

Lassi Vaahtio

# KAIVINKONEEN MONIKÄYTTÖISYYS

Kandidaatintyö  
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta  
Tarkastaja: DI Lionel Hulttinen  
Tammikuu 2024

# TIIVISTELMÄ

Lassi Vaahtio: Kaivinkoneen monikäyttöisyys  
Kandidaatintyö  
Tampereen yliopisto  
Teknisten tieteiden kandidaatin tutkinto-ohjelma, Automaatiotekniikka  
Tammikuu 2024

---

Kaivinkoneen monikäyttöisyys on olennainen osa nykypäivää ja samalla kaivinkoneella tulee olla mahdollista suorittaa useampia erilaisia työtehtäviä. Erilaiset työtehtävät vaativat erilaisia työvälineitä, joten työvälineen vaihdon tulee tapahtua nopeasti ja vaivattomasti. Tämä onnistuu kaivinkoneen puomin päähän asennettavan pikaliittimen avulla, joita on sekä manuaalisia että automaattisia. Automaattisesti toimivia pikaliittimiä on ollut käytössä teollisuusroboteissa jo pidemmän aikaa, ja niiden käyttö on lisääntynyt myös kaivinkoneissa lähivuosina. Robotilla työkalunvaihto onnistuu muutamissa sekunneissa, ja samaa vaaditaan myös kaivinkoneen automaattiselta pikaliittimeltä. Monikäyttöisyyttä voidaan lisätä pikaliittimen lisäksi myös muuttamalla kaivinkoneen hydraulitehoa muuhun tehomuotoon. Tämän työn tavoitteena on selvittää kaivinkoneen pikaliittimiin liittyvät vaatimukset, millaisia automaattisia pikaliittimiä on olemassa ja miten ja mihin tehomuotoihin hydraulitehoa kyetään muuttamaan.

Työn alussa käydään läpi kaivinkoneen pikaliittimiin liittyvät vaatimukset. Pikaliittimiin liittyy yleisiä vaatimuksia, joita ovat mm. turvallisuus, kestävyys, monipuolisuus, tuottavuus ja ympäristöystävällisyys. Yleisten vaatimusten lisäksi standardit määrittelevät vaatimuksia pikaliittimille. ISO 13031:2016 -standardi ja EN-474-5:2022-standardi määrittelevät pikaliittimille turvallisuusvaatimukset, joiden tarkoituksena on varmistaa pikaliittimen ja työvälineen oikea kiinnittyminen sekä lukkiutuminen. Tämän lisäksi standardit pyrkivät minimoimaan työvälineen tahattoman irtoamisen. Turvallisuusstandardien lisäksi on olemassa teollisuusstandardit S -standardi ja Open-S-standardi, joiden päätarkoituksena on taata näitä standardeja noudattavien yritysten tuotteiden yhteensopivuus keskenään. S-standardissa ei oteta huomioon pikaliittimiä, joissa on sähköisiä tai hydraulisia liityntöjä, kun taas Open-S-standardissa nämä otetaan huomioon. Näiden neljän yllä esitellyn standardin pääkohdat selvitetään työssä.

Standardien käsittelyn jälkeen työssä otetaan katsausta automaattisiin pikaliittimiin. Automaattinen pikaliitin mahdollistaa työvälineen vaihdon siten, että kaivinkoneen kuskin ei tarvitse nousta ohjaamosta. Vaihdon yhteydessä tarvittavat hydrauliset ja sähköiset liittynät tapahtuvat myös automaattisesti. Automaattisia pikaliittimiä ohjataan hyttiin asennettavan ohjauspaneelin kautta ja niihin liittyy useita turvaominaisuuksia valmistajasta riippumatta.

Työn loppupuolella käydään läpi kaivinkoneen hydraulitehon muuttamista muuhun tehomuotoon Dynasetin tuotteiden avulla. Tämä onnistuu luomalla uusi hydraulilinja koneen olemassa olevasta hydraulijärjestelmästä. Hydrauliteho viedään Dynasetin hydrallilaitteelle, joka muuttaa sen toiseen tehomuotoon, esimerkiksi magneettitehoksi. Sekä automaattisen pikaliittimen että Dynasetin tuotteiden avulla kaivinkoneen monikäyttöisyyttä saadaan lisättyä.

Avainsanat: monikäyttöisyys, pikaliitin, ISO 13031:2016, EN-474-5:2022, S-standardi, Open-S-Standardi

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
2. KAIVINKONEEN PIKALIITIN .....	3
2.1 Pikaliittimen vaatimukset yleisesti .....	3
2.2 Standardien asettamat vaatimukset .....	3
2.2.1 ISO 13031:2016 -standardi .....	4
2.2.2 EN-474-5:2022-standardi .....	5
2.2.3 S-standardi .....	6
2.2.4 Open-S-standardi .....	10
2.3 Katsaus työkoneiden automaattisiin pikaliittimiin .....	11
2.3.1 Turvallisuus .....	11
2.3.2 Ohjaus .....	12
2.3.3 Rakenne .....	14
3. HYDRAULITEHON MUUTTAMINEN MUUHUN TEHOMUOTOON .....	19
3.1 Dynasetin toimintaperiaate .....	19
3.2 Mahdollisuudet .....	21
3.2.1 Korkeapainevesi .....	21
3.2.2 Magneettiteho .....	22
3.2.3 Alipaine .....	25
4. YHTEENVETO .....	26
LÄHTEET .....	28

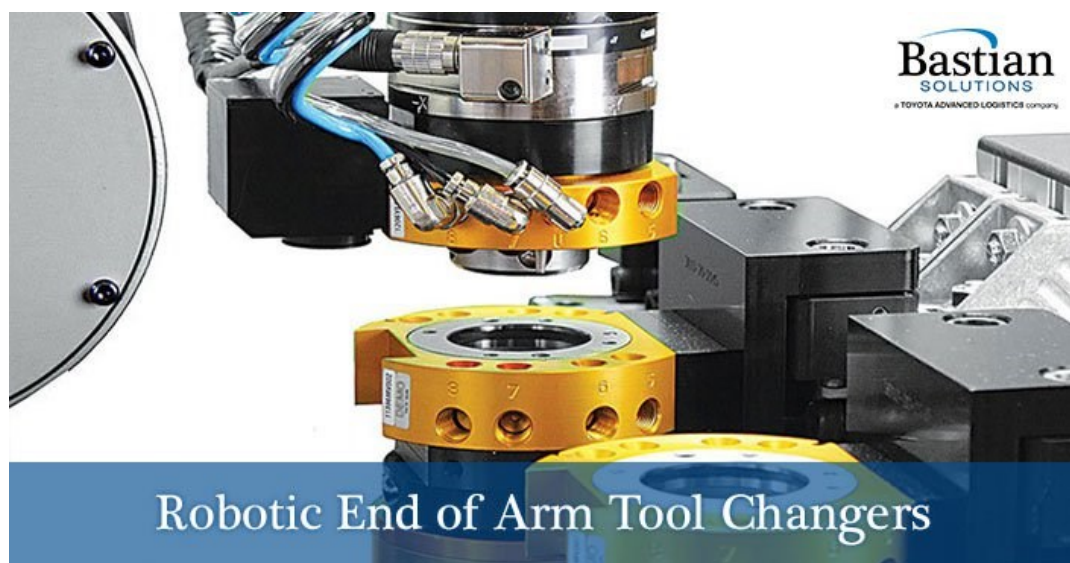
# LYHENTEET JA MERKINNÄT

ISO	International Organization for Standardization
EN	European Norm
S-standard	The Symmetrical Quick Coupler standard
Open-S-standard	The open industry standard for fully automatic quick couplers
ISO/TC 127	International Organization for Standardization (ISO) Technical Committee number 127
CE	Conformité Européenne, "European Conformity"
FPL	Front Pin Lock
QSC	Quick Hitch Standard Control
EC-OIL	Automatic Quick Coupler System
SAE	Society of Automotive Engineers
PV	Priority Valve
PC	Pressure Compensator
LSV	Load Sensing Valve
HPW-DUST	High Pressure Dust Suppression System
HRVB	Hydraulic Recycling Vacuum Bucket

# 1. JOHDANTO

Kaivinkoneiden monikäyttöisyys on olennainen osa nykypäivää ja samalla kaivinkoneella tulee olla mahdollisuus suorittaa useampia erilaisia työtehtäviä. Erilaiset työtehtävät vaativat erilaisia työvälineitä, joten kaivinkoneeseen tehtävän työvälineen vaihdon tulee olla helppoa ja nopeaa. Kaivinkoneisiin tarkoitettut pikaliittimet helpottavat työvälineen vaihtoa ja mahdollistavat sen, että samalla kaivinkoneella on järkevää tehdä useampia työtehtäviä, koska tällöin yksittäiseen työvälineen vaihtoon ei kulu liikaa aikaa.

Teollisuusrobotiikassa automaattisia työkalunvaihtajia on ollut jo pidemmän aikaa. Automaattinen työkalunvaihtaja robotiikassa rakentuu kahdesta toisiinsa yhteensopivasta osasta, joista toinen on manipulaattorin puolella ja toinen työkalun puolella. Ne on suunniteltu kiinnittymään ja lukkiutumaan toisiinsa automaattisesti, kuljettamaan kuormaa ja päästämään lävitseen esimerkiksi vettä, sähköisiä signaaleja ja paineilmaa. [20]



**Kuva 1. Robotin työkalunvaihtaja [21].**

Kuvassa 1. näkyy robotin työkalunvaihtaja sekä työkaluteline. Työkalua vaihdettaessa robotti tulee työkalutelineelle, asettuu telakointiaseman kohdalle ja vapauttaa työkalun. Tämän jälkeen robotti siirtyy seuraavan työkalun telakointiaseman kohdalle ja kiinnittyy haluttuun työkaluun. Tähän koko prosessiin kuluu muutama sekunti. [21] Näiden muutaman sekunnin aikana tapahtuu myös tarvittavat liittynät, jotka mahdollistavat esimerkiksi sähköisten signaalien ja paineilman menemisen työkalunvaihtajan läpi. Näitä

samankaltaisia ominaisuuksia edellytetään kaivinkoneelta ja sen automaattiselta pikaliittimeltä. Sen on mahdollistettava työkalunvaihto vaivattomasti hytistä käsin eli siten, että kuskin ei tarvitse nousta ohjaamosta. Työkalunvaihdon yhteydessä esimerkiksi hydrauliset ja sähköiset liittynät tulee onnistua myös automaattisesti.

Tämän työn tarkoituksena on selvittää vaatimukset, jotka liittyvät kaivinkoneen pikaliittimiin. Lisäksi selvitetään, millaisia kaivinkoneiden automaattiset pikaliittimet ovat ja miten ja mihin tehomuotoihin kaivinkoneen hydraulitehoa voidaan muuttaa. Työn toisessa luvussa käsitellään kaivinkoneen pikaliittimiin liittyviä vaatimuksia yleisellä tasolla sekä standardien kautta ja luodaan katsausta automaattisiin pikaliittimiin esittelemällä muutamien eri valmistajien tuotteita. Kolmannessa luvussa käsitellään liikkuvan työkoneen hydraulitehon muuttamista muuhun tehomuotoon käyttämällä esimerkkinä Dynasetin tuotteita. Selvitetään Dynasetin toimintaperiaate ja millaisia mahdollisuuksia se tarjoaa. Neljännessä osiossa vedetään yhteen selvitettyt asiat.

## 2. KAIVINKONEEN PIKALIITIN

Kaivinkoneen pikaliittimen tarkoitus on mahdollistaa nopea työkalunvaihto kaivinkoneeseen [1, s. 1]. Pikaliitin kiinnitetään kaivinkoneen puomin päähän ja pikaliittimeen kiinnitetään haluttu työkalu. Pikaliittimiä on erilaisia, ja ne luokitellaan yleensä sen perusteella, miten pikaliitin kiinnittyy työkaluun, miten sen lukitusjärjestelmä toimii ja mitä työkalun kiinnittäminen vaatii kaivinkoneen kuljettajalta. Pikaliitin tekee kaivinkoneesta monikäyttöisemmän ja tehokkaamman, ja samalla kaivinkoneella pystytään tekemään useita erilaisia työvaiheita eikä samalle työmaalle tarvita useampaa työkonetta.

### 2.1 Pikaliittimen vaatimukset yleisesti

Hydrauliselle pikaliittimelle on esitetty seuraavia vaatimuksia, joiden voidaan olettaa koskevan myös muunlaisia pikaliittimiä [2]:

- Turvallisuus: Pikaliittimessä tulee olla turvaominaisuudet, jotka estävät lisälaitteen tahattoman irtoamisen ja varmistavat, että lisälaite pysyy kiinni pikaliittimessä.
- Kestävyys: Pikaliitin tulee olla valmistettu korkealaatuisesta kulutusta kestävästä materiaalista.
- Monipuolisuus: Pikaliittimen tulee sopia useisiin erilaisiin lisälaitteisiin.
- Tuottavuus: Pikaliittimen tulee olla tuottava omistajalleen, eli sen on säästettävä aikaa verrattuna siihen, että pikaliitintä ei olisi ollenkaan.

Näiden yleisten vaatimusten lisäksi voidaan olettaa, että esimerkiksi ympäristöystävällisyys on tärkeässä osassa nykypäivän pikaliittimissä. Pyritään siis minimoimaan mahdolliset vuodot pikaliittimen kautta ympäristöön ja käytetään pikaliittinten valmistuksessa mahdollisimman ympäristöystävällisiä materiaaleja.

### 2.2 Standardien asettamat vaatimukset

On olemassa standardeja, jotka asettavat erilaisia vaatimuksia pikaliittimille. ISO 13031:2016 -standardi asettaa pikaliittimelle turvallisuusvaatimukset [1]. Eurooppalaisessa EN-474-5:2022-standardissa käsitellään hydraulista kaivinkonetta ja sen lisälaitteita [3]. S-standardi eli Symmetrical Quick Couplers for Excavators -standardi kaivinkoneille on taas teollisuusstandardi, jonka omistaa ja jota hallinnoi ruotsalainen

organisaatio nimeltään MaskinLeverantörerna. Se on suunniteltu luomaan kilpailukykyinen pikaliitin sen käyttäjille. [4] Open-S-standardi on teollisuusstandardi täysin automaattisille pikaliittimille kaivinkoneessa. Se on avoin standardi, jota ei ohjaa mikään tietty valmistaja. Standardin tavoitteena on antaa koneen käyttäjälle vapaus valita eri valmistajien väliltä, jotka noudattavat Open-S-standardia, ja taata jatkuva teknologinen kehitys. [5]

### 2.2.1 ISO 13031:2016 -standardi

ISO 13031:2016 -standardi asettaa suunnittelukriteerit ja turvallisuusvaatimukset pikaliittimille, joita käytetään maansiirtokoneissa, joihin myös kaivinkone kuuluu. Standardin mukaan pikaliitin on maansiirtokoneeseen asennettu laite, joka mahdollistaa lisälaitteiden nopean vaihdon. Standardissa paneudutaan tarkemmin suunnittelukriteereihin, jotka auttavat operaattoria varmistamaan, että lisälaite on oikein pikaliittimessä ja kytkentä on täysin onnistunut. Standardissa täsmennetään vielä erikseen, että se ei saa olla esteenä uudelle tekniselle kehitykselle, jotka vähentävät tai poistavat riskiä. [1]

Pikaliittimessä on oltava kytkentä- ja lukitusjärjestelmä, jotka täyttävät tietyt vaatimukset, ja niiden suunnittelussa tulee varmistaa, että lisälaite pysyy paikallaan työasennossa myös koneen ollessa sammutettuna tai kuljetuksessa [1].

Pikaliittimen ja lisälaitteen kytkentään liittyy useita vaatimuksia [1]:

- Kytkennän täytyy kestää voimat, jotka siihen kohdistuvat, ja kyetä pitämään lisälaite työasennossa.
- Kytkentä pikaliittimen ja lisälaitteen välillä ei saa muodostua ainoastaan kitkasta.
- Työkoneen kuljettajan pitää pystyä varmistamaan, että lisälaite on täysin kiinnittynyt ja se pitää pystyä varmistamaan paikasta, josta kiinnittymistä operoidaan, esimerkiksi koneen hytistä. Varmistaminen ei saa tapahtua siten, että lisälaitetta testataan työkäytössä.
- Kytkentä ei saa olla riippuvainen vain painovoimasta.

Pikaliittimen ja lisälaitteen lukittumiseen liittyy myös useita vaatimuksia [1]:

- Lukitusjärjestelmä tulee olla suunniteltu niin, että se estää lisälaitteen tahattoman irtoamisen riippumatta siitä, minkä tyyppisestä kytkentäjärjestelmästä on kyse.
- Lukituksen täytyy estää lisälaitteen irtoaminen tilanteessa, jossa pikaliittimen ja lisälaitteen välinen kytkentävoima häviää tai vähenee, ja lukituksen täytyy pystyä



pitämään lisälaitte työasennossa. Tällaisessa tilanteessa pienet liikkeet ovat sallittuja, kunhan suurempaa vaaraa ei aiheudu.

- Lukitus ei saa pettää, vaikka pikaliittimen ja lisälaitteen välillä oleva voima häviäisi.
- Lukituksen täytyy pysyä aktivoituna niin kauan, kunnes koneen kuljettaja irrottaa sen.
- Lukitus ei saa olla riippuvainen vain painovoimasta.

Tehostetulla pikaliittimellä tarkoitetaan sellaista pikaliitintä, jonka toiminnassa hyödynnetään esimerkiksi hydraulitehoa tai sähkömoottoria. Sen ohjaamiseen liittyy joitain yleisiä vaatimuksia [1]:

- Tehostetun pikaliittimen laitteenvaihto ei ole sallittua manuaalisesti.
- Kun pikaliittimiä on asennettuna enemmän kuin yksi, ohjauksen suunnittelussa on täytynyt ottaa huomioon se, että minimoidaan riski väärän pikaliittimen käytölle.
- Ohjauksessa käytettävien äänisignaalien täytyy olla jatkuvia, vaihtelevia tai pulssityyppisiä.

### **2.2.2 EN-474-5:2022-standardi**

EN-474-5:2022 on eurooppalainen standardi, jossa määritellään hydraulisen kaivinkoneen ja siihen kuuluvien lisälaitteiden vaatimukset ja erilaisia testausmenetelmiä. Tällä pyritään siihen, että kaivinkoneen käyttö on mahdollisimman turvallista ja tehokasta. [3]

Tämän standardin [3] mukaan pikaliitintä käytettäessä täytyy olla keinot minimoida mahdollisuus siihen, että lisälaitte putoaa pikaliittimestä ennen kuin pikaliitin ja lisälaitte ovat kytkeytyneet oikein. Keinoja ovat esimerkiksi seuraavat [3]:

- automaattinen mekaaninen lukitus, kun kontakti pikaliittimen ja työväliseen välillä syntyy. Lukitus poistetaan vasta, kun lisälaitteen irrottaminen on tarkoituksella aloitettu.
- lisälaitteen nostamisen estäminen, kunnes lisälaitte ja pikaliitin ovat kiinni
- kauhan pikaliittimessä kiinni pysymisen testaaminen koko kauhaa liikuttavan sylinterin iskun ajan. Tällöin lisälaitte ei ole vielä täysin kiinnittyneenä pikaliittimeen.

- akustinen ja visuaalinen signaali operaattorille, mikäli kiinnittyminen ei ole onnistunut.

Nämä vaatimukset testataan toiminnallisella testillä. Lisäksi koneessa käytettävien lisälaitteiden täytyy olla koneenvalmistajan antamien ohjeiden mukaisia. Toiminnallisten testien tarkoituksena on osoittaa, että tarvittavat signaalit kulkevat oikealla tavalla oikeaan paikkaan ja vastaavat vaatimuksia sekä teknistä dokumentaatiota. [3]

### 2.2.3 S-standardi

S-standardi on teollisuusstandardi pikaliittimille, jonka omistaa itsenäinen ruotsalainen organisaatio Maskinleverantörerna. Standardin päätarkoituksena on turvata eri työvälineiden vaihdettavuus ja nimikkeistö, jotta eri valmistajien tuotteet sopivat yhteen toistensa kanssa. Tämä tavoite saavutetaan, mikäli valmistajat noudattavat standardia. [4]

Standardista on hyötyä kaivinkoneen omistajalle useammasta eri syystä. Pikaliittimen runko on matala ja kapea sekä paino on suhteellisen alhainen. Lisäksi pikaliitin vaatii vähän huoltoa verrattaessa muihin markkinoilla oleviin pikaliittimiin. Kyseessä on kiilatyyppinen liitin, joka yhdessä kiinnikkeiden kanssa luo korkeat turvallisuusstandardit pikaliittimen käyttäjälle. [4]

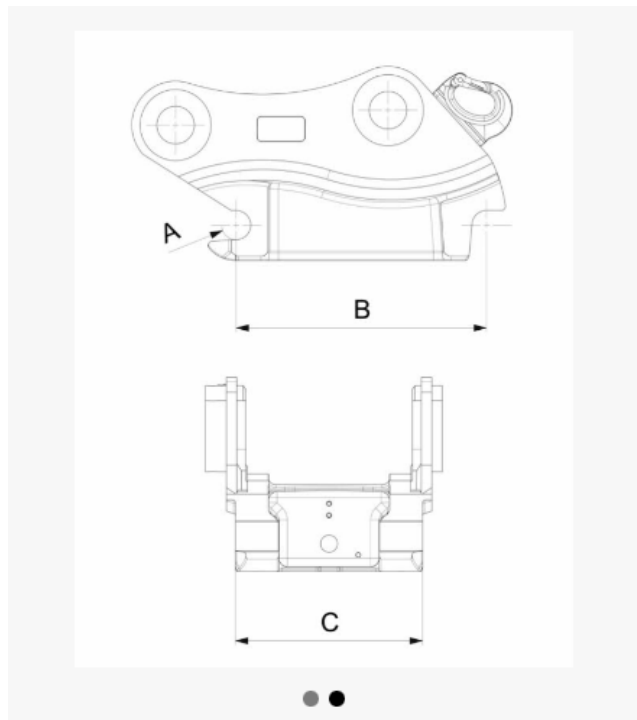
Ensimmäisen kerran pikaliittimiä kehiteltiin Ruotsissa 1970-luvun alussa ja 1980–1990-luvulla Pohjoismaiden markkinoilla oli erilaisia pikaliittimiä. Ennen S-standardia yhteensopivuus eri valmistajien välillä oli heikkoa, mikä johtui selkeiden ohjeiden ja standardoitujen mittojen ja toleranssien puutteesta. Se aiheutti vaikeuksia ja kustannuksia koneen käyttäjille. S-standardi on julkaistu ensimmäisen kerran vuonna 2000, ja sen jälkeen sitä on päivitetty ja tarkistettu vuosina 2006, 2010 ja 2011. [4]

S-standardin tavoitteena on [4]

- olla turvallinen ja käyttäjäystävällinen standardi, joka mukailee kansainvälisiä standardeja, joita ovat esimerkiksi EN474 ja ISO13031
- luoda kilpailukykyinen ja avoin teollisuusstandardi, jota ei ohjaa vain yksi valmistaja, vaan se on tunnetun ja riippumattoman teollisuusjärjestön hallinnassa
- luoda yhtenäinen nimikkeistö erikokoisille pikaliittimille standardin sisällä
- luoda yhtenäinen teollisuusstandardi mitoille ja toleransseille
- tehdä kiinnikkeen jälkiasennuksesta kustannustehokasta vanhoihin ja uusiin työvälineisiin

- sopia rototilittisovelluksiin
- säilyttää kaivinkoneen murtovoima niin hyvin kuin mahdollista
- pikaliittimen sopiminen leveytensä puolesta useimpiin kauhan varsiin asianmukaisilla kokoväleillä
- täysin automaattisten hydrauliliittimien ja sähkökaapeliin asennuksen mahdollistaminen tulevaisuudessa
- saada tuki suurimmalta osalta ruotsalaisista ja pohjoismaisista työvälinevalmistajista.

S-standardi määrittelee 13 erikokoista pikaliitintä, ja ne nimetään liittimiksi S30, S40, S45, S50 ja niin edelleen aina S120:een asti sen mukaan, kuinka suuri on tapin halkaisija. Tämä on merkittynä kuvaan 2. kirjaimella A. [4]









**Kuva 2. S-pikaliitin [7].**

Pikaliitinvalmistajat voivat nimetä tuotteensa S-standardin mukaan, mikäli ne ovat suunniteltu niin, että ne kestävät standardissa ohjeistetut vääntömomentit sekä mitat ovat annettujen toleranssien sisällä. [4] Kuvassa 3. Steelwristin pikakiinnikkeitä, jotka on nimetty S-standardin mukaan.



**Kuva 3. Steelwristin S-pikaliittimiä [6].**

S-pikaliittimien pitää kestää tietty positiivinen- ja negatiivinen vääntömomentti, joka niihin kohdistuu. Positiivinen vääntömomentti tarkoittaa vääntömomenttia akselin ympäri kaivuusuunnassa ja negatiivinen vääntömomentti päinvastaiseen suuntaan. [4] Tietynkokoiset pikaliittimet sopivat tietyn painoluokan työkoneisiin. Voidaan todeta, että mitä suuremmasta pikaliittimestä on kyse, niin sitä suurempi myös koneen täytyy olla. Tämä johtaa myös siihen, että sallittu positiivinen- ja negatiivinen vääntömomentti kasvaa eli kyetään tuottamaan suurempia voimia. Kuva 4. havainnollistaa, miten pikaliittimen koon kasvaessa koneen koko kasvaa.

Kiinnike	S40	S45	S50	S60	S70	S80
Koneen paino min./maks.	2000 - 6500 kg	5000 - 11000 kg	5000 - 11000 kg	10000 - 19000 kg	18000 - 30000 kg	25000 - 40000 kg
Paino	40 kg	95 kg	90 kg	160 kg	255 kg	395 kg
Avauspaine	300 bar	350 bar	350 bar	350 bar	350 bar	350 bar
Lukituspaine min./maks.	30 - 120 bar	30 - 120 bar	30 - 120 bar	30 - 120 bar	30 - 120 bar	30 - 120 bar
Sallittu positiivinen vääntömomentti	35 kNm	65 kNm	65 kNm	150 kNm	300 kNm	600 kNm
Sallittu negatiivinen vääntömomentti	23 kNm	42 kNm	42 kNm	75 kNm	195 kNm	390 kNm
Maksimikuorma nostokoukku	2000 kg	3000 kg	3000 kg	5000 kg	8000 kg	10000 kg
Mitta A, Tapin halkaisija	Ø40 mm	Ø45 mm	Ø50 mm	Ø60 mm	Ø70 mm	Ø80 mm
Mitta B, CC	300 mm	430 mm	430 mm	480 mm	600 mm	670 mm
Mitta C, Leveys	198 mm	288 mm	268 mm	338 mm	448 mm	588 mm
Lataa						

**Kuva 4. Rototiltin S-pikaliittimien teknisiä tietoja [7].**

## 2.2.4 Open-S-standardi

Open-S-standardi on avoin teollisuusstandardi täysin automaattisille pikaliittimille, joka pohjautuu S-standardiin. Open-S-standardi tuli relevantiksi, kun pikaliittimiin tuli tarve saada hydraulisia ja sähköisiä liityntöjä. Open-S-liitinten nimeäminen seuraa samoja lainalaisuuksia kuin S-standardin tapauksessa, jossa esimerkiksi S60-liitin vastaa Open-S-standardin tapauksessa OS60-liitintä, kun taas S70-liitin vastaa OS70-liitintä ja niin edelleen. Suurin ero S- ja OS-liitinten välillä on, että OS-liittimeen on lisätty tietty määrä hydraulisia ja sähköisiä liityntöjä. OS-pikaliittimeen voidaan kiinnittää S-vastakappale, mutta S-pikaliittimeen ei voida normaalisti kiinnittää OS-vastakappaletta. Open-S-standardilla on tiukemmat toleranssit ja materiaalivaatimukset kuin S-standardilla, jolla varmistetaan se, että hydrauliset liittimet sopivat toisiinsa ja näin taataan laitteen vakaa ja luotettava käyttö. [5]

Open-S-standardin tavoitteena on [5]

- varmistaa laitteiden vaihdettavuus ja yhteensopivuus eri valmistajien välillä. Tämä lisää turvallisuutta ja tuottavuutta.
- olla kilpailukykyinen avoin teollisuusstandardi, jota ei ohjaa yksittäinen valmistaja vaan pyritään yhteiseen hyvään
- olla käyttäjäystävällinen standardi, joka vaatii korkeimpia turvallisuusstandardeja kaikilla markkinoilla
- antaa yhtenäiset valmistusstandardit mitoille ja toleransseille yhdistettynä tehokkaaseen tuotantoprosessiin
- sellaisen tuotteen suunnittelu, että on kustannustehokasta jälkiasentaa kiinnikkeitä uusiin ja käytettyihin työvälineisiin.

Open-S-liittoumaan kuuluu yrityksiä, jotka ovat tehneet päätöksen noudattaa Open-S-standardissa määriteltyjä vaatimuksia. Vaatimukset kohdistuvat yritysten tuotteisiin, joiden täytyy noudattaa standardissa määriteltyjä mittoja ja toleransseja sekä materiaalivaatimuksia. Nämä tuotteet merkataan yksilöllisellä Open-S merkinnällä, joka helpottaa siten yhteensopivien tuotteiden löytämistä. Työmaaturvallisuus on tärkeää liittoumalle ja yritykset, jotka ovat osa liittoumaa, sitoutuvat myös edellä mainittuihin alan standardeihin esimerkiksi ISO-13031-standardiin ja EN-474-standardiin. Liittouman yritykset osallistuvat aktiivisesti työryhmiin esimerkiksi ISO/TC 127, jolla taataan, että liittouman yritykset pysyvät edelläkävijänä pikaliittimien ja työvälineiden turvallisuusasioissa. Jokainen valmistaja on itse vastuussa tuotteensa CE-merkinnästä, mikäli siihen on tarvetta. Markkinoilta löytyy myös tuotteita, jotka eivät ole osa Open-S-liittoumaa, mutta ovat kuitenkin yhteensopivia Open-S-tuotteiden kanssa. Tämän

tapaisessa tilanteessa tuotteiden yhteensopivuus ja toiminnallisuus täytyy testata huolellisesti. [5]

## 2.3 Katsaus työkoneiden automaattisiin pikaliittimiin

Automaattisen pikaliittimen (Kuva 5.) tarkoituksena on mahdollistaa työkalunvaihto siten, että kaivinkoneen ohjaajan ei tarvitse nousta ohjaamosta. Työkalunvaihto onnistuu valmistajasta riippumatta muutamissa sekunneissa. Vaihdon yhteydessä tapahtuu automaattisesti myös kaivinkoneen ja työvälineen väliset liittynät muun muassa hydraulikan ja sähköjen osalta. Automaattisen työkalunvaihdon myötä kaivinkoneen turvallisuus ja tuottavuus parantuvat. Automaattisia pikaliittimiä on tarjolla useammalta valmistajalta.



**Kuva 5. Rototiltin QuickChange-pikaliitin [8].**

Automaattisten pikaliittinten valmistajat tarjoavat pikakiinnitysjärjestelmiä. Esimerkiksi Rototilt tarjoaa täysin automaattista pikakiinnitysjärjestelmää nimeltään QuickChange, joka mahdollistaa hydraulisten ja mekaanisten työlaitteiden vaihdon täysin hytistä käsin [8]. Steelwrist SQ on taas Steelwristin tarjoama täysautomaattinen pikakiinniketeknologia [6]. Näiden lisäksi esimerkiksi Engcon tarjoaa automaattisen pikakiinnikejärjestelmän nimeltään EC-Oil [11].

### 2.3.1 Turvallisuus

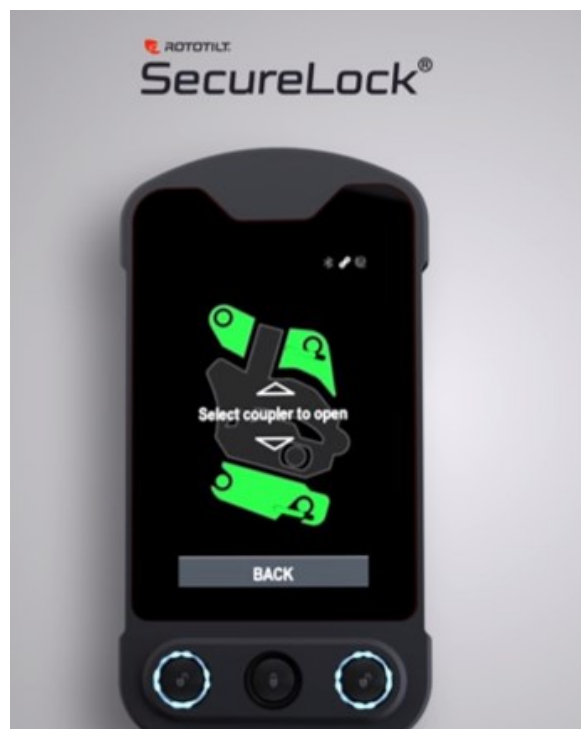
Kaikkien yllä mainittujen pikaliitinvalmistajien järjestelmiin ja tuotteisiin kuuluu omat turvateknologiansa. Rototiltin QuickChange-liittimiin kuuluu SecureLock-turvalukko, joka varmistaa, että kiinnike ja työlaite ovat oikein kiinnitettynä [8]. Steelwristin SQ

-pikaliittimissä on patentoitu Front Pin Lock- teknologia (FPL), jotta varmistetaan, ettei kauha tai työkalu irtoa ennen kuin etutappi on kytketty oikein [6]. Engconin pikaliittimessä on nelinkertaiset turvaominaisuudet [11]:

1. Molempien tappien kytkeytymistä valvotaan elektronisesti.
2. Hydraulisynterin avautumislake estetään takaiskuventtiilin avulla.
3. Jouset pitävät kiinnikkeen lukittuna, vaikka hydraulikka tai elektroniikka ei toimisi.
4. Työlaite pysyy kiinnikkeessä ainutlaatuisen muodon ansiosta, vaikka muut turvatoiminnot pettäisivät.

### 2.3.2 Ohjaus

Automaattista pikaliitintä ja siihen kiinnitettäviä laitteita on pystyttävä ohjaamaan ja seuraamaan jollakin tapaa, ja se onnistuu kaivinkoneen hyttiin asennettavan ohjauspaneelin kautta.



**Kuva 6. SecureLock-käyttöliittymä [9].**

Kuvassa 6. olevan Rototiltin SecureLock- käyttöliittymän avulla voidaan operoida haluttua pikaliitintä ja nähdään, missä tilassa laite milloinkin on, eli milloin pikaliitin on auki ja milloin se on sulkeutumassa. Näytöllä näkyvän informaation lisäksi operaattori saa koko ajan tietoa laitteen tilasta äänimerkein. Näiden lisäksi järjestelmä ilmoittaa milloin laitteisto tarvitsee huoltotoimenpiteitä. [9]



Steelwristin pikakiinnikkeen ohjauspaneelin (kuva 7.) avulla hallitaan mm. pikaliittimen avausta ja lukitusta sekä SQ-kiinnikkeiden paineenalennusta ja vapaa paluulinjan venttiiliä, kun vaihdetaan yksitoimisen ja kaksitoimisen hydraulikan välillä. [10]



**Kuva 7. Steelwristin ohjauspaneeli [6].**

Engcon on lanseerannut QSC-työlaitelukitusjärjestelmän, jonka tavoitteena on minimoida riski väärän painikkeen tai toiminnon aktivoimiselle [12]. Riski minimoidaan siten, että oikean painikkeen kohdalle syttyy valo [13]. Järjestelmän ohjauspaneelissa (kuva 8.) on erilliset kytkimet sekä kaivinkoneen työlaitekiinnikkeen että rototiltin puomikiinnikkeen aktivoimiseksi. [12]

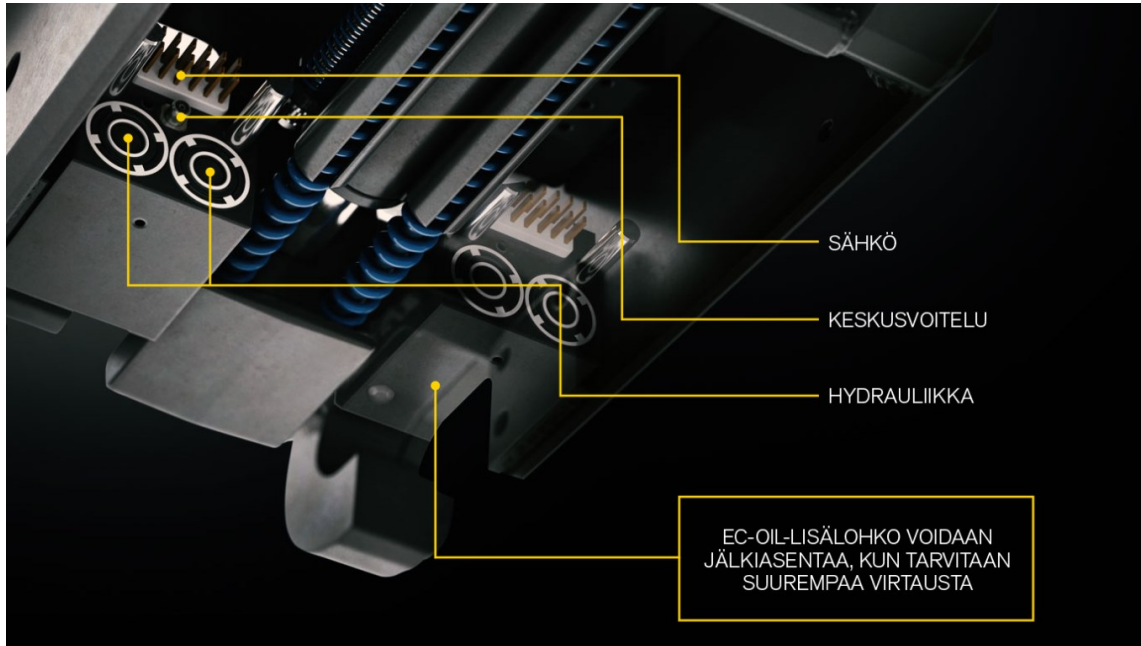


**Kuva 8. QSC-ohjauspaneeli [12].**

QSC mahdollistaa useampien täyshydraulisten ja automaattisten markkinoilla olevien työlaitekiinnikkeiden ohjaamisen. Kauhan putoamisen riski on minimoitu siten, että sen voi irrottaa vasta, kun se lepää maata vasten tietyllä painolla. [12] Tämä toiminnallisuus on toteutettu pintapaineanturin avulla [13].

### 2.3.3 Rakenne

Automaattisten pikaliitinten rakenne voi vaihdella riippuen valmistajasta, mutta niitä yhdistää esimerkiksi se, että niiden on päästettävä lävitseen hydrauliöljyvirtausta. Tämä voidaan toteuttaa eri tavoin, mutta mikäli halutaan, että eri valmistajien tuotteet sopivat yhteen toistensa kanssa, niin rakenteiden täytyy olla silloin yhteensopivia keskenään. Tämä yhteensopivuus voidaan taata mm. noudattamalla Open-S-standardia. [5]



**Kuva 9. Engconin pikaliitin alapuolelta kuvattuna [35].**

Kuvassa 9. nähdään Engconin pikaliittimen alapuoli ja siellä olevat EC-Oil-lohkot. Hydraulineeste, keskusvoitelu sekä sähkövirta kulkevat lohkon avulla kaivinkoneelta pikaliittimen kautta työväliselelle ja takaisin. Pikaliittimeen voidaan asentaa lisälohko niin kuin kuvassa on kerrottu, mikäli tarvitaan suurempaa virtausta.



**Kuva 10. Engconin EC-Oil sovituslevy [36].**

Kuvassa 10. oleva tai samantapainen sovitusslevy voidaan asentaa kaikenlaisiin hydraulisiin työlaitteisiin, ja mikäli tarvitaan suurempaa hydraulivirtausta, niin on mahdollista asentaa toinen EC-Oil lohko jo olemassa olevan viereen. [36]



**Kuva 11. Rammer-adapteri [41].**

Kuvan 11. mukainen adapteri voidaan kiinnittää Rammer-yrityksen hydraulivasaraan. Automaattinen pikaliitin yhdessä adapterin kanssa mahdollistavat hydraulivasaran vaihdon toiseen työkaluun, esimerkiksi kauhaan, vaivattomasti poistumatta ohjaamosta. Rammer-adapteri on suunniteltu yhdessä Steelwristin kanssa ja se on yhteensopiva Open-S-standardia noudattavien täysin automaattisten pikaliitinten kanssa. [42]



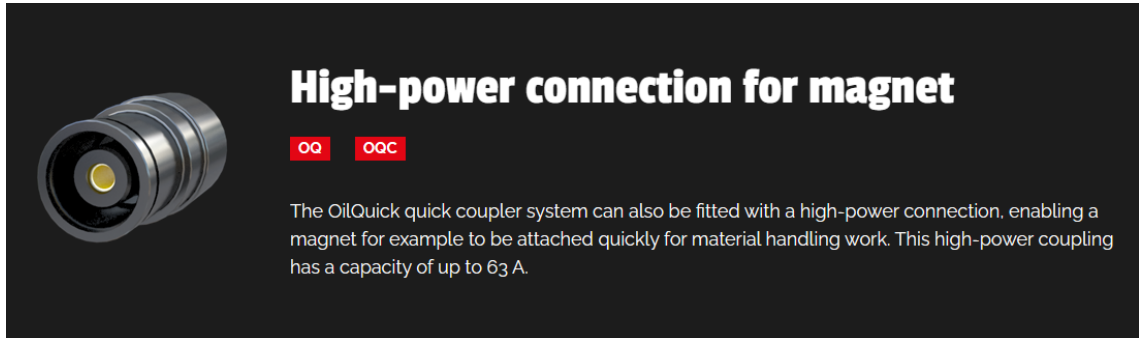
**Kuva 12. Pikakiinnikkeen liittäminen työvälineeseen [37].**

Kuvassa 12. nähdään Oilquickin pikakiinnike, joka on kiinnittymässä työvälineeseen. Pikakiinnikkeen alapuolella on anturit, jotka mahdollistavat kiinnittymisen ja lukkiutumisen. Työvälineessä nähdään erilaisia liittimiä, jotka mahdollistavat eri tehomuotojen kulkeutumisen työkoneelta pikaliittimen kautta työvälineelle.



**Kuva 13. Erilaisia liittimiä [37].**

Erlaisia liittimiä ovat mm. hydraulinen liitin ohjainmutterilla, voiteluliitin ja sähköliitin. Kuvassa 13. ylimpänä oleva hydraulinen liitin selviytyy suurista virtauksista sekä painepiikeistä ja mahdollistaa näin esimerkiksi vasaran, murskaimen ja saksien käytön. Hydraulinen liitin jakelee öljyn ja rasvan lisäksi myös vettä ja ilmaa. Voiteluliittimen avulla taas toteutetaan työväliseen voitelu. Sähkön kulun mahdollistaa V90 sähköliitin, joka on saatavilla lisävarusteena Oilquickin pikaliitinjärjestelmään. [37]



**Kuva 14. Suuritehoinen liitäntä [38].**

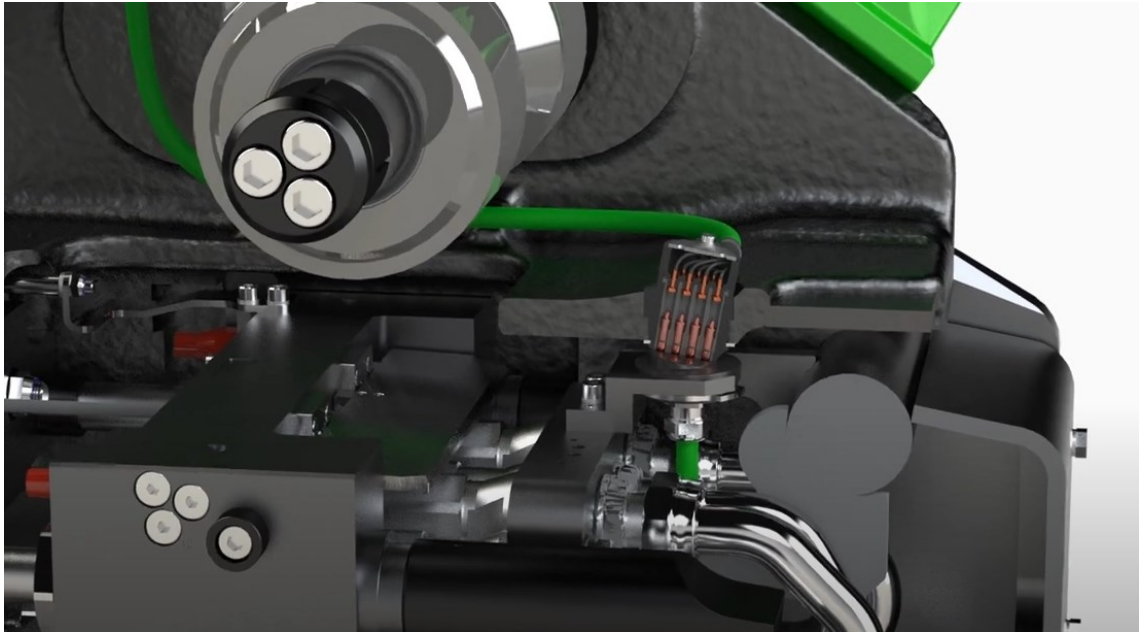
Kuvassa 14. oleva suuritehoinen liitin mahdollistaa magneetin käytön pikaliitinjärjestelmässä [38].



**Kuva 15. Steelwrist SQ-pikakiinnikejärjestelmä [39].**

Kuvassa 15. nähdään Steelwristin SQ-pikakiinnike kiinnittymässä työlaitteeseen. Tässä tapauksessa pikakiinnikkeen ja työlaitteen välillä on viisi liityntää, joiden kautta mm. hydrauliohjainvirtaus kulkee työkoneen ja työlaitteen välillä. Kuvassa 15. näkyy myös sähköinen V14-liitin, joka mahdollistaa tilitraattorin käytön lisäksi erillisten työlaitteiden sekä koneenohjausjärjestelmään liittyvien laitteiden kytkemisen. [39] Steelwristin SQ

-pikakiinnikkeet noudattavat Open-S-standardia, joka mahdollistaa niiden kytkemisen muiden Open-S-standardia noudattavien tuotemerkkien kanssa [43].



**Kuva 16. Steelwrist V14-liitin kytkettynä [40].**

Kuvassa 16. nähdään V14-liitin kytkettynä SQ-pikakiinnikkeen sekä työlaitteen välillä. V14-liitin takaa hyvän yhteyden laajan kontaktipinnan takia. Lisäksi liitin puhdistaa itse itsensä, koska liittimen kontaktipinnat liukuvat vastakkain kytkeytyessään. [39]

### 3. HYDRAULITEHON MUUTTAMINEN MUUHUN TEHOMUOTOON

Hydraulisten ja mekaanisten työvälineiden lisäksi kaivinkoneisiin voidaan liittää myös muita tehomuotoja tarjoavia työvälineitä ja tämä onnistuu esimerkiksi Dynaset-nimisen yrityksen tuotteiden avulla. Liikkuvan työkoneen hydrauliteho kyetään muuttamaan Dynasetin hydraulilaitteiden avulla esimerkiksi korkeapainevedeksi, magneettitehoksi tai alipaineeksi. [14] Tämä lisää entisestään liikkuvan työkoneen monikäyttöisyyttä.

#### 3.1 Dynasetin toimintaperiaate

Dynasetin toiminta perustuu PV-SAE-prioriteettiventtiin, jonka avulla kyetään muodostamaan uusi hydraulilinja työkoneen olemassa olevasta hydraulijärjestelmästä hydraulista lisälaitetta varten. Prioriteettiventtiili mahdollistaa sen, että hydraulista lisälaitetta ja koneen hydraulisia perustoimintoja voidaan käyttää samanaikaisesti. [15]

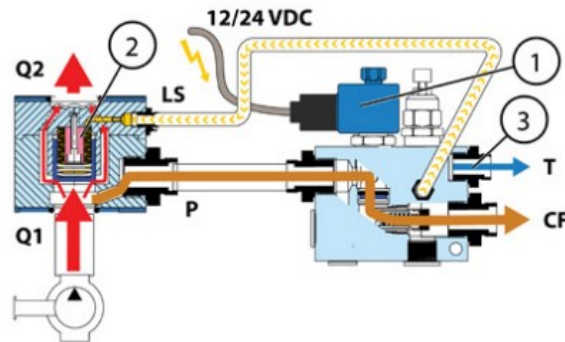
Dynasetin PV-SAE-venttiili (Kuva 17.) rakentuu useammasta komponentista. Siihen kuuluu PC-SAE-painevaaka ja LSV-venttiili, johon kuuluu solenoidiventtiili 12/24V, paineenrajoitusventtiili ja paineenalennusventtiili. Lisäksi kokoonpanoon kuuluu painelinjan letku sekä LS-linjan letku. [16]



**Kuva 17. PV-SAE-venttiili [22].**

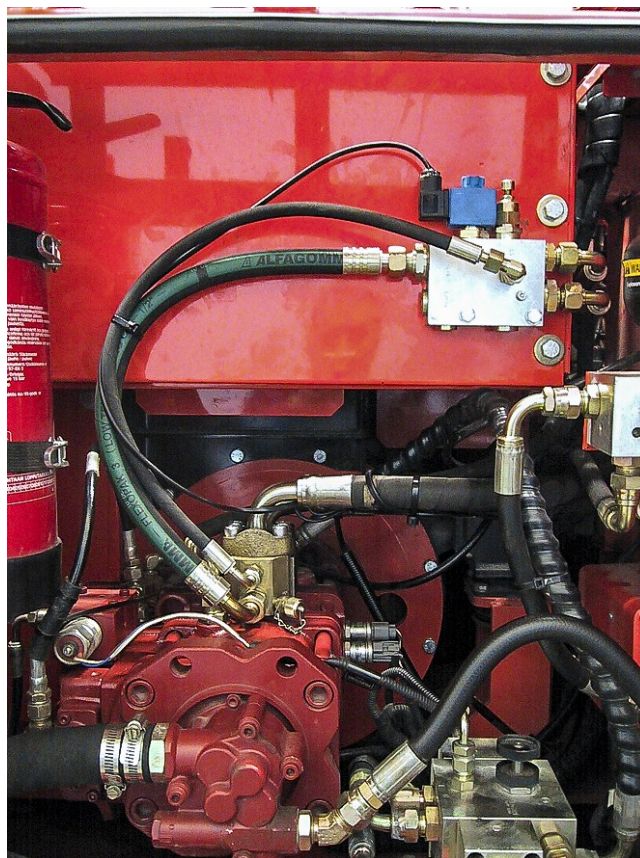
Dynasetin PV-SAE-venttiin toiminta (Kuva 18.) perustuu seuraavanlaisiin tapahtumiin. Solenoidiventtiili (Kuva 18, numero 1.) avautuu, jolloin priorisoitu ohjausvirtaus (CF) ohjataan käynnistämään hydraulilaitte. CF-virtaus saadaan otettua työkoneen ensisijaisesta hydraulijärjestelmästä "varastamalla". CF-virtauksen ohjaus tapahtuu LS-paineen avulla, joka tasaa virtauksen oikealle tasolle (Kuva 18, numero 2.).

Hydraulilaitetta suojataan paineenalennusventtiiliin avulla, joka avautuu paineen noustessa liian korkeaksi ja näin virtausta pääsee tankkiin (Kuva 18, numero 3.). CF-virtaus katkeaa, kun solenoidiventtiili suljetaan. Tämän jälkeen päävirtaus pumpulta pysyy muuttumattomana ja täysi hydraulijyvirtaus on koko järjestelmän käytössä. [16]



**Kuva 18. PV-SAE-venttiili toiminnassa [16].**

PV-SAE-venttiili voidaan asentaa (Kuva 19.) useampaan erilaiseen hydraulijärjestelmään. Yleisimpiä järjestelmiä ovat avoimen keskiasennon hydraulijärjestelmä säätötilavuuspumpulla, suljetun keskiasennon hydraulijärjestelmä säätötilavuuspumpulla sekä hydraulijärjestelmä vakio-tilavuuspumpulla. [16]



**Kuva 19. PV-SAE-venttiili asennettuna [23].**



## 3.2 Mahdollisuudet

Dynaset tarjoaa kaivinkoneelle useampia erilaisia laitteita, jotka hyödyntävät toiminnassaan työkoneelta ”varastettua” hydraulitehoa ja muuttavat sen toiseen tehomuotoon. Käydään läpi tehomuotoja, joihin hydraulitehoa voidaan muuttaa sekä millaisia sovelluksia näihin sisältyy.

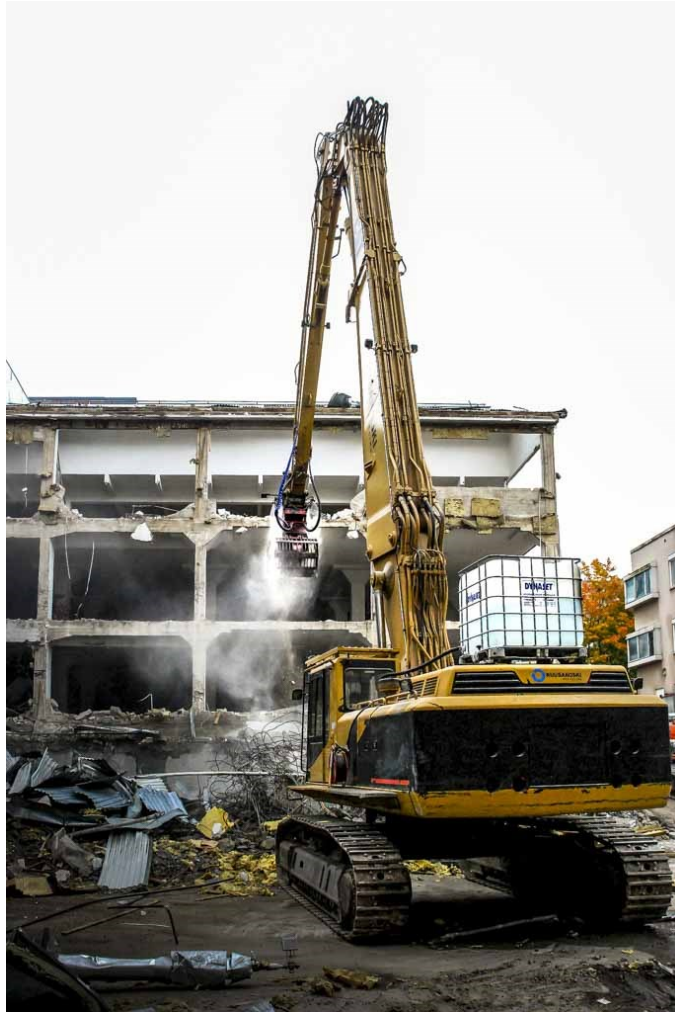
### 3.2.1 Korkeapainevesi

Hydraulisen korkeapainevesipumpun (Kuva 20.) avulla kaivinkoneen hydraulitehoa voidaan muuttaa korkeapaineiseksi vedeksi eri käyttötarkoituksiin. Korkeapainevesipumpun säätö onnistuu lineaarisesti säätämällä hydraulivirtausta. [17]



**Kuva 20. Korkeapainevesipumppu [25].**

HPW-DUST Korkeapainepölynsidontajärjestelmä on liikkuviin työkoneisiin tarkoitettu pölynhallintajärjestelmä. Sen tarkoituksena on sitoa pölyä ja estää pölyn leviäminen ympäristöön tuottamalla pienipisaraista vesisumua. Sitä käytetään kaivinkoneissa muun muassa purkutöissä. [18] HPW-DUST-järjestelmä on tarkka, koska vesisuuttimet asennetaan suoraan työkaluun tai kaivinkoneen puomin päähän. Vesisumu saadaan kohdistettua suoraan pölyä tuottavaan kohteeseen ja tämän ansiosta vesisumu pysyy paikallisena eikä leviä koko työmaan ylle ja sen ympäristöön. [19]



**Kuva 21. HPW-DUST-järjestelmä käytössä [24].**

Kuvassa 21. nähdään kaivinkone purkutyömaalla, joka käyttää HPW-DUST-järjestelmää. Käytettävä vesi saadaan kuvan 21. tapauksessa kaivinkoneeseen kiinnitetystä vesitankista.

### **3.2.2 Magneettiteho**

Hydraulisen magneettigeneraattorin (Kuva 22.) avulla hydraulitehoa voidaan muuttaa tasavirtasähköksi, jota nostomagneetti käyttää. Magneettigeneraattoria ohjataan joko sähköisesti tai hydraulisesti. Magneettigeneraattoriin on mahdollisuus saada lisävarusteena DSMART-mobiilisovellus, jonka kautta magneettigeneraattoria voidaan seurata ja säätää. [27]



**Kuva 22. Hydraulinen magneettigeneraattori [26].**

Hydraulisella magneettigeneraattorilla tuotettua tasavirtasähköä käytetään nostomagneetilla sen magnetointiin ja vastamagnetointiin. Dynasetilla on tarjolla kaksi erilaista magneettilaitetta. MAG Nostomagneetin (Kuva 23.) tapauksessa hydraulinen magneettigeneraattori asennetaan esimerkiksi kaivinkoneen runkoon ja sieltä sähköteho vietään nostomagneetille.



**Kuva 23. MAG Nostomagneetti [28].**

HMAG Pro Hydraulimagneettiin on integroitu magneettigeneraattori, jonka ansiosta se toimii plug-and-play-tyyppisesti. Sitä on helppo siirrellä työkoneesta toiseen eikä tällöin työkoneessa tarvitse olla erillistä magneettigeneraattoria. [29] Hydraulioiljyvirtaus vietään työkoneelta suoraan magneettigeneraattorille, joka on sinisen teräsrakenteen

suojassa (Kuva 24.). HMAG Pro Hydraulimagneetti on mahdollista kiinnittää kaivinkoneeseen suoraan pikaliittimen avulla.



**Kuva 24. HMAG Pro Hydraulimagneetti kiinni pikaliittimessä [30].**

Magneettitehoa voidaan hyödyntää erilaisissa työtehtävissä esimerkiksi romun ja metallin keräys-, kierrätys ja kuljetustöissä, metallien lajittelussa tai rautateiden ja piennarten puhdistuksessa. [31]

### 3.2.3 Alipaine

Työkoneen hydraulitehoa kyetään muuttamaan alipainetta hyödyntäen ilmavirtaukseksi, jota voidaan käyttää imu- sekä puhallussovelluksiin. Esimerkiksi tuulen levittämät rojut ja jätteet voidaan kerätä tehokkaasti työmailta ja tämä tekee myös niiden lajittelusta paljon helpompaa, koska mukaan ei kerry soraa, betonia tai rautaa. [32]



**Kuva 25. HRVB Hydraulinen kierrätysimukauha kaivinkoneessa [33].**

Dynasetin HRVB Hydraulinen kierrätysimukauha (Kuva 25.) voi toimia sekä imurina että puhaltimena. Imuluukkaa kyetään säätämään tarkkaan, ja eri käyttötarkoituksiin on tarjolla erilaisia erikoissuodatinpusseja. Lisäksi kierrätysimukauha voidaan liittää pikaliittimeen. [34]

## 4. YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää kaivinkoneisiin ja niiden pikaliittimiin liittyvät vaatimukset. Lisäksi tarkoituksena oli ottaa selvää, millaisia automaattisia pikaliittimiä eri valmistajilla on tarjolla ja miten ja millaisiin tehomuotoihin kaivinkoneen hydraulitehoa kyetään muuttamaan. Pikaliittimet ja niiden toiminta sekä hydraulitehon muuttaminen muuhun muotoon liittyvät kiinteästi kaivinkoneen monikäyttöisyyteen.

Alussa käytiin läpi pikaliittimiin liittyviä vaatimuksia yleisellä tasolla ja lisäksi lähestyttiin niitä erilaisten standardien kautta. Yleisesti pikaliittimiltä vaaditaan, että ne ovat turvallisia, kestäviä, monipuolisia ja tuottavia. Lisäksi niiden täytyy olla nykypäivänä myös ympäristöystävällisiä.

Yleisten vaatimusten lisäksi standardit asettavat pikaliittimille erilaisia vaatimuksia. ISO 13031:2016 -standardi ja EN-474-5:2022-standardi asettavat pikaliittimelle suunnittelukriteerejä ja turvallisuusvaatimuksia. Molemmat standardit siis pyrkivät siihen, että pikaliittimen käyttö on mahdollisimman turvallista ja esimerkiksi putoamisen mahdollisuus kiinnittymisen ja lukkiutumisen yhteydessä on minimoitu. S-standardi ja Open-S-standardi ovat teollisuusstandardeja. Molempien standardien tavoitteena on taata se, että näitä standardeja noudattavien valmistajien tuotteet ovat yhteensopivia keskenään. S-standardi keskittyy enemmän pikaliittimiin, joissa ei ole hydraulisia eikä sähköisiä liityntöjä eli se asettaa pääasiassa erilaisia mittoja ja toleransseja pikaliittimille. Open-S-standardi täydentää S-standardia ja ottaa huomioon automaattiset pikaliittimet, joissa on hydraulisia sekä sähköisiä liityntöjä. Sekä S-standardi että Open-S-standardi ovat sitoutuneet noudattamaan yllä mainittuja ISO 13031- ja EN-474-standardeja.

Standardien käsittelemisen jälkeen otettiin katsausta automaattisiin pikaliittimiin. Automaattinen pikaliitin siis mahdollistaa työkalunvaihdon kaivinkoneeseen automaattisesti eli siten, että koneen kuljettajan ei tarvitse nousta ohjaamosta. Automaattisen kiinnittymisen ja lukkiutumisen lisäksi esimerkiksi pikaliittimen ja työvälineen väliset hydrauliset ja sähköiset liitynnät tapahtuvat niin ikään automaattisesti.

Automaattisten pikaliittinten valmistajat tarjoavat omia pikakiinnitysjärjestelmiään ja näihin kuuluu omat turvateknologiansa. Kaikkien näiden päätavoitteena on se, että pikaliittimen käyttö on kokonaisuudessaan mahdollisimman turvallista. Suurin turvallisuusriski on työvälineen vaihdon yhteydessä eli kaikki valmistajat ovat panostaneet pikaliittimen ja työvälineen kiinnittymiseen ja lukkiutumiseen, jotta työvälineen putoamisen mahdollisuus on minimoitu. Automaattista pikaliittintä ja sen

toimintoja ohjataan ja seurataan hyttiin asennettavan ohjauspaneelin kautta. Automaattisten pikaliitinten rakenne ja niissä olevat liittimet mahdollistavat automaattisen työkalunvaihdon ja sen, että niiden lävitse pääsee esim. hydraulivirtausta ja sähköä.

Automaattisten pikaliitinten jälkeen käsiteltiin hydraulitehon muuttamista muuhun tehomuotoon Dynasetin tuotteiden avulla. Kaivinkoneen omaa hydraulitehoa kyetään muuttamaan Dynasetin hydraulilaitteiden avulla erilaisiksi tehomuodoiksi esimerkiksi korkeapainevedeksi, magneettitehoksi tai alipaineeksi. Toiminta perustuu PV-SAE -prioriteettiventtiiliin, joka muodostaa uuden hydraulilinjan koneen olemassa olevasta hydraulijärjestelmästä ja ohjaa hydrauliohjauksen Dynasetin hydraulilaitteelle, joka sitten muuttaa sen toiseen tehomuotoon.

Työn aikana onnistuttiin selvittämään pikaliittimiin liittyviä vaatimuksia, millaisia automaattisia pikaliittimiä on tarjolla ja miten ja mihin tehomuotoihin kaivinkoneen hydraulitehoa kyetään muuttamaan. Jatkokehityskohteita voisi olla esimerkiksi automaattisen pikaliittimen rakenteen tutkiminen tarkemmin.

# LÄHTEET

- [1] Earth-moving machinery —Quick couplers — Safety, the International Organization for Standardization, ISO 13031:2016.
- [2] Hydraulic Quick Coupler, Geith, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 21.3.2023): <https://www.geith.com/en/product/hydraulic-quick-coupler/>
- [3] Earth-moving machinery. Safety. Part 5: Requirements for hydraulic excavators = Maansiirtokoneet. Turvallisuus. Osa 5: Vaatimukset hydraulisille kaivukoneille, Suomen Standardoimisliitto, SFS-EN 474-5:2022:en.
- [4] Symmetrical Quick Couplers for Excavators, Standardization by Maskinleverantörerna. Saatavissa (viitattu 20.4.2023): <https://opens.org/wp-content/uploads/2020/10/symmetrical-quick-couplers-for-excavators-june-2011-edition.pdf>
- [5] The open industry standard for fully automatic quick couplers, Standardization by the Open-S Alliance. Saatavissa (viitattu 20.4.2023): [https://opens.org/wp-content/uploads/2021/05/open-s-couplers-for-excavators-2021-05-20\\_b.pdf](https://opens.org/wp-content/uploads/2021/05/open-s-couplers-for-excavators-2021-05-20_b.pdf)
- [6] Pikakiinnikkeet, Steelwrist, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 21.4.2023): <https://steelwrist.com/fi/tuotekatsaus/pikakiinnike/>
- [7] S-pikaliittimet, Rototilt, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 21.4.2023): <https://www.rototilt.com/fi-fi/tuotteet/pikaliittimet/s-pikaliittimet/>
- [8] QuickChange-pikaliittimet, Rototilt, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 1.10.2023): <https://www.rototilt.com/fi-fi/tuotteet/pikaliittimet/quickchange-pikaliittimet/>
- [9] Rototilt SecureLock, Rototilt, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 1.10.2023): <https://www.rototilt.com/fi-fi/tuotteet/securelock/>
- [10] Pikakiinnikkeen ohjauspaneeli, Steelwrist, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 1.10.2023): <https://steelwrist.com/fi/pikakiinnikkeen-ojauspaneeli/>
- [11] Automaattinen S40-S80, Engcon, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 1.10.2023): [https://engcon.com/fi\\_fi/tyolaitekiinnikkeet/automaattinen.html](https://engcon.com/fi_fi/tyolaitekiinnikkeet/automaattinen.html)
- [12] QSC, Lukitusjärjestelmä, Engcon, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 1.10.2023): [https://engcon.com/fi\\_fi/lisavarusteet/qsc.html](https://engcon.com/fi_fi/lisavarusteet/qsc.html)
- [13] QSC-lukitusjärjestelmä, Engcon, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 1.10.2023): <https://engcon.com/fifi/lisavarusteet/qsc.4.35181031174afa8d949db3.html>
- [14] Hydrauliiikan voimalla, Dynaset, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 1.10.2023): <https://dynaset.com/fi/>
- [15] Asennusventtiilit, Dynaset, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 16.10.2023): <https://dynaset.com/fi/tuote/asennusventtiilit/>
- [16] Asennusohje asennusventtiilit, PV-SAE 3/4" - 1 1/4", Dynaset.



- [17] HPW Hydraulinen korkeapainevesipumppu, Dynaset, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 16.10.2023): <https://dynaset.com/fi/tuote/hpw-hydraulinen-korkeapainevesipumppu/>
- [18] HPW-DUST Korkeapaine-pölynsidontajärjestelmä, Dynaset, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 16.10.2023): <https://dynaset.com/fi/tuote/hpw-dust-korkeapaine-polyinsidontajarjestelma/>
- [19] Unohda vesitykit pölynsidonnassa – 5 syytä valita HPW-DUST, Dynaset, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 16.10.2023): <https://dynaset.com/fi/unohda-vesitykit-polyinsidonnassa-5-syyta-valita-hpw-dust/>
- [20] Automatic / Robotic Tool Changers, ATI Industrial automation, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 16.10.2023): [https://www.atia.com/products/toolchanger/robot\\_tool\\_changer.aspx](https://www.atia.com/products/toolchanger/robot_tool_changer.aspx)
- [21] The Material Handling Blog, Bastian solutions, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 16.10.2023): <https://www.bastiansolutions.com/blog/robot-eoat-tool-changers-how--where-they-are-used/>
- [22] Asennusventtiilit, Dynaset, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 30.10.2023): <https://dynaset.com/fi/tuote/asennusventtiilit/#gallery-1>
- [23] Asennusventtiilit, Dynaset, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 30.10.2023): <https://dynaset.com/fi/tuote/asennusventtiilit/#gallery-6>
- [24] HPW-DUST Korkeapaine-pölynsidontajärjestelmä, Dynaset, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 30.10.2023): <https://dynaset.com/fi/tuote/hpw-dust-korkeapaine-polyinsidontajarjestelma/#gallery-12>
- [25] HPW Hydraulinen korkeapainevesipumppu, Dynaset, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 30.10.2023): <https://dynaset.com/fi/tuote/hpw-hydraulinen-korkeapainevesipumppu/#gallery-1>
- [26] HMG Pro Hydraulinen magneettigeneraattori, Dynaset, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 6.11.2023): <https://dynaset.com/fi/tuote/hmg-pro-hydraulinen-magneettigeneraattori/#gallery-1>
- [27] HMG Pro Hydraulinen magneettigeneraattori, Dynaset, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 6.11.2023): <https://dynaset.com/fi/tuote/hmg-pro-hydraulinen-magneettigeneraattori/>
- [28] MAG Nostomagneetti, Dynaset, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 14.11.2023): <https://dynaset.com/fi/tuote/mag-nostomagneetti/#gallery-3>
- [29] HMAG Pro Hydraulimagneetti, Dynaset, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 14.11.2023): <https://dynaset.com/fi/tuote/hmag-pro-hydraulimagneetti/>
- [30] DYNASET HMAG PRO 900-34-K HYDRAULIMAGNEETTI, Realmachinery, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 14.11.2023): <https://www.realmachinery.fi/tarjouskoneet/dynaset/HMAG-PRO-900-34-K-HYDRAULIMAGNEETTI>
- [31] Magneettiteho, Dynaset, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 22.11.2023): <https://dynaset.com/fi/tuotteet/magneettiteho/>

- [32] Alipaine, Dynaset, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 22.11.2023): <https://dynaset.com/fi/tuotteet/alipaine/>
- [33] HRVB Hydraulinen kierrätysimukauha, Dynaset, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 22.11.2023): <https://dynaset.com/fi/tuote/hrvb-hydraulinen-kierratyskauha/#gallery-7>
- [34] HRVB Hydraulinen kierrätysimukauha, Dynaset, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 22.11.2023): <https://dynaset.com/fi/tuote/hrvb-hydraulinen-kierratyskauha/>
- [35] EC-OIL – AUTOMAATTINEN PIKAKIINNIKEJÄRJESTELMÄ, Engcon, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 22.11.2023): [https://engcon.com/fi\\_fi/lisavarusteet/automaattinen-pikakiinnikejarjestelma-ec-oil.html](https://engcon.com/fi_fi/lisavarusteet/automaattinen-pikakiinnikejarjestelma-ec-oil.html)
- [36] Sovituslevyt EC-Oil, Engcon, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 22.11.2023): [https://engcon.com/fi\\_fi/lisavarusteet/sovituksetlevyt-ec-oil.html](https://engcon.com/fi_fi/lisavarusteet/sovituksetlevyt-ec-oil.html)
- [37] Improve your machine be better, Oilquick. Saatavissa (viitattu 22.11.2023): <https://www.oilquick.com/media/cclhv4xp/broschyr-oq-fin-web.pdf>
- [38] OQ, Oilquick, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 22.11.2023): <https://www.oilquick.com/en/products/oq/>
- [39] V14, Steelwrist, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 10.1.2024): <https://steelwrist.com/fi/tuotteet/lisavarusteet/v14/>
- [40] Steelwrist V14 Electrical Connector, Steelwrist AB. Saatavissa (viitattu 10.1.2024): <https://www.youtube.com/watch?v=Ki-w447kAWU>
- [41] SQ80, Rammer, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 13.1.2024): <https://www.rammer.com/en/aftermarket/parts/adapter-plates/sq80/>
- [42] Rammer adapter plates for fast and easy attachment changeouts, Australian Mining, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 13.1.2024): <https://www.australianmining.com.au/rammer-adapter-plates-for-fast-and-easy-attachment-changeouts/>
- [43] Steelwrist SQ, Täysautomaattiset pikakiinnikkeet, Steelwrist. Saatavissa (viitattu 14.1.2024): [https://steelwrist.com/wp-content/uploads/SQ\\_Brochure\\_2021\\_FI\\_low.pdf](https://steelwrist.com/wp-content/uploads/SQ_Brochure_2021_FI_low.pdf)