja staattorin etelä kohtaavat, kommutaattori muuttaa roottorin napaisuuden, jolloin roottori liikkuu uudestaan. Kommutaattorin aikaansaaman roottorin jatkuvan napaisuuden vaihtumisen vuoksi roottori pysyy liikkeessä. Roottorin pyörimisliike johtaa lopulta myös työkalun liikkuvan osan, esimerkiksi porakoneen istukan, liikkeeseen, joko suoraan roottoriin kiinnitettynä, tai esimerkiksi hammasrattaiden välityksellä. (Condit 2004.)

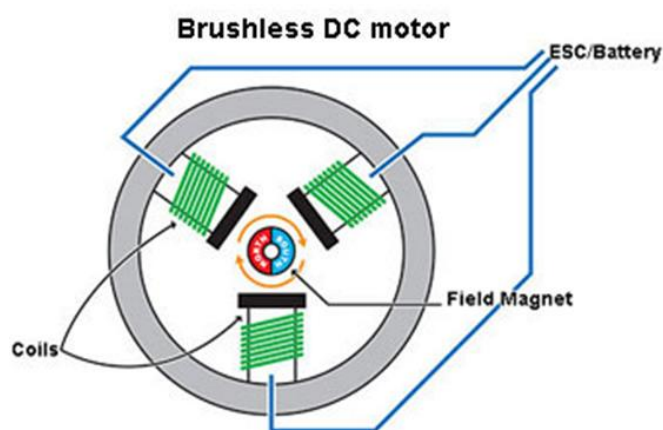


Kuva 3 Hiiliharjamoottorin toimintaperiaate (Johnson 2015)

3.2 Hiiliharjattoman moottorin toiminta

Hiiliharjattomassa moottorissa hiiliharjat ja kommutaattori on korvattu elektronisella moottorin ohjainyksiköllä, josta energia ohjataan moottoriin sähköjohdoilla kuvan 4 osoittamalla

tavalla. Hiiliharjattomassa moottorissa roottorin magneettinavat pysyvät koko ajan samoina, ja elektroninen ohjainyksikkö säätelee staattorin magneettinapoja. Roottorin liike perustuu staattorin magneettinapojen vaihteluun, jolloin roottorin pysyvät magneettinavat pyrkivät hakeutumaan luontaiseen järjestykseen staattorin napojen kanssa. (Yedamale 2003, 1)



Kuva 4 Hiiliharjattoman moottorin toimintaperiaate (Johnson 2015.)

3.3 Hiiliharjamoottorin ja hiiliharjattoman moottorin edut

Hiiliharjamoottorit ovat yksinkertaisempia ja edullisempia valmistaa kuin hiiliharjattomat moottorit. Yksinkertaisuutensa vuoksi ne ovat myös hyvin luotettavia. Hiiliharjamoottori kuluuttaa osan saamastaan energiasta hiiliharjojen ja kommutaattorin välisen kitkaenergian voittamiseen, josta syntyy myös lämpöä. Kovassa rasituksessa oleva hiiliharjamoottori voi jopa vahingoittua liiallisesta lämmön synnystä. Hiiliharjattoman moottorin suurimpia etuja työkalukäytössä onkin tehokkaampi energian käyttö, sillä periaatteessa kaikki energia saadaan kohdistettua roottorin pyörimisliikkeeseen. Sähkö- ja etenkin akkutyökalut ovat juuri tästä syystä kovaa vauhtia siirtymässä hiiliharjattomiin moottoreihin, sillä hiiliharjojen tuottama lämpö vie huomattavan osan akkuun varatusta energiasta.

Hiiliharjamoottorit vaativat myös huoltoa aika ajoin, sillä hiiliharjat kuluvat kitkan vuoksi. Hiiliharjattomat moottorit ovat periaatteessa huoltovapaita. Hiiliharjattomasta moottorista voidaan tehdä halkaisijaltaan pienempi kuin vastaavan tehoisesta hiiliharjallisesta moottorista, joka mahdollistaa työkaluun kapeamman rungon ja täten ergonomisemman muotoilun. Hiiliharjattomat moottorit ovat myös hiljaisempia kuin hiiliharjalliset moottorit.

4 AKKUTEKNOLOGIA

4.1 Nikkelikadmiumakku

Nikkelikadmiumakut (NiCd) olivat pitkään ainoa varteenotettava vaihtoehto työkalujen akuiksi. NiCd-akkujen hyötyjä ovat muun muassa edullinen hinta, toimivuus alhaisissa lämpötiloissa, helppo säilyttäminen ja pitkä elinikä. Pitkän eliniän saavuttaminen tosin vaatii akun oikeanlaisen käytön. NiCd-akkujen energiatiheys, eli kuinka paljon energiaa voidaan ladata tietyn kokoiseen akkuun, on noin 45-80 Wh/kg. NiCd- akku voidaan ladata tyhjästä täyteen jopa 1000 kertaa. (Buchmann 2016; 2017.)

NiCd- akkujen huonoja puolia ovat itsepurkautuminen eli akun tyhjeneminen itseksensä sekä niin sanottu muisti-ilmiö: muisti-ilmiöstä kärsivä akku tulisi aika ajoin käyttää täysin tyhjäksi ennen lataamista. Mikäli akku laitetaan jatkuvasti lataukseen esimerkiksi silloin kun akun kapasiteetista on käytetty puolet, akku ei ajan myötä enää muista kapasiteetistaan kuin puolet. Tämä johtaa siihen, että akku ei enää pysty käyttämään kapasiteetistaan kuin puolet, jolloin akun kesto lyhenee. NiCd-akkujen jännite laskee akun varauksen laskeessa, joka näkyy akusta saatavan tehon laskuna. Esimerkiksi NiCd-akkua käyttävän porakoneen kierrosluvut ja vääntövoima laskevat akun varauksen vähentyessä. Nikkelikadmiumakkujen suurin huono puoli on kuitenkin kadmium, joka on myrkyllistä ihmisille ja eläimille. NiCd-akut ovatkin nykyään kiellettyjä muutamia poikkeuksia, kuten työkalujen akkuja, lukuun ottamatta. (Buchmann 2017.)

4.2 Nikkelimetallihybridiakku

Nikkelimetallihybridiakut (NiMH) tulivat markkinoille 1980- luvulla kilpailemaan NiCd-akkujen kanssa. NiMH-akkujen suurin etu NiCd-akkuihin nähden on suurempi energiatiheys, 60-120 Wh/kg. NiMH-akut eivät myöskään kärsi muisti-ilmiöstä yhtä kovasti kuin NiCd-akut. (Buchmann 2016.)

NiMH-akkujen suurin heikkous on itsepurkautuminen. Mikäli akku jätetään latauksen jälkeen seisomaan, voi akku menettää varauksestaan jopa 20% ensimmäisen vuorokauden aikana ja tämän jälkeen 10% kuukaudessa. NiMH-akut kestävät noin 300-500 latauskerrosta tyhjästä täyteen, joka on selvästi vähemmän kuin NiCd-akulla. (Buchmann 2016 & 2017.)

4.3 Litiumioniakku

Litiumioniakku on nykyisin selvästi suosituin akkutyyppeistä työkaluissa. Litiumioniakku on käyttäjäystävällisempi kuin nikkelipohjaiset akut, sillä litiumioniakku ei kärsi muisti-ilmiöstä

lainkaan eikä se purkaudu itsestään läheskään yhtä nopeasti kuin nikkeliakut. Litiumioniakun etuihin kuuluu myös suurempi jännite; yhden nikkelipohjaisen akkukennon nimellisjännite on 1,2 voltia, kun taas yhden litiumionikennon nimellisjännite on 3,6 voltia. Tällöin tietyn kokoisesta, esimerkiksi viisi kennoa sisältävästä litiumioniakusta on helpompaa saada suurempi jännite, kuin vastaavan kokoisesta nikkelipohjaisesta akusta.

4.4 Akkukennot

Akkukennoja on eri kokoisia. Nykyisin työkalumarkkinoilla yleisin käytetty kenno on tyypiltään 18650. Tyypin kaksi ensimmäistä numeroa kertovat kennon halkaisijan millimetreissä ja kaksi seuraavaa numeroa kennon pituuden millimetreissä. 18650 on ollut jo pitkään suosituin kennotyyppi. Monet työkaluvalmistajat ovat kuitenkin hiljattain alkaneet valmistamaan akkuja käyttäen uusia 20700 ja 21700 tyypin kennoja. 20700 ja 21700 kennojen tilavuus on selvästi 18650 kennoa suurempi, vaikka kennon ulkoiset mitat muuttuvat hyvin vähän. 18650 kennon tilavuus on 16540 mm³, 20700 kennon tilavuus on 21991 mm³ ja 21700 kennon tilavuus on 24245 mm³. 20700 kennon tilavuus on noin 33 prosenttia suurempi kuin 18650 kennon, ja 21700 kennon tilavuus on noin 46 prosenttia suurempi kuin 18650 kennon. Pienet dimensioiden muutokset aikaansaavat suuren muutoksen kennon tilavuudessa, jolloin akku saadaan kestävämpään pitkään myös paljon energiaa kuluttavissa työkaluissa.

5 TERÄTEKNIikka

5.1 Rintakulma

Hampaan eri kulmista rintakulmalla on suurin vaikutus työstöjälkeen. Rintakulma vaihtelee useimmiten -5° ja $+25^\circ$ välillä. Pienen rintakulman omaava terä on tylppä, ja vastaavasti suuren rintakulman omaava terä voi olla hyvinkin terävä. Rintakulma vaikuttaa terän optimaaliseen kierrosnopeuteen; pienen rintakulman omaavan terän leikkaus perustuu suureen kierrosnopeuteen, jolloin terä iskeytyy sahattavaan materiaaliin leikaten siitä osan mukanaan. Pienellä rintakulmalla varustettu terä vaatii enemmän energiaa leikatakseen, sillä terän poistama lastu murskautuu hampaan rintapintaa vasten. Lastun murskaus vaatii huomattavan määrän energiaa. Suurella rintakulmalla varustettua terää voidaan käyttää alhaisemmilla kierrosnopeuksilla, sillä hammas leikkaa luonnostaan sitä paremmin mitä terävämmäksi se on teroitettu. Suuri rintakulma ei murskaa lastua samaan tapaan kuin pieni rintakulma, vaan lastu pääsee liukumaan ehjänä hampaan rintapinnalla, kunnes lastu irtoaa. Lastun liukumisen vuoksi suurella rintakulmalla varustettu terä ei tarvitse yhtä paljon energiaa leikatakseen. (Markkanen 2018.)

Kovat materiaalit, kuten kovat lehtipuut, tulee sahata terällä, jonka rintakulma on $\leq 15^\circ$. Suuremmalla rintakulmalla varustetun hampaan rungon materiaalivahvuus ei välttämättä ole tarpeeksi suuri, jolloin hammas saattaa murtua. Pehmeämmät puulajit, kuten kuusi ja mänty, voidaan sahata terällä, jonka rintakulma on $\geq 20^\circ$. (Markkanen 2018.)

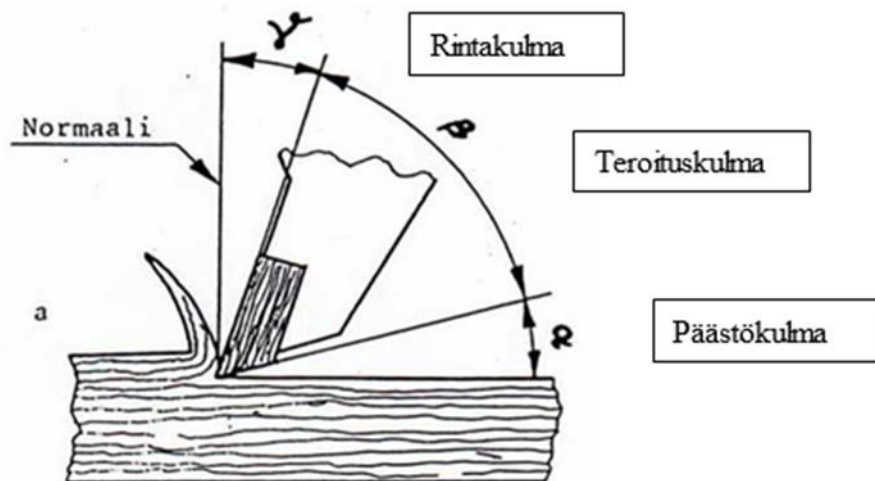
5.2 Teroituskulma

Teroituskulma määrittää rintakulman. Pienin mahdollinen teroituskulma riippuu hampaassa käytetystä materiaalista. Kovasta materiaalista valmistettu hammas vaatii isomman teroituskulman kuin sitkeästä materiaalista valmistettu hammas. Mikäli kovasta materiaalista valmistettu hammas teroitetaan pieneen teroituskulmaan, on vaarana terän murtuminen. Murtuminen johtuu liian pienestä materiaalivahvuudesta. (Markkanen 2018.)

5.3 Päästökulma

Päästökulman tehtävänä on vähentää terän selkäosan hankausta sahattavaa materiaalia vasten. Ilman päästökulmaa koko terän selkäosa hankaisi sahattavaa materiaalia vasten, jolloin hankaus tuottaisi kitkaa ja lämpöä. Kitka loisi lisää vastusta terän ja sahattavan materiaalin välille, jolloin terän pyöriminen vaatisi enemmän energiaa. Hankauksesta syntyvä lämpö saattaisi jättää puuhun palamisjälkiä, ja hampaan ominaisuudet saattaisivat

muuttua kuumenemisen johdosta. Päästökulman ansiosta vain pieni osa terän selästä koskettaa sahattavaa materiaalia. (Markkanen 2018.)



Kuva 5 Teräkulmat (Markkanen 2018)

6 DEWALT

DeWalt on nykyään osa maailman suurinta työkaluyhtiötä, Stanley Black & Deckeriä. DeWalt sai alkunsa vuonna 1922, kun yhtiön perustaja Raymond DeWalt keksi säteissahan, jota markkinoitiin nimellä Wonder-Worker. Kaksi vuotta myöhemmin, vuonna 1924, DeWalt perusti Yhdysvaltain Pennsylvaniassa yrityksen nimeltä DeWalt Products Company. Yhtiö lähti todelliseen kasvuun toisen maailmansodan aikana Yhdysvaltain hallituksen tekemien tilausten myötä. Ensimmäiset kannettavat sähkötyökalut julkistettiin vuonna 1992, jolloin DeWaltin vuonna 1960 ostanut Black & Decker lanseerasi uuden linjan ammattikäyttöön tarkoitettuja sähkötyökaluja DeWaltin nimellä. Vuonna 1994 esiteltiin DeWaltin ensimmäiset akkukäyttöiset työkalut. Vuonna 2011 DeWaltin nykyinen, 18 voltin litiumakkuihin perustuva tuotelinja näki päivänvalon. Tänä päivänä kyseinen tuotelinja sisältää jo yli 100 erilaista työkalua, joihin kaikkiin sopii yksi ja sama akku. (DeWalt 2018g.)

7 FLEXVOLT

DeWaltin Flexvolt -tuotelinja perustuu uudelleenlitiumioniakkuun, joka tunnistaa koneen käyttämän jännitteen jolloin akussa olevat kennot kytkeytyvät joko rinnan- tai sarja-kytkentään. Akku pystyy siis toimimaan kahdella eri jännitteellä, 18 voltilla ja 54 voltilla. Täten Flexvolt -akku voidaan käyttää sekä DeWaltin 54 voltteisissa Flexvolt -työkaluissa, että DeWaltin 18 voltteisissa työkaluissa. Akun jännitteen vaihtuessa myös ampeeritunnit muuttuvat. Esimerkiksi 6,0 Ah:na markkinoitu Flexvolt -akku on 6,0 ampeerituntinen käyttäessään 18 voltin jännitettä, ja 2,0 ampeerituntinen käyttäessään 54 voltin jännitettä. Akun kokonaisenergia pysyy kuitenkin samana, 108Wh, kennojen kytkentätavasta riippumatta. Flexvolt -työkalut käyttävät 54:n voltin jännitettä, jolloin samalla ampeerimäärällä saadaan aikaan kolminkertainen teho verrattuna 18:n voltin käyttöön. Mikäli työkalu ei tarvitse kolminkertaista tehoa, niin ampeerien määrää voidaan laskea, jolloin ampeerien johdosta syntyvää lämpöä saadaan hillittyä.

Flexvolt -tuotelinja esiteltiin maailmalle kesällä 2016. Tuotelinjaan kuuluu tällä hetkellä noin 20 erilaista työkalua, kuten jiiri-, pöytä-, puukko- ja pyörösahoja, poravasaroita, kulmahiomakone ja puutarhatyökaluja. Flexvolt -tuotelinjan tarkoitus on luoda akkukäyttöisiä työkaluja, jotka vastaisivat teholtaan 230 voltin moottorilla sekä polttomoottorilla varustettuja työkaluja. Tämän päivän markkinoilla olevat 18 voltitiset työkalut eivät yleisesti ottaen vielä aivan pärjää verkkovirta- ja polttomoottorikoneille. Verkkovirta- ja polttomoottorikoneet korvaaville akkutyökaluille on kysyntää niiden helppouden vuoksi. Verkkovirtaa käyttävät työkalut tarvitsevat usein jatkojohdon. Tämä korostuu työmailla, joissa etäisyys lähimmän sähkökeskuksen ja työkohteen välillä voi olla kymmeniä, joskus jopa satoja metrejä. Pitkien jatkojohtojen käyttö aiheuttaa tehohäviötä sekä kompastumisvaaran ja kuluttaa aikaa. Polttomoottorikoneet puolestaan tuottavat meluhaittaa ja ilmansaasteita. Polttomoottorit myös vaativat paljon enemmän huoltoa kuin sähkömoottorit, niitä ei voi käyttää sisätiloissa pakokaasujen vuoksi, eikä vähähappisissa tai hapettomissa tiloissa, sillä polttomoottori tarvitsee happea toimiakseen. DeWaltin Flexvolt -tuotelinjan on tarkoitus ratkaista nämä ongelmat.

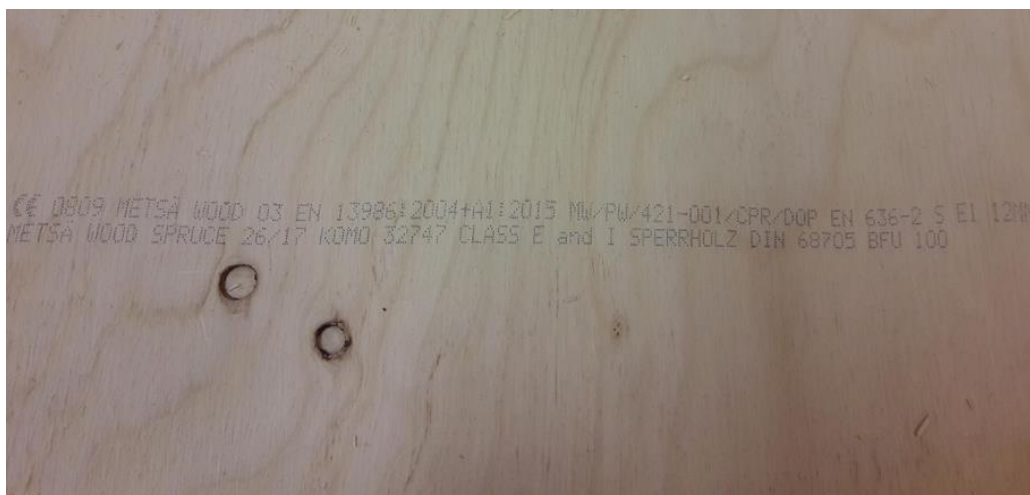
8 TESTIT

8.1 Testien toteutus

Testien tarkoituksena oli tuottaa puolueetonta tietoa akkujen kestästä Flexvolt -koneissa. Testattavina koneina olivat DCS777 -jiirisaha, DCS7485 -pöytäsaha, DCS576 -pyörösaha sekä DCS388 -puukkosaha. Jiiri-, pyörö- ja puukkosahan testeissä käytetty materiaali oli männystä valmistettua, C24 -lujuusluokiteltua, mitallistettua 48x98mm sahatavaraa. Pöytäsahan testeissä käytettiin MetsäWoodin 12 mm paksua, mitoiltaan 1220x2440 mm kuu-sivaneria.



Kuva 6 Jiiri-, pyörö- ja puukkosahan testeissä käytetty sahatavara



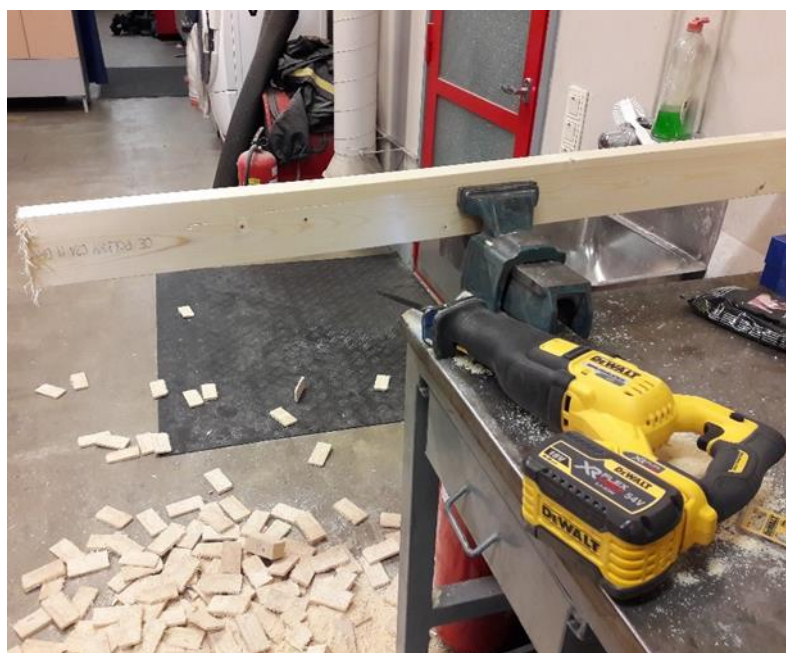
Kuva 7 Pöytäsahan testeissä käytetty vaneri

Testien tarkoitus oli selvittää, kuinka monta katkaisua, tai pöytäsahan kohdalla sahattua metriä, yhdellä akulla saadaan aikaan, kunnes akku on loppunut. Katkaisuja / sahauksia tehtiin aina kymmenen kappaletta kerrallaan, minkä jälkeen pidettiin yhden minuutin tauko. Tauot pidettiin, jotta akku ja työkalu eivät kuumenisi liikaa testin aikana. Etenkin akun kuumentuminen voi vaikuttaa siitä saatavan energian määrään huomattavasti. Testeissä käytetyt akut olivat DCB546 6,0Ah 54/18V Flexvolt litiumioniakku sekä DCB547 9,0Ah 54/18V Flexvolt litiumioniakku. DCB546- akku käyttää tyyppin 18650 kennoja. DCB547- akku käyttää tyyppin 20700 kennoja. DCB546- akun maksimi energiamäärä on 108 Wh, ja DCB547- akun 162 Wh. DCB546- akkuja oli käytössä kaksi kappaletta, jolloin jokainen työkalu/terä- yhdistelmä testattiin molemmilla 6 Ah akuilla. DCB547- akkuja oli käytössä vain yksi, joten kaikki testit tehtiin samalla akulla.

Pyörösaha ja jiirisaha testattiin kahdella eri terällä, joista toinen on tarkoitettu verkkovirralla toimivaan koneeseen, ja toinen suunniteltu nimenomaan käytettäväksi Flexvolt- koneissa. Tämän tarkoitus oli selvittää mahdollista eroa akun kestossa terien välillä. Pöytäsahassa ja puukkosahassa käytettiin vain yhdenlaista terää. Testejä tehtiin jokaisella akku/terä yhdistelmällä kaksi kertaa. Testimäärissä päädyttiin kahteen kertaan materiaalikustannusten vuoksi. Katkaisutesteissä oksakohtia ei pyritty tietoisesti välttämään, vaan katkaisut tehtiin niin oksakohdista kuin oksattomista kohdista kuten kuvista 9 ja 10 ilmenee. Testin tulokset olisivat saattaneet olla suuremmat, mikäli oksakohdat olisi jätetty sahaamatta. Todellisuudessa oksia ei kuitenkaan aina voida työmaalla välttää, joten oksakohdat päätettiin sahata myös tässä testissä.



Kuva 8 Jiirisahan testaus



Kuva 9 Puukkosahan testaus

8.2 Testeissä käytetyt koneet

Testeissä käytetyt koneet olivat mallikoneita, joita oli esitelty jälleenmyyjille. Koneita ei kuitenkaan ollut käytetty edes yhden akullisen verran, joten testissä käytettyjä koneita voi pitää täysin uusina.

8.2.1 Jiirisaha

Jiirisaha on työkalu, jolla voidaan katkaista puuta suoraan ja erilaisiin kulmiin. Jiirisaha koostuu yksinkertaisimmillaan käsisahasta ja jiirisahalaatikosta, jonka avulla puu voidaan sahata tiettyihin kulmiin. Useimmiten jiirisahalla tarkoitetaan kuitenkin sähkö- tai akkukäyttöistä laitetta. Jiirisahan koko määritellään aina sen terän halkaisijan mukaan, joka on yleensä 216-305 mm. Jiirisahassa sahattava kappale pysyy sahauksen aikana paikallaan, ja terä liikkuu. Jiirisahojen sahauskapasiteettia rajoittaa sekä terän maksimisyvyys että sahan pöydän leveys. Paksuuskapasiteetti vaihtelee yleensä noin 60 ja 110 millimetrin välillä, ja leveyskapasiteetti noin 175 ja 300 millimetrin välillä. Jiirisahalla voidaan sahata myös alumiinia ja erilaisia muoveja kuten pleksilevyt ja PVC-putket, mikäli terän hammersus on riittävän hieno.

Testissä käytetty jiirisaha on malliltaan DCS777. DCS777 on 54 voltininen, 216 mm terällä varustettu akkukäyttöinen jiirisaha. Terän pyörimisnopeus ilman kuormaa on 6300 rpm. Laitteen maksimi katkaisukapasiteetti on 270x62 mm. Laite painaa 14,0 kg. Laitteessa on hiiliharjaton moottori. (DeWalt 2018a.)



Kuva 10 Jiirisaha DCS777 (DeWalt 2018a)

8.2.2 Pöytäsaha

Pöytäsahaa käytetään ennen kaikkea massiivipuun ja puupohjaisten tuotteiden, kuten laminaatti ja vaneri, halkaisuun ja paloitteluun. Pöytäsahassa terä pysyy paikallaan ja sahatavaa kappaletta liikutetaan. Pöytäsahalla voidaan periaatteessa sahata kuinka leveää kappaletta tahansa. Pöytäsahojen maksimi katkaisukapasiteetti vaihtelee noin 50 ja 75 millimetrin välillä. Pöytäsahaa ei yleensä käytetä sahatavaran katkaisuun, sillä pitkän ja kapean kappaleen liikuttaminen pöytäsahan pöydällä on hyvin vaikeaa. Sahatavara katkaistaankin yleensä muilla työkaluilla, kuten esimerkiksi jiirisahalla. Jiirisahan tavoin myös pöytäsahalla voidaan sahata tarvittaessa alumiinia ja eri muoveja, mikäli käytössä on oikeanlainen terä.

Testissä käytetty pöytäsaha on malliltaan DCS7485. DCS7485 on 54 voltininen, 210 mm terällä varustettu akkukäyttöinen pöytäsaha. DCS7485 on maailman ensimmäinen akkukäyttöinen pöytäsaha. Terän pyörimisnopeus ilman kuormaa on 5800 rpm. Maksimi sahausvyvyys on 65 mm. Sahattavan kappaleen maksimileveys sivuvastetta käytettäessä on oikealle 610 mm ja vasemmalle 318 mm. Laite painaa 22,0 kg. Laitteessa on hiiliharjaton moottori. (DeWalt 2018c.)



Kuva 11 Pöytäsaha DCS7485 (DeWalt 2018c)

8.2.3 Pyörösaha

Pyörösahalla tarkoitetaan käsin ohjattavaa sahaa, jolla voidaan periaatteessa tehdä sekä jiirisahan että pöytäsahan työt. Pyörösahaa käytetään yleensä silloin kun sahattava kappale on erityisen leveä tai se on jo kiinnitetty, kuten kattorakenteet ym. Pyörösaha ei täysin korvaa kumpaakaan edellä mainittua konetta, mutta on silti monesti välttämätön työkalu rakentamisessa. Pyörösahojen teho vaihtelee noin 900 ja 1600 watin välillä, ja terän halkaisija vaihtelee 136 ja 210 millimetrin välillä. Suurimmissa pyörösahoissa terän halkaisija voi ylittää jopa 400 millimetriä. Tällaiset pyörösahat ovat tarkoitettu suurten sahattujen palkkien sekä paksujen insinööripuutuotteiden katkaisuun. Pyörösahoilla voidaan sahata massiivipuuta, puupohjaisia tuotteita sekä muoveja. Tavallisia pyörösahoja ei tulisi käyttää metallin sahaamiseen liian suuren kierrosnopeuden sekä riittämättömien eristysten vuoksi, sillä metallisilppu saattaa päätyä sahan sisälle ja rikkoa laitteen. Metallin sahaukseen on olemassa omanlaisensa pyörösahat, jotka näyttävät ulkoisesti samanlaisilta, mutta joiden kierrosluvut ovat pienemmät ja jotka ovat eristetty riittävän hyvin pitämään metallisilpun poissa laitteen sisuksista.

Testissä käytetty pyörösaha on malliltaan DCS576. DCS576 on 54 voltininen, 190 mm terällä varustettu akkukäyttöinen pyörösaha. Terän pyörimisnopeus ilman kuormaa on 5800 rpm. Maksimi sahausvyvyys on 61 mm. Laite painaa 5,7 kg. Laitteessa on hiiliharjaton moottori. (DeWalt 2018b.)



Kuva 12 Pyörösaha DCS576 (DeWalt 2018b.)

8.2.4 Puukkosaha

Puukkosaha eroaa täysin kaikista edellä mainituista koneista. Puukkosahassa on pyörivän terän sijaan edestakaisin liikkuva terä. Puukkosahan terien mitat vaihtelevat useimmiten 100 millimetrin ja 300 millimetrin välillä. Puukkosahaa käytetään karkeampaan puuntyöskentelyyn kuin muita koneita, rakennusalalla useimmiten rungon pystyttämiseen, seinien koolauksien pystyttämiseen sekä purkutöihin. Puukkosahalla voidaan terästä riippuen sahata puuta, naulaista puuta, metalleja, muoveja, harkkoja ja jopa eristysmateriaaleja kuten kivi- villa.

Testissä käytetty puukkosaha on malliltaan DCS388. DCS388 on 54 voltin akkukäyttöinen puukkosaha. Laitteen iskunpituus eli terän yhdensuuntaisen liikkeen pituus on 28,6 mm ja maksimi iskuluku 3000 spm (englanniksi strokes per minute eli iskua minuutissa). Maksimi sahauspaksuus puussa on 300 mm ja metalliprofiileissa ja putkissa 130 mm. (DeWalt 2018d.)



Kuva 13 Puukkosaha DCS388 (DeWalt 2018d.)

8.3 Terät

Kaikki testeissä käytetyt terät olivat testien alkaessa käyttämättömiä. Puukkosahan jokainen akullinen testattiin uudella terällä, sillä puukkosahan terien käyttöikä on luonnostaan lyhyempi kuin testin muiden koneiden terien. Muissa koneissa jokainen akullinen testattiin yhdellä ja samalla terällä. Jiiri-, pöytä- ja pyörösahoissa terän kuluminen voi periaatteessa vaikuttaa tuloksiin. Käytännössä neljän akullisen aikana terän ei tulisi kuitenkaan kulua juuri lainkaan, joten terien voidaan olettaa pysyvän yhtä hyvässä terässä koko testauksen ajan.

8.3.1 Jiirisahan terät

Jiirisahassa käytettiin verkkovirralla toimiviin koneisiin tarkoitettua terää DT1952, sekä DCS777- jiirisahaan tarkoitettua terää DT99568. Terien tekniset tiedot selviävät taulukosta 1.

Taulukko 1 Jiirisahan terien tekniset tiedot (mukailtu DeWalt 2018e; 2018j.)

	DT1952	DT99568
Halkaisija (mm)	216	216
Hammasmäärä	24	24
Terän leveys (mm)	2,60	2,16
Terän rungon leveys (mm)	1,70	1,60
Paino (g)	455	407
Rintakulma °	-5	7

8.3.2 Pöytäsahan terä

Pöytäsahassa käytettiin DCS7485- pöytäsahalle tarkoitettua terää DT99565. Terän tekniset tiedot selviävät taulukosta 2.

Taulukko 2 Pöytäsahan terän tekniset tiedot (mukailtu DeWalt 2018i.)

	DT99565
Halkaisija (mm)	210
Hammasmäärä	24
Terän leveys (mm)	1,80
Terän rungon leveys (mm)	1,24
Paino (g)	299
Rintakulma °	20

8.3.3 Pyörösahan terät

Pyörösahassa käytettiin verkkovirralla toimiviin koneisiin tarkoitettua terää DT10304, sekä DCS576- pyörösahaan tarkoitettua terää DT99562. Terien tekniset tiedot selviävät taulukosta 3.

Taulukko 3 Pyörösahan terien tekniset tiedot (mukailtu DeWalt 2018f & 2018h.)

	DT10304	DT99562
Halkaisija mm	190	190
Hammasmäärä	24	24
Terän leveys (mm)	1,65	1,55
Terän rungon leveys (mm)	1,00	0,99
Paino (g)	186	187
Rintakulma °	20	25

8.3.4 Puukkosahan terä

Puukkosahassa käytettiin terää DT2363. Kyseinen terä on bi- metallirakenteinen, HCS- ja HSS- teräksistä valmistettu, puun ja muovin sahaukseen tarkoitettu puukkosahan terä. Bi-metalliterässä terän runko on valmistettu HCS- hiiliteräksestä, ja hampaat on valmistettu kovemmassa HSS- pikateräksestä. Terän tekniset tiedot selviävät taulukosta 4. Taulukossa 4 esitetyt tiedot ovat itse mitattuja.

Taulukko 4 Puukkosahan terän tekniset tiedot

	DT2363
Terän pituus (mm)	228
Terän leveys (mm)	2,00
Terän rungon leveys (mm)	1,40
Hammasväli (mm)	4,20
Paino (g)	31

9 TESTIEN TULOKSET

9.1 Energiatehokkuus

Tuloksista tärkein ei välttämättä ole katkaisujen tai sahattujen metrien määrä, vaan niiden määrä suhteutettuna akun wattitunteihin. Akun kestoa voidaan aina lisätä kasvattamalla akun fyysistä kokoa, mutta tällöin työkalun ergonomia saattaa kärsiä, tehden työkalusta entistä painavamman. Myös akun latausaika pitenee. Käyttäjän kannalta paras tapa pidentää akun kestoa on tehdä työkalusta energiatehokkaampi. Katkaisujen tai sahattujen metrien vertaus kulutettuihin wattitunteihin kertoo työkalun energiatehokkuudesta, joka on paras suure kuvaamaan akunkestoa kyseisessä työkalussa. Mahdolliset erot terien välillä tulisi myös näkyä energiatehokkuuden kasvuna. Tuloksissa mainitut prosenttilukemat ovat pyöristetty alimpaan kymmenykseen. Katkaisumäärien keskiarvot on pyöristetty alimpaan kokonaislukuun, ja wattituntien vertailussa tulokset on pyöristetty alimpaan sadasosaan.

9.2 Jiirisahan tulokset

Jiirisahan tulokset ovat hyvin tasaiset. Taulukosta 5 nähdään, että DT1952- terän ensimmäinen testi on tuottanut molemmilla akuilla kymmenen katkaisua enemmän kuin mitä toisella testillä on saatu. Tämä on kuitenkin vain muutaman prosentin ero, joka saattaa johtua esimerkiksi isommista kohdalle osuneista oksista.

Taulukko 5 Jiirisahan terien tulokset, ja niiden välinen ero katkaisujen määrissä

	DT1952	DT99568	Ero %
1. 6 Ah akku, katkaisua (kpl)	147	165	12,2
2. 6 Ah akku, katkaisua (kpl)	137	162	18,2
6 Ah akku, keskiarvo (kpl)	142	163	15,1
1. 9 Ah akku, katkaisua (kpl)	227	254	11,9
2. 9 Ah akku, katkaisua (kpl)	217	262	20,7
9 Ah akku, keskiarvo (kpl)	222	258	16,3

Taulukosta 6 nähdään, että Flexvolt- koneille tarkoitetulla terällä saavutetaan 15-16% enemmän katkaisuja verkkovirtakoneelle tarkoitettuun terään verrattuna. Ero perustuu taulukosta 1 nähtäviin terien välisiin eroihin: DT99568- terä on noin 17% kapeampi kuin DT1952- terä. Tämä tarkoittaa sitä, että DT99568- terä poistaa yhdellä katkaisulla 17% vähemmän materiaalia kuin DT1952- terä. DT99568- terä on myös noin 10% kevyempi kuin DT1952- terä, jolloin kone joutuu käyttämään DT99568- terän kohdalla vähemmän energiaa saavuttaakseen samat kierrosluvut kuin DT1952- terän kohdalla.

Jiirisahalla saadut tulokset saattavat olla hieman todellisia lukuja pienemmät, sillä akku oli jokaisen testin jälkeen lämmennyt siten, että laturi ei alkanut heti lataamaan sitä, vaan laturi joutui ensin jäähdyttämään akkua sisäänrakennetulla tuulettimella.

Taulukko 6 Jiirisahan tulokset suhteutettuna akun wattitunteihin sekä terien välinen ero

	DT1952	DT99568	Ero %
1. 6 Ah akku, katkaisua per Wh (kpl)	1,36	1,53	12,5
2. 6 Ah akku, katkaisua per Wh (kpl)	1,27	1,50	18,1
6 Ah akku, keskiarvo (kpl)	1,31	1,51	15,2
1. 9 Ah akku, katkaisua per Wh (kpl)	1,40	1,57	12,1
2. 9 Ah akku, katkaisua per Wh (kpl)	1,34	1,62	20,8
9 Ah akku, keskiarvo (kpl)	1,37	1,59	16,0

9.3 Pöytäsahan tulokset

Taulukosta 8 nähdään, että 9 Ah akuilla saatu keskiarvo on 0,1 metriä vähemmän per wattitunti kuin 6 Ah akuilla saatu keskiarvo. Tälle ei ole selvää syytä, sillä materiaalin tulisi olla riittävän tasalaatuista. Pöytäsahalla akkujen testijärjestys oli 1. 6 Ah, 2. 6 Ah, 3. 9 Ah ja 4. 9 Ah. Terä on saattanut kulua epätavallisen nopeasti ensimmäisen tai toisen testin aikana, sillä keskiarvo on laskenut jokaisen testin jälkeen. Terässä ei kuitenkaan testien jälkeen näkynyt mitään tavallisesta poikkeavaa, ja terän sahausjälki oli yhtä siisti kuin ensimmäisellä sahauksella.

Taulukko 7 Pöytäsahan tulokset

	DT99565
1. 6 Ah akku, metriä	109,2
2. 6 Ah akku, metriä	105,6
6 Ah akku, keskiarvo (m)	107,4
1. 9 Ah akku, metriä	150,0
2. 9 Ah akku, metriä	142,2
9 Ah akku, keskiarvo (m)	146,1

Taulukko 8 Pöytäsahan tulokset suhteutettuna akun wattitunteihin

	DT99565
1. 6 Ah akku, metriä per Wh (m)	1,01
2. 6 Ah akku, metriä per Wh (m)	0,97
6 Ah akku, keskiarvo (m)	0,99
1. 9 Ah akku, metriä per Wh (m)	0,92
2. 9 Ah akku, Metriä per Wh (m)	0,87
9 Ah akku, keskiarvo (m)	0,89

9.4 Pyörösahan tulokset

Taulukosta 10 käy ilmi, että verkkovirtakoneisiin tarkoitettu DT10304- terä on tuottanut hieman enemmän katkaisuja wattituntia kohden kuin Flexvolt- koneille tarkoitettu DT99562- terä. DT99562 on suoriutunut molempien akkujen ensimmäisellä testikerralla selvästi paremmin kuin jälkimmäisellä. Jälkimmäisen testikerran selvästi huonompi tulos voi johtua esimerkiksi kohdalle osuneista isoista oksista. Tulos ei voi johtua terän kulumisesta, sillä molemmat 6 Ah akun testit tehtiin ennen 9 Ah akun testejä.

Taulukko 9 Pyörösahan terien tulokset ja niiden välinen ero katkaisujen määrissä

	DT10304	DT99562	Ero %
1. 6 Ah akku, katkaisua (kpl)	260	286	10,0
2. 6 Ah akku, katkaisua (kpl)	279	251	-10,0
6 Ah akku, keskiarvo (kpl)	269	268	-0,4
1. 9 Ah akku, katkaisua (kpl)	395	396	0,3
2. 9 Ah akku, katkaisua (kpl)	392	369	-5,9
9 Ah akku, keskiarvo (kpl)	393,5	382,5	-2,8

Taulukko 10 Pyörösahan tulokset suhteutettuna akun wattitunteihin sekä terien välinen ero

	DT10304	DT99562	Ero %
1. 6 Ah akku, katkaisua per Wh (kpl)	2,40	2,64	10,0
2. 6 Ah akku, katkaisua per Wh (kpl)	2,58	2,32	-10,1
6 Ah akku, keskiarvo (kpl)	2,49	2,48	-0,4
1. 9 Ah akku, katkaisua per Wh (kpl)	2,43	2,44	0,4
2. 9 Ah akku, katkaisua per Wh (kpl)	2,41	2,27	5,80
9 Ah akku, keskiarvo (kpl)	2,42	2,35	-2,89

9.5 Puukkosahan tulokset

Taulukosta 11 nähdään, että puukkosahalla on saavutettu ensimmäisellä 9 Ah akulla miltei kaksinkertainen määrä katkaisuja verrattuna 6 Ah akun parempaan tulokseen. Ero on selvästi suurempi kuin ampeerituntien välinen ero.

Taulukko 11 Puukkosahan tulokset

	DT2363
1. 6 Ah akku, katkaisua (kpl)	148
2. 6 Ah akku, katkaisua (kpl)	139
6 Ah akku, keskiarvo (kpl)	143
1. 9 Ah akku, katkaisua (kpl)	287
2. 9 Ah akku, katkaisua (kpl)	257
9 Ah akku, keskiarvo (kpl)	272

Taulukosta 12 nähdään, että molempien akkujen jälkimmäisellä testikerta on tuottanut vähemmän katkaisuja wattituntia kohden kuin ensimmäinen testikerta. Kuten pyörösahassa, myös tässä tapauksessa eron syynä saattaa olla kohdalle osuneet isommat oksat. Molemmissa 9 Ah akun testeissä saatu tulos on suurempi kuin mitä akkujen koon suhteen olisi voitu olettaa, perustuen 6 Ah akkujen tuloksiin. 6 Ah ja 9 Ah akkujen keskiarvoissa

näkyikin suuri ero, 9 Ah akun tuottaessa keskimäärin 0,35 katkaisua enemmän wattituntia kohden.

Taulukko 12 Puukkosahan tulokset suhteutettuna akun wattitunteihin

	DT2363
1. 6 Ah akku, katkaisua per Wh (kpl)	1,37
2. 6 Ah akku, katkaisua per Wh (kpl)	1,28
6 Ah akku, keskiarvo (kpl)	1,32
1. 9 Ah akku, katkaisua per Wh (kpl)	1,77
2. 9 Ah akku, katkaisua per Wh (kpl)	1,58
9 Ah akku, keskiarvo (kpl)	1,67

10 TESTIEN ONGELMAT JA KEHITYSEHDOTUKSET

Testeissä suurin ongelma on testikertojen vähyys. Jokaista akku/terä- yhdistelmää päätettiin testata kaksi kertaa, sillä materiaalikustannukset olisivat muutoin nousseet liian suuriksi. Kahden testikerran tuloksia voidaan kuitenkin pitää lähinnä suuntaa antavina. Tieteellisen datan tuottamista varten testikertoja olisi tullut olla vähintään 32. Pieni testimäärä korostuu puun kohdalla materiaalissa luonnostaan esiintyvien poikkeavuuksien, kuten oksien, vuoksi. Tämä ongelma voitaisiin minimoida käyttämällä tasalaatuisempaa materiaalia, kuten LVL. Testeissä käytetyt terät tulisi myös vaihtaa jokaisen akullisen jälkeen uuteen, jotta mahdollinen terän kulumisen vaikutus tuloksiin ei olisi edes teoreettisesti mahdollista.

Testeissä käytetyn puutavaran kosteutta ei mitattu. Kaikki puutavara säilytettiin samassa paikassa noin kahden viikon ajan ennen testien aloitusta. Puutavara säilytettiin kuitenkin kasassa, jolloin päällimmäisten puiden kosteus saattoi olla eri kuin kasan keskellä ja pohjalla olevien. Kosteudessa tulisi kuitenkin olla huomattava ero, jotta sillä olisi selvää vaikutusta testin tuloksiin. Jotta kosteuden mahdolliset vaikutukset tuloksiin voitaisiin täysin sulkea pois, tulisi jokaisen testikappaleen kosteus mitata ennen testiä.

Testituloksiin saattaa vaikuttaa myös voima, jolla käyttäjä painaa työkalua testikappaleeseen. Pöytäsahan kohdalla testattavan materiaalin syöttönopeus saattaa vaikuttaa työkalun energiankulutukseen.

Kaikkien edellä mainittujen ongelmakohtien minimointi, tai jopa poistaminen, veisi testejä kuitenkin kauemmas todellisuudesta. Oksakohtia ei pystytä aina välttämään. Työkaluja tullaan käyttämään enemmän tai vähemmän kuluneella terällä suurimman osan niiden käyttöikästä. Sahattavan materiaalin kosteus voi vaihdella työmaaolosuhteista riippuen, etenkin korjausrakentamisessa voidaan kohdata hyvinkin kosteita puumateriaaleja. Käyttäjän työkaluun kohdistama voima on yksilöllistä, johon vaikuttaa erityisesti käyttäjän kokemus kyseisen tyyppisestä työkalusta.

Testejä voisi laajentaa tekemällä samat testit kilpailijoiden parhaiten vastaaville konemalleille. Tällöin Stanley Black & Decker voisi mahdollisesti osoittaa heidän työkalunsa olevan akun kestoaltaan paras. Kilpailijoiden tuotteiden julkinen vertailu olisi kuitenkin vastoin Stanley Black & Deckerin periaatetta verrata tuotteitaan vain omiin, edellisten sukupolvien konemalleihin.

11 YHTEENVETO

Työssä tuotettiin puolueetonta tietoa Stanley Black & Deckerille liittyen heidän DeWalt Flexvolt -akkutyökalujen akun keston. Stanley Black & Decker voi käyttää tuotettua dataa heidän markkinoinnissaan. Työn käytännön osuus oli mielenkiintoinen toteuttaa. Testit tuottivat hyödyllistä tietoa Stanley Black & Deckerin kannalta. Yhtiö voi nyt käyttää tuloksia Suomen ja mahdollisesti myös muiden Pohjoismaiden markkinoinnissaan painottaen testien puolueettomuutta. Osa kuluttajista sekä yritysasiakkaista perustaa ostopäätöksensä teknisiin tietoihin ja mahdollisiin testaustuloksiin. Näiden asiakkaiden kohdalla Stanley Black & Deckerillä on nyt parempi mahdollisuus saada oma tuotteensa myytyä kilpailijan tuotteen sijaan.

Testien tulokset osoittavat, kuinka suorituskykyisiä akkukäyttöiset työkalut ja etenkin niiden akut ovat tänä päivänä. Sadat katkaisut 48x98 sahatavaraan tai yli 100 metriä 12mm paksua vaneria yhdellä akulla osoittavat akkutyökalujen kehittyneen siihen pisteeseen, että ne voivat todellakin korvata kaikkein vaativimmatkin johdolliset työkalut, kuten pöytäsaahan ja jiirisahan.

LÄHTEET

Buchmann, I. 2016. Summary Table of Nickel-based Batteries. Cadex Electronic Inc. [viitattu 30.3.2018]. Saatavissa: http://batteryuniversity.com/learn/article/bu_215_summary_table_of_nickel_based_batteries

Buchmann, I. 2017. Nickel-based Batteries. Cadex Electronics Inc. [viitattu 30.3.2018]. Saatavissa: http://batteryuniversity.com/learn/article/nickel_based_batteries

Condit, R. 2004. Brushed DC Motor Fundamentals. Microchip Technology Inc. PDF-tiedosto, sivut 1 ja 2 [viitattu 7.2.2018]. Saatavissa: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/appnotes/00905a.pdf>

DeWalt 2018a. 54 V XR FLEXVOLT 216 mm akkujirisaha, RUNKO [viitattu 3.4.2018]. Saatavissa: <http://www.dewalt.fi/powertools/productdetails/catno/DCS777N/info/specifications/>

DeWalt 2018b. 54 V XR FLEXVOLT -pyörösaha, RUNKO [viitattu 3.4.2018]. Saatavissa: <http://www.dewalt.fi/powertools/productdetails/catno/DCS576N/>

DeWalt 2018c. 54 V XR FLEXVOLT -pöytäsaaha, runko [viitattu 3.4.2018]. Saatavissa: <http://www.dewalt.fi/powertools/productdetails/catno/DCS7485N/>

DeWalt 2018d. 54 V XR FLEXVOLT puukkosaha, runko [viitattu 3.4.2018]. Saatavissa: <http://www.dewalt.fi/powertools/productdetails/catno/DCS388N/>

DeWalt 2018e. Construction Blade 216x30mm 24T [viitattu 7.4.2018]. Saatavissa: <http://products.dewalt.co.uk/accessories/productdetails/catno/DT1952/>

DeWalt 2018f. Extreme Framing Blade (Corded) 190 x 30 x 24T [viitattu 7.4.2018]. Saatavissa: <http://products.dewalt.co.uk/accessories/productdetails/catno/DT10304/>

DeWalt 2018g. Our history of guaranteed tough [viitattu 28.3.2018]. Saatavissa: <https://www.dewalt.com/en-us/company-info/milestones>

DeWalt 2018h. XR FlexVolt Saw Blade 190mm x 30mm 24T [viitattu 7.4.2018]. Saatavissa: <http://products.dewalt.co.uk/accessories/productdetails/catno/DT99562/>

DeWalt 2018i XR FlexVolt Saw Blade 210mm x 30mm 24T [viitattu 7.4.2018]. Saatavissa: <http://products.dewalt.co.uk/accessories/productdetails/catno/DT99565/>

DeWalt 2018j. XR FlexVolt Saw Blade 216mm x 30mm 24T [viitattu 7.4.2018]. Saatavissa: <http://products.dewalt.co.uk/accessories/productdetails/catno/DT99568/>

Earley, E. 2013. What's the difference between AC and DC? MIT School of Engineering [viitattu 23.3.2018]. Saatavissa: <https://engineering.mit.edu/engage/ask-an-engineer/whats-the-difference-between-ac-and-dc/>

Fluke Corporation, 2018. Electricity Fundamentals [viitattu 13.3.2018]. Saatavissa: <http://en-us.fluke.com/training/training-library/measurements/electricity/electricity-fundamentals.html>

Johnson, S. 2015. This simplified diagram demonstrates the difference between a "brushed" and a "brushless" motor". Highland Woodworking, Inc. [viitattu 15.2.2018]. Saatavissa: <https://www.highlandwoodworking.com/woodworking-tips-1507jul/DTEW/dtew2.html>

Markkanen, I. 2018. Puun työstö- ja puusepän tuotantotekniikka. Lahden ammattikorkeakoulu [viitattu 20.3.2018]. Saatavissa: <http://reppu.lamk.fi/course/view.php?id=9798>

Noonan, B. 2004. "Connecting your Batteries in Series or Parallel". Zbattery.com [viitattu 4.5.2018]. Saatavissa: <http://www.zbattery.com/seriesparallel-pf.html>

Tan, H. 2015. Representation of Visual Difference between DC and AC voltages. [viitattu 4.5.2018]. Saatavissa: <http://blog.gogreensolar.com/2015/02/ac-vs-dc-breakers.html>

Yedamale, P. 2003. Brushless DC (BLDC) Motor Fundamentals. Microchip Technology Inc. PDF- tiedosto, sivut 1 ja 4 [viitattu 7.2.2018]. Saatavissa: <http://electrathonoftampabay.org/www/Documents/Motors/Brushless%20DC%20%28BLDC%29%20Motor%20Fundamentals.pdf>