Mikko Mulari

PCD –TERIEN TUNNETTAVUUS, KÄYTTÖ JA TYÖSTÖOMINAISUUDET KOVAMETALLITERIIN VERRATTUNA PUUTUOTETEOLLISUUDESSA SUOMESSA

Opinnäytetyö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto
Teknologiaosaamisen johtaminen
Kevät 2013

KAJAANIN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ
TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	Koulutusohjelma Teknologiaosaamisen johtaminen, insinööri (ylempi AMK)
Tekijä(t) Mikko Mulari	
Työn nimi PCD –TERIEN TUNNETTAVUUS, KÄYTTÖ JA TYÖSTÖOMINAISUUDET KOVAMETALLITERIIN VERRATTUNA PUUTUOTETEOLLISUUDESSA SUOMESSA	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot	Ohjaaja(t) TkL Eero Pikkarainen
	Toimeksiantaja Iisalmen Teräpalvelu Ky
Aika Kevät 2013	Sivumäärä ja liitteet 41 + 7

PCD (Polycrystalline Diamond) on kehitetty vastaamaan teollisuuden kuluttavien materiaalien työstämisen terille asettamiin vaatimuksiin. PCD –terien käyttö on lisääntynyt viime vuosina puutuoteteollisuudessa. Myös terien saatavuus on parantunut ja hinnat alentuneet. Tässä tutkimuksessa selvitetään kuinka laajalti PCD –terät ovat tunnettuja puutuoteteollisuuden yrityksissä, mitä PCD –teriä yrityksillä on käytössä, mitä materiaaleja PCD –terillä työstetään, kuinka hyvinä määrättyjä PCD –terien työstöominaisuuksia pidetään vastaaviin kovametalliterien ominaisuuksiin verrattuna ja kuinka hyvin PCD –teriä ja niiden huoltoa on saatavilla. Tutkimus toteutetaan loppukäyttäjän näkökulmasta.

Kieli	Suomi
Asiasanat	PCD, kovametalli, työstö, terät
Säilytyspaikka	☒ Verkkokirjasto Theseus ☐ Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

KAJAANIN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
ABSTRACT

School	Degree Programme
Kajaani University of Applied Sciences	Master's Degree Programme in Technology Competence Management
Author(s) Mikko Mulari	
Title RECOGNIZABILITY AND USAGE OF PCD BLADES AND THEIR MACHINING QUALITIES COMPARED TO HARD METAL BLADES IN WOODWORKING INDUSTRY OF FINLAND	
Optional Professional Studies	Instructor(s) Eero Pikkarainen
	Commissioned by Iisalmen Teräpalvelu Ky
Date Spring 2013	Total Number of Pages and Appendices 41 + 7

PCD (Polycrystalline Diamond) is an innovation of blade industry to increase durability of blades in machining of hard materials. PCD blades have become more common in woodworking in past years. Availability has become better and prices have decreased. This study will describe how well PCD blades are known in woodworking companies, what kind of PCD blades companies are using, what materials companies are machining with PCD blades, what companies think about features of PCD blades compared to features of hard metal blades and what kind is the availability of PCD blades and their maintenance. The study is made in the view of end user.

Language of Thesis	Finnish
Keywords	PCD, Hard Metal, Machining, Blades
Deposited at	☒ Electronic library Theseus ☐ Library of KajaaniUniversity of Applied Sciences

ALKUSANAT

Kiitokset tutkimuksen toimeksiantajayritykselle Iisalmen Teräpalvelu Ky:lle sekä kaikille yrityksen yhteistyökumppaneille, joista oli apua tutkimusaiheeseen liittyen.

Kiitokset myös oppilaitosten puolelta Kajaanin ammattikorkeakoulun yliopettaja Eero Pikkaraiselle tutkimustyön ohjaamisesta ja tärkeistä neuvoista sen eri vaiheissa sekä Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulun Pekka Uusimäelle Webropol avuista.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 1

2 NUMEERISESTI OHJATUT TYÖSTÖKONEET 2
2.1 Numeerisesti ohjattujen työstökoneiden taustat 2
2.2 Numeerisesti ohjatut työstökoneet puutuoteteollisuudessa 3

3 PUUNTYÖSTÖTERISTÄ JA TYÖSTETTÄVISTÄ MATERIAALEISTA 9
3.1 Jauhemetallurginen valmistusmenetelmä 10
3.2 Kovametalli 13
3.3 PCD 17

4 TUTKIMUKSEN TEKEMINEN 19

5 TUTKIMUSTULOKSET 22
5.1 Kyselytutkimuksen tulokset 23
5.1.1 Yrityksen toimiala 23
5.1.2 Yrityksen henkilömäärä 24
5.1.3 Yrityksen liikevaihto 24
5.1.4 Toimipaikan sijainti 25
5.1.5 Numeerisesti ohjattujen työstökoneiden (NC/CNC) esiintyminen yrityksissä 27
5.1.6 PCD –terien tunnettavuus yrityksissä 27
5.1.7 PCD –terien käyttö yrityksissä 28
5.1.8 Yritysten käyttämät PCD -terät 28
5.1.9 Materiaalit, joita yrityksissä työstetään PCD –terillä 29
5.1.10 PCD –terien ominaisuudet kovametalliteriin verrattuna 30
5.1.11 PCD –terien ja huollon saatavuus 32
5.1.12 PCD –terän valinta kuluttavien materiaalien työstämiseen 33
5.1.13 Vapaasana 35
5.2 Tulosten yhteenveto 35

6 YHTEENVETO 37

LÄHTEET 39

LIITTEET

1 JOHDANTO

Puutuoteteollisuuden kovien materiaalien työstäminen aiheuttaa haasteita käytettävälle työstöterälle. Esimerkiksi kovien puulevyjen työstäminen kuluttaa teriä paljon. Nopea terän kuluminen aiheuttaa paljon terien vaihtoja, kasvattaa terien hankinta- ja huoltokustannuksia ja aiheuttaa ongelmia työstölaadun ylläpitoon. Yhtenä teräteollisuuden innovaationa on PCD (Polycrystalline Diamond), joka on mikrokokoisista timanttipartikkeleista sintrattu kovaa kulutusta kestävä materiaali.

Puutuoteteollisuuden kuluttavien materiaalien työstämisen lisääntyminen ja numeerisesti ohjattujen työstökoneiden yleistyminen ovat edesauttaneet PCD –terien saatavuuden parantumista ja hintojen alentumista. Edullisimmat PCD –terät kilpailevat jo lähes kovametalliterien hintojen kanssa tarjoten kuitenkin valmistajien mukaan useista kymmenistä jopa sataan kertaa pidemmän kulutuskestävyyden. PCD –terien todellisen paremmuuden määrittelevät kuitenkin lopulta terien loppukäyttäjät.

Tutkimuksen toimeksiantajana toimi Iisalmen Teräpalvelu Ky, joka on vuonna 1984 perustettu työstöterien maahantuontia, valmistusta ja myyntiä harjoittava yritys. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää PCD –terien tunnettavuus puutuoteteollisuuden yrityksissä Suomessa sekä PCD –terien tietyt työstöominaisuudet verrattuna vastaaviin kovametalliteriin loppukäyttäjien näkökulmasta.

2 NUMEERISESTI OHJATUT TYÖSTÖKONEET

Numeerisesti ohjattu työstökone suorittaa kappaleen koneistamiseksi tehtävät liikkeensä laaditun ohjelman mukaisesti, jossa matkainformaatio on ilmaistu numeroina. Numeerisesta ohjauksesta käytetään lyhennettä NC, joka on lyhenne englanninkielisistä sanoista Numerical Control. Numeerisesti ohjattujen koneiden yhteydessä esiintyy myös lyhenne CNC, joka on lyhenne englanninkielisistä sanoista Computerized Numerical Control. Tämä lyhenne korostaa sitä, että ohjaamiseen käytetään tietokonetta. NC-koneiden alkuaikoina koneiden ohjaamiseen käytettiin reikänauhoja tai –kortteja ja noin vuoden 1974 jälkeen koneet varustettiin ohjauksella, johon kuuluu tietokone ja ohjelmamuisti. Vuosien myötä lyhenne CNC onkin menettänyt merkityksensä, koska nykyisin NC-koneella tarkoitetaan jo yleisesti konetta, jonka ohjaamiseen kuuluu tietokone ja ohjelmamuisti. Käytännössä lyhenteitä CNC ja NC käytetään väljästi ja sekaisin tarkoittaen yleensäkin ohjelmoitavia työstökoneita. Lisäksi eri laitetoimittajat määrittelevät CNC:n ja NC:n eron eri tavoin ja molempia lyhenteitä esiintyy. (Voutilainen ym. 2002, 113; Pikkarainen & Mustonen 2010, 11,13)

2.1 Numeerisesti ohjattujen työstökoneiden taustat

Numeerisen ohjauksen kehitys alkoi 1950-luvun alussa lentokoneiden siipien alumiinisten tukikaarien koneistamisesta. Tukikaarista lastutaan pois noin 90 % ja muodot ovat usein hyvin hankalia, joten alettiin kehittää koneita, jotka ymmärtävät matkainformaation numeerisessa muodossa ja kykenevät toimimaan pitkiä aikoja itsenäisesti. Perimmäinen tavoite ei ollut tuotannon automatisointi, vaan koneistettavat kappaleet olivat niin monimutkaisia, ettei sellaisia ollut mahdollista valmistaa perinteisillä koneilla käsin operoiden. Kehitystyö annettiin Yhdysvalloissa korkeakoulun ratkaistavaksi ja Massachusetts Institute of Technology (MIT) onnistui tehtävässä. Ensimmäinen NC-kone saatiin toimimaan vuonna 1952. Kyseessä oli kiinteäjohteinen pystyjyrsinkone. Kaupallisesti NC-koneita esiteltiin ensimmäisen kerran Chicagon työstökonenäyttelyssä vuonna 1955. Ensimmäiset konepajat Yhdysvalloissa alkoivat hankkimaan NC-koneita 1950-luvun lopulla, mutta eurooppalaisen katsantokannan mukaan NC-koneiden läpimurto tapahtui Lontoon vuoden 1966 työstökonenäyttelyssä. Suomen ja samalla koko Euroopan ensimmäinen NC-kone käynnistyi Valmetin lentokonetehtaalla Tampereella vuonna 1962. Kyseessä oli Giddings&Lewis merkkinen avarrus-

kone. Tänä päivänä lähes kaikissa uusissa myytävissä työstökoneissa on numeerinen ohjaus. (Kauppinen 1995, 5; Pikkarainen & Mustonen 2010, 20)

Nykyisin poraus- ja jyrsintätöihin hankitaan koneistuskeskuksia ja NC-porakoneet sekä NC-jyrsinkoneet ovat jääneet historiaan. Koneistuskeskuksille on ominaista automaattinen työkalunvaihto ja työkalumakasiini sekä vähintään kolmen akselin (X, Y ja Z) yhtäaikainen numeerinen ohjaus. Koneistuskeskukset soveltuvat mm. jyrsintään, poraukseen, väljentämiseen, kalvintaan, upotukseen, avarrukseen ja kierteitykseen. Vastaavasti muissakin konepajan NC-sovelluksissa kehitys on mennyt eteenpäin. Sorveista on siirrytty sorvauskeskuksiin ja levytöissä levytyökeskuksiin. Numeerista ohjausta käytetään konepajoissa myös mm. hionnassa, hitsauksessa ja putkentaivutuksessa. (Pikkarainen & Mustonen 2010, 25-33)

NC-koneen kolme pääakselia ovat X, Y ja Z, joista Z-akseli on aina koneen karan suuntainen. Näiden lineaaristen akseleiden ympäri tapahtuvia kiertoliikkeitä kuvaavia akseleita ovat A, B, ja C. Apuakseleiden nimeämiseen käytetään aakkosten loppupään kirjaimia. Esimerkiksi teräpään ja pöydän kallistukset sekä pöydän liikkeet tuovat mukaan lisää akseleita, joten NC-koneen ohjelmoitavia akseleita voi olla lukuisia. (Voutilainen ym. 2002, 119; Pikkarainen & Mustonen 2010, 56,242)

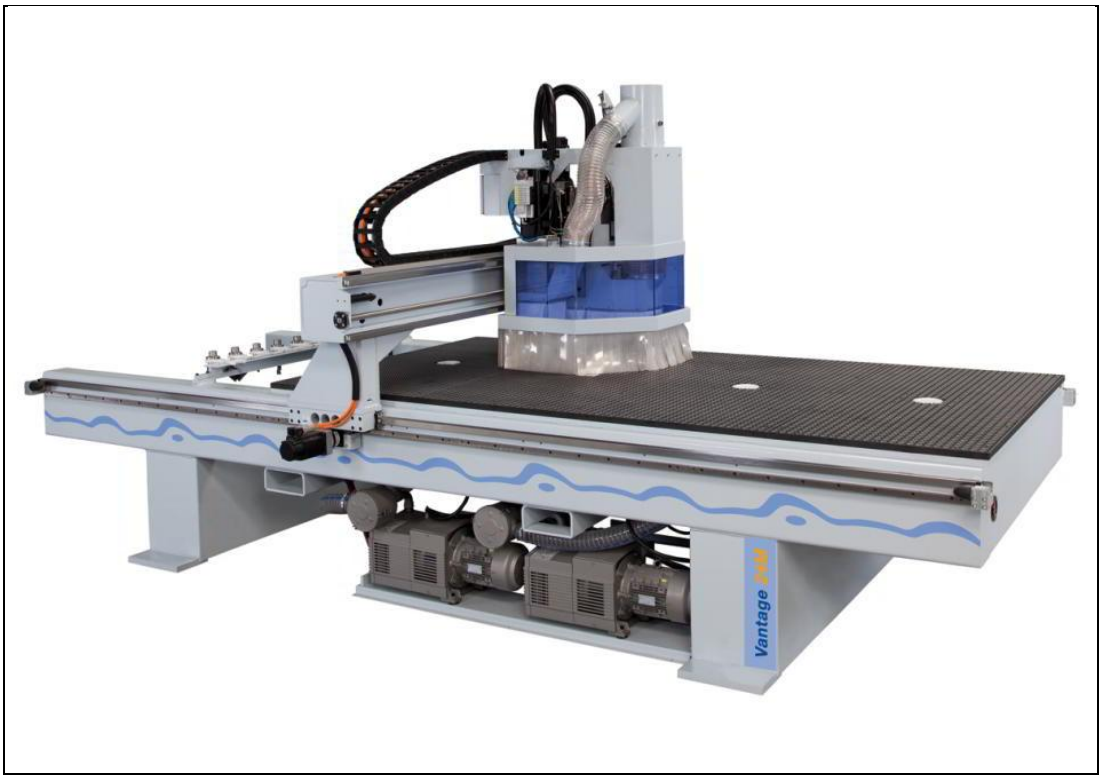
Numeerisen ohjauksen eduiksi voidaan lukea mm. koneistajan työn helppous, työstön hyvä ja tasainen laatu, lyhyet läpimenoajat, säästöt palkkakustannuksissa, pienet työkalukustannukset, joustava valmistus, edullinen tiedon arkistointi , vähäinen erikoisosaajien tarve ja piilevät mahdollisuudet. Haitoiksi voidaan lukea korkeat hankintakustannukset, monimutkainen rakenne, työkalun rikkoutumisesta tai kulumisesta aiheutuvat haitat, työstettäviltä kappaleilta vaadittava mittatarkkuus ja koneen käyttäjän osaamisen korvaamattomuus. (Pikkarainen & Mustonen 2010, 15-19)

2.2 Numeerisesti ohjatut työstökoneet puutuoteteollisuudessa

Alun perin numeerisen ohjauksen kehitys alkoi siis konepajateollisuuden jyrsinnän tarpeista. Nykyisin numeerisen ohjauksen sovelluksia on kuitenkin käytössä paljon myös puutuotteiden valmistuksessa. Puutuoteteollisuudessakin voidaan suorittaa porauksia, jyrsintää, sorvausta sekä leikkaamista, ja ehkä juuri poraamiseen ja jyrsintään soveltuvat koneet ovat yleisimmät ja monipuolisimmat. Yksinkertaisimpia sovelluksia ovat kaappien sivulevyjen pora-

ukset ja ovien etupintojen kuvioiden jyrsinnät. Huonekaluteollisuudessa voidaan käyttää numeerista ohjausta esimerkiksi kaiverruksissa ja erilaisten kaarevien muotojen tuotannossa. Puutuoteteollisuudessa kehitys suuntaa asiakaslähtöiseen toimintaan, jossa tavoitteena on valmistaa laadukkaita, asiakkaille räätälöityjä yksilöllisiä tuotteita, joista asiakkaat ovat valmiita maksamaan hyvän hinnan. Näiden tuotteiden valmistamiseen käytetään entistä enemmän numeerisesti ohjattuja työstökoneita. (Hemmilä & Usenius ym. 2001, 12; Pikkarainen & Mustonen 2010, 25,237)

Kuvassa 1 on tyypillisen mallinen puutuoteteollisuudessa käytettävä numeerisesti ohjattu työstökeskus levymäisten kappaleiden työstämiseen. Kyseisen mallinen työstökeskus soveltuu erinomaisesti nestaukseen, jossa koneella tehdään levynpaloittelu, jyrsinnät ja poraukset. Perinteiseen tapaan verrattuna nestaus vaatii vain yhden koneen ja kaikki tehdään yhdellä kiinnityskerralla. Tämän ansiosta saavutetaan nopeampi ja joustavampi työstö sekä vähemmän hukkamateriaalia. (Projecta 2012, 1)

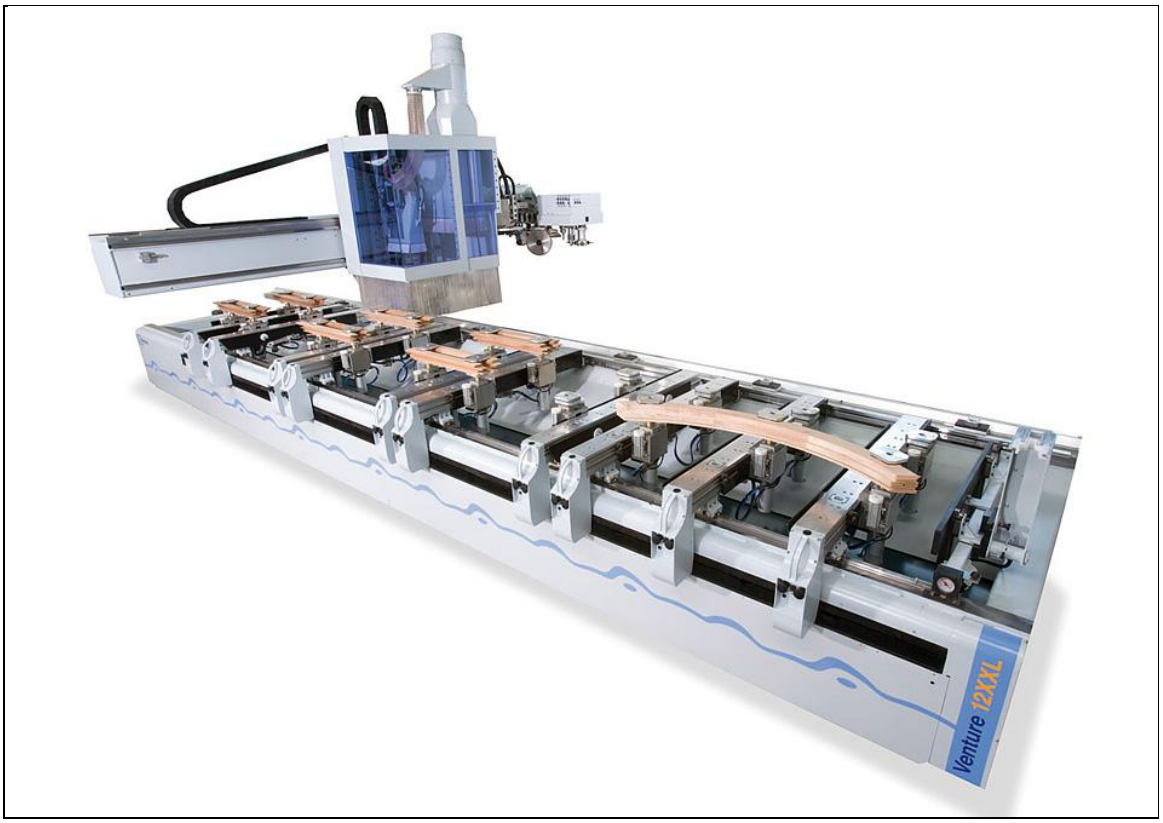


Kuva 1. Puuntyöstökeskus Weeke Vantage 28. (Projecta 2012, 1)

Kuvan 1 työstökeskuksessa on niin kutsuttu rasteripöytä, joka on yleisin kyseisen mallisessa työstökeskuksessa käytettävä työstöpöytä. Työstöpöydässä on tiheästi tehtyjä uria tiivisteitä varten. Tiivisteiden avulla työstöpöydästä voidaan rajata käyttöön tarvittavan kokoinen alue.

Rajatun alueen sisäpuolelta avataan ruuvit, jolloin työstettävä kappale saadaan kiinnittymään työstöpöytään alipainepumpun tuottaman alipaineen avulla. Kyseinen työstöpöytämalli soveltuu parhaiten levymäisille kappaleille, jolloin alipaine saadaan vaikuttamaan tasaisesti koko työstettävän kappaleen alueelle. Puutuoteteollisuuden työstökeskukset ovat usein suurikokoisia, usean metrin liikematkoilla olevia koneita. Esimerkiksi kuvan 1 työstökeskuksessa työstöalueen koko on 3,10 x 2,25 metriä. (Pikkarainen & Mustonen 2010, 242-243; Projecta 2012, 1)

Kuvassa 2 on erityisesti ovien, ikkunoiden ja muun massiivipuun työstöön soveltuva työstökeskus. (Projecta 2012, 2)



Kuva 2. Puuntyöstökeskus Homag Venture 12. (Projecta 2012, 2)

Kuvan 2 työstökeskuksen työstöpöytätyyppi on niin kutsuttu palkkipöytä tai konsolipöytä, jossa on useita X- tai Y-akselin suuntaisia imupalkkeja, joita voidaan asetella vapaasti tarpeen mukaan. Imupalkeissa on yksi tai useampi alue, niin sanottu imutiili, jolle alipaine voidaan ohjata. Imutiiliä voidaan myös siirrellä jokaisessa palkissa vapaasti. Palkkipöytä voi olla manuaalisesti säädettävä tai täysin automaattinen, jolloin palkit ja imutiilet siirtyvät automaatti-

sesti ohjelman vaatimille kohdille. (Pikkarainen & Mustonen 2010, 243-244; Projecta 2012, 2)

Kuvassa 3 on järeä portaalirunkoinen työstökeskus raskaaseen teollisuuskäyttöön. (Projecta 2012, 3)

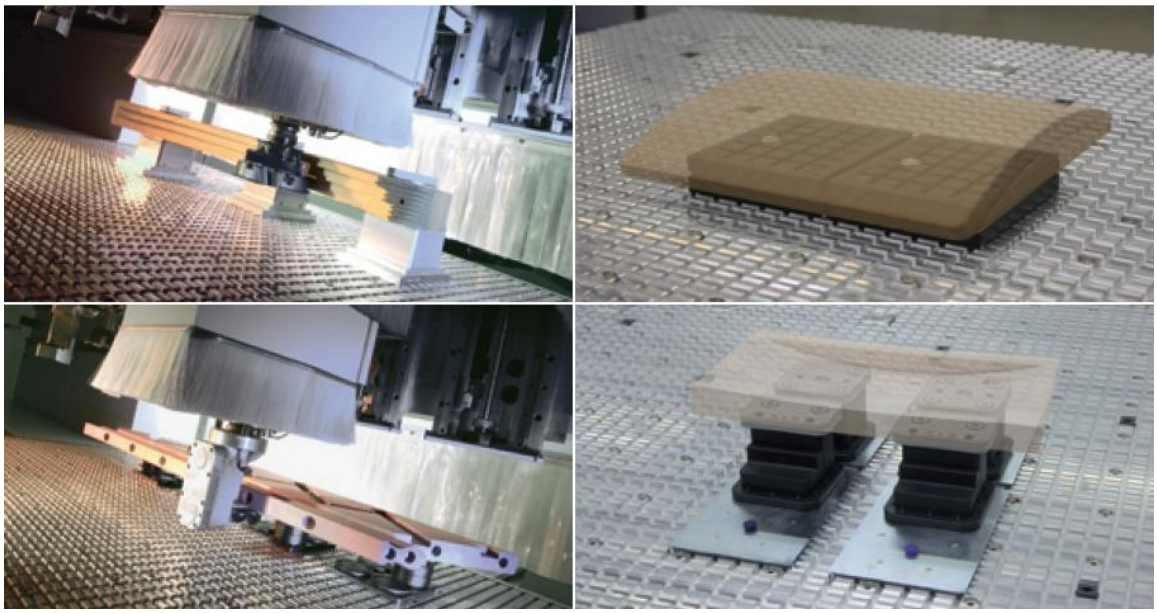
Kuva 3. Puuntyöstökeskus Homag BOF 700. (Projecta 2012, 3)

Kuvan 3 työstökeskuksessa on kaksi liikkuvaa työstöpöytää, joita voidaan käyttää yhdessä tai erikseen. Työstökone voidaan varustaa esimerkiksi rasteri-, konsoli- tai automaattipöydällä, 1-4 itsenäisellä työstöyksiköllä, 3-5 akselisella työstöpäällä ja listoitusvarusteilla. (Projecta 2012, 3)

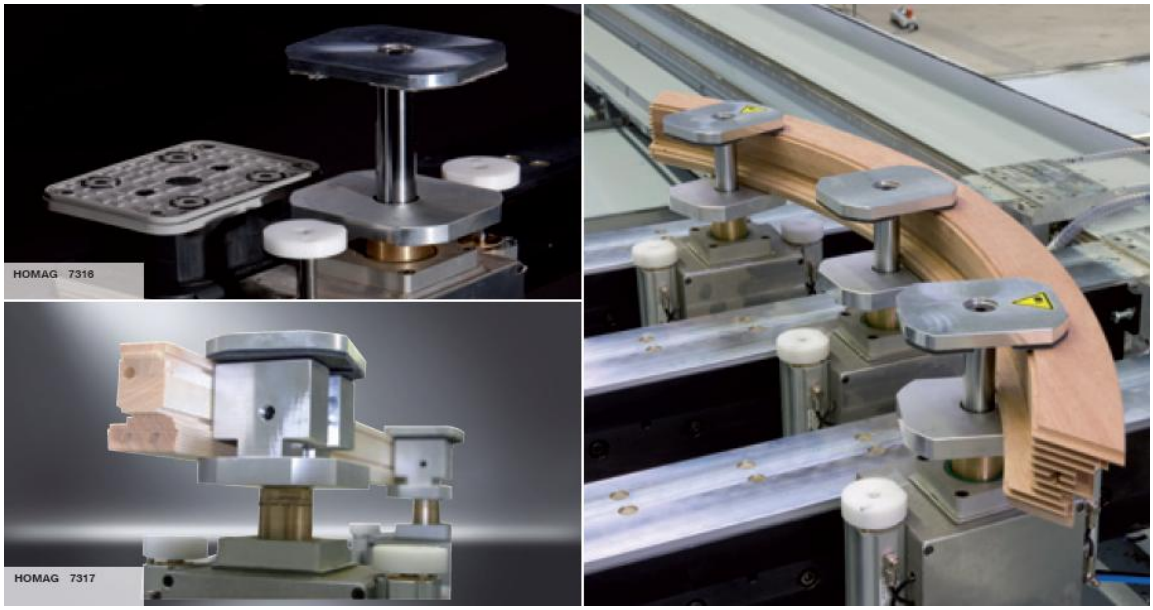
Työstökeskuksen työstöyksikkö toimii yleensä pölynpoistolla varustetun suljetun kotelorakenteen sisällä, jolloin työympäristö pysyy vapaana työstöstä aiheutuvasta pölystä. Joissakin työstökeskuksissa koko työstöalue voi olla koteloitu. Tehokas pölynpoisto onkin erityisen tärkeää etenkin levyjen työstämisessä, koska esimerkiksi MDF-levyn työstössä syntyvän pölyn määrä on 27-kertainen männyn työstössä syntyvän pölyn määrään verrattuna. Suljettu kotelorakenne auttaa myös alentamaan työstössä syntyvää melua. Työstökeskukseen on saa-

tavilla monipuolinen työkaluvalikoima terineen ja työstöpäineen, ja työkalunvaihto tapahtuu automaattisesti. Täysin automaattisesti toimiessaan työstökeskuksella on myös automaattinen työstettävien kappaleiden lastaus ja työstettyjen kappaleiden purku. Numeerisesti ohjattu työstökeskus kykenee siis toimimaan hyvinkin itsenäisesti pitkiäkin aikoja. Tämän myötä saadaan suoritetuksi useita työvaiheita yhdessä työpisteessä, yhdellä kappaleen kiinnityskerralla ja vähäisellä ihmistyövoiman tarpeella. (Hemmilä & Usenius ym. 2001, 3-4; Projecta 2012; SCMGroup 2012)

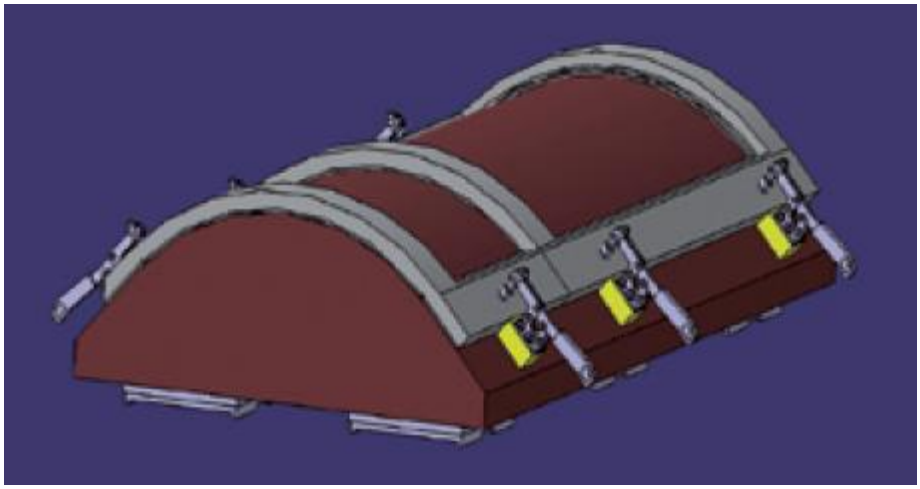
Aina työstettävän kappaleen kiinnittäminen ei onnistu suoraan työstöpöytään. Esimerkiksi kappaleen pieni koko, hankala muoto tai vaaditut työstömenetelmät asettavat lisävaatimuksia kappaleen kiinnitykselle. Työstettävän kappaleen kiinnittämiseksi työstöpöytään on olemassa lukuisia menetelmiä apuvälineineen. Rasteripöydällä voidaan käyttää esimerkiksi kuvan 4 kaltaisia puristimia ja aluslevyjä. Palkkipöydällä voidaan käyttää esimerkiksi kuvan 5 kaltaisia puristimia. Joissakin tapauksissa työstettävälle kappaleelle kannattaa valmistaa kuvan 6 mukaisesti malline, eli niin sanottu jigi. (Homag 2012)



Kuva 4. Rasteripöydän kiinnitysalustoja. (Homag 2012)



Kuva 5. Palkkipöydän puristimia ja kiinnitysalustoja. (Homag 2012)

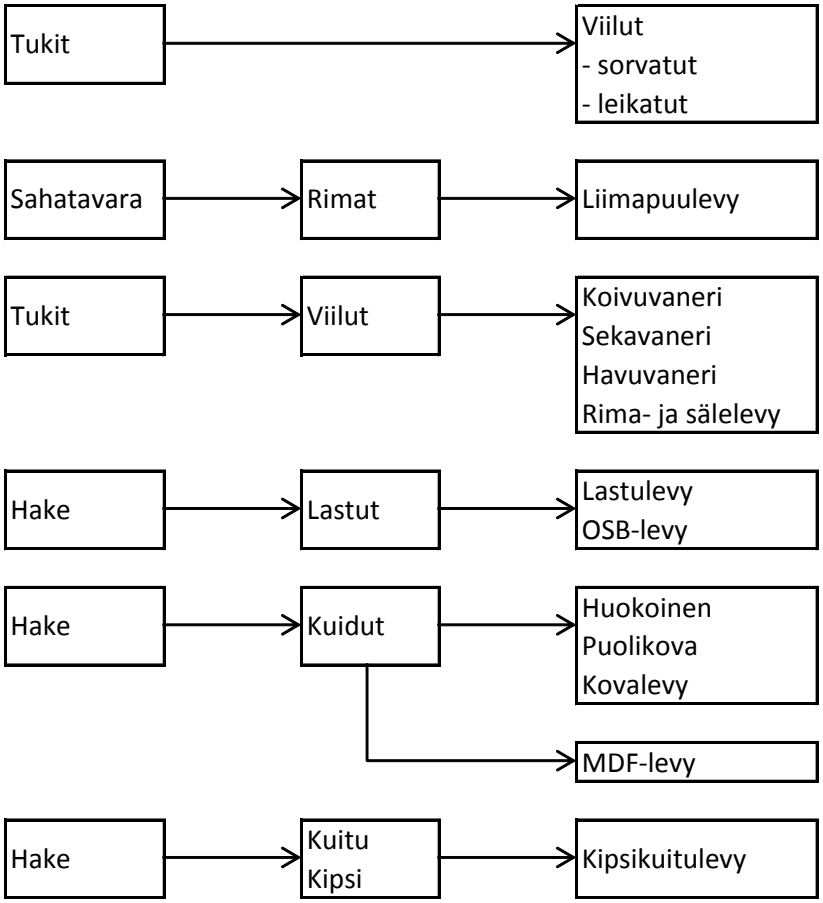


Kuva 6. Malline, eli niin sanottu jigi. (Homag 2012)

3 PUUNTYÖSTÖTERISTÄ JA TYÖSTETTÄVISTÄ MATERIAALEISTA

Työstöterät muodostuvat toimintansa kannalta kahdesta osasta; varsinaisen leikkuutyön ja lastuamisen suorittavasta terästä sekä leikkuuvoimien siirtämisen hoitavasta runko-osasta. Nämä asettavat terämateriaaleille erilaisia vaatimuksia. Leikkaavan särmän tulee pysyä terävänä mahdollisimman kauan ja uudelleen teroituksen pitää olla mahdollista. Runkoaineen tulee olla lujaa ja kestää erilaisia rasituksia. Terät voidaan valmistaa joko niin, että leikkaava terä ja terärunko ovat samaa materiaalia, tai niin, että leikkaava terä ja terärunko ovat eri materiaalia. Hyvälle terämateriaalille asetettavia vaatimuksia ovat mm. kovuus, sitkeys, hiottavuus, kulumiskestävyys, muovattavuus, lämmönkestävyys ja edullinen hinta. Kaikkien edellä mainittujen terämateriaalilta vaadittavien ominaisuuksien lisäksi oikeanlainen terägeometria ja sen avulla saavutettava hyvä lastuavuus ovat avainasemassa työstöterien toimivuudessa. Yleisimmät puuntyöstöterissä käytettävät terämateriaalit ovat hiiliteräs, pikateräkset, stelliitti, kovametalli ja timantti. Pinnoitteista yleisimmin käytetty on elektrolyyttisesti valmistettu kovakromaus. (Voutilainen ym. 2002, 82-85)

Puusepänteollisuuden käyttämät kotimaiset puulajit ovat pääasiassa koivu ja mänty. Kolmatta metsiemme valtapuuta kuusta käytetään pääasiassa rakennuspuusepänteollisuudessa sekä paneeleina ja listoina sisustukseen. Muita varsinkin pienten yritysten käyttämiä kotimaisia puulajeja ovat pihlaja, terva- ja harmaaleppä, lehtikuusi, raita ja haapa. Joissakin erityiskohteissa käytetään myös kotimaasta vähäisessä määrin saatavia tammea, jalavaa, saarnia, lehmusta ja vaahteraa. Visakoivu on tunnetusti arvokkain kotimainen puu, mutta sen käyttö tuotteiden valmistukseen on vähäistä, koska paras raaka-aine on jo vuosikymmenien ajan myyty ulkomaille. Tuontipuista punapyökki on suosituin, jonka lisäksi käytetään mm. mahonkia, pähkinäpuuta ja tiikkiä. Massiivipuun lisäksi puutuoteteollisuudessa käytetään erilaisia puulevyjä. Tärkeimmät puutuoteteollisuuden puulevytuotteet on esitetty kuvassa 7. (Auvinen ym. 2002, 23; Koponen 2005, 11-12)



Kuva 7. Puulevyjen raaka-aineet, levyjä muodostavat osat ja tuotetyypit. (Koponen 2005, 12)

3.1 Jauhemetallurginen valmistusmenetelmä

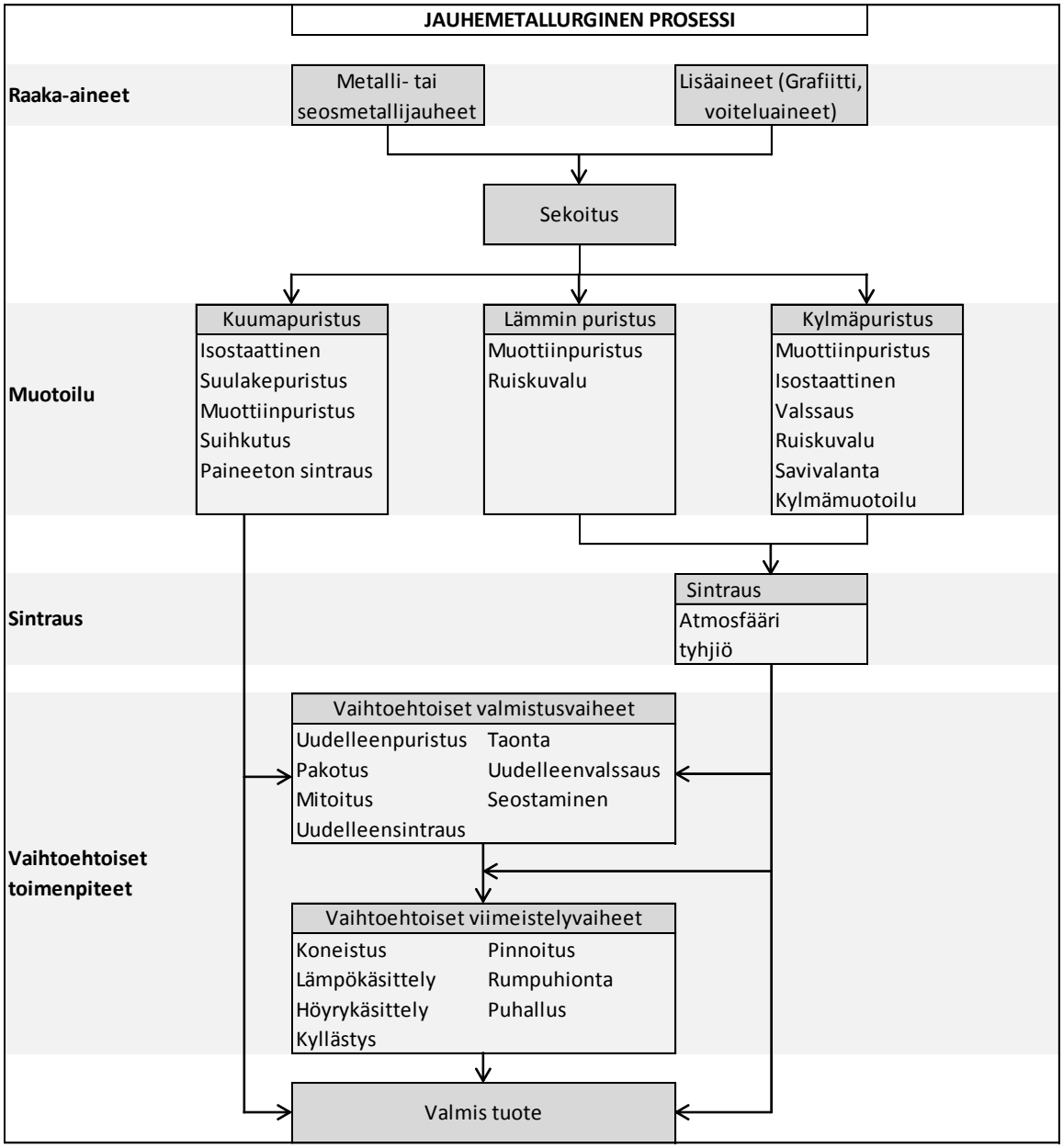
Kovametallit ja PCD valmistetaan jauhemetallurgisesti. Jauhemetallurgia (eng. Powder Metallurgy, PM) on jatkuvasti ja nopeasti kehittyvä metallisten materiaalien valmistusteknologia. Pelkästään Euroopassa jauhemetallurgian vuotuiset markkinat ovat yli kuusi miljardia euroa ja maailmanlaajuisesti tuotantomäärä ylittää miljoona tonnia. Jauhemetallurgian varhaisin muoto lienee keraamisten esineiden valmistus, jossa kiviainesten hienot jakeet sintrautuvat yhteen. Metalliesineidenkin valmistus sintraamalla on tunnettu jo vuosisatoja. Vanhimmat merkit sintratuista metalliesineistä ovat 1200-luvulta ennen ajanlaskun alkua, mutta teollisena valmistusmenetelmänä sitä on käytetty noin 100 vuotta. Jauhemetallurginen valmistusmenetelmä tarjoaa useita etuja muihin valmistusmenetelmiin nähden. Jauhemetallurgian eduiksi voidaan mainita mm.:

- Poistaa tai vähentää koneistuksen tarpeen, koska tuotokset ovat lopullisissa tai lähellä lopullisia mittoja.
- Pieni materiaalihukka - valmiissa tuotteessa on käytetty tyypillisesti yli 97 % raaka-aineesta.
- Mahdollistaa monipuoliset seostukset.
- Tuottaa hyvän pinnanlaadun.
- Tarjoaa materiaaleja, joiden kovuutta ja sitkeyttä voidaan lisätä lämpökäsittelyllä.
- Tarjoaa kontrolloidun huokoisuuden määrittämisen.
- Helpottaa monimutkaisten tai yksilöllisten muotojen valmistusta, jotka olisivat epäkäytännöllisiä tai mahdottomia valmistaa muilla menetelmillä.
- Soveltuu sekä pienille että suurille valmistuserille.
- Tarjoaa pitkäkestoisen luotettavuuden kriittisissä kohteissa.
- Kustannustehokas.

Jauhemetallurgisessa valmistuksessa käytetään erilaisia tekniikoita materiaaleista ja tuotteista riippuen, mutta perusvaiheet ovat kaikissa samat:

1. Jauheen valmistus.
2. Jauheiden sekoitus halutuksi seokseksi.
3. Jauhemassan muotoilu puristamalla.
4. Jauhemassan kiinteyttäminen sintraamalla.

Kuvassa 8 on esitetty kaavio jauhemetallurgisen valmistuksen vaiheista. (EPMA 1.; MPIF 1.; Ihalainen ym. 2002, 104)



Kuva 8. Jauhemetallurginen valmistusprosessi. (MPIF 2, muokattu kuva)

Tavanomainen valmistusmenetelmä etenee siten, että käytettävät jauheet ja voiteluaine sekoitetaan keskenään ja muotoillaan haluttuun muotoon. Muotoiltu kappale kuumennetaan uunissa kontrolloidussa atmosfäärissä lähelle sidosaineen sulamislämpötilaa, jolloin jauhepartikkelit hitsautuvat yhteen. Tätä prosessia kutsutaan sintraukseksi. Joissakin tapauksissa muotoilu ja kuumennus suoritetaan yhtäaikaisesti, jolloin kyseessä on kuumapuristus. Sintrauksen jälkeen kappale voi olla valmis, mutta monissa tapauksissa sintratulle kappaleelle suoritetaan lisätoimenpiteitä, kuten uudelleen puristus, koneistus, pinnoitus jne. (EPMA 3)

Perinteisessä jauhemetallurgisessa valmistusmenetelmässä jauheseos muotoillaan työkalulla muottiin puristamalla. Toinen käytetty menetelmä on isostaattinen puristus. Isostaattisessa puristusmenetelmässä jauheseos suljetaan kappaleen muotoiseen aihioon ja puristetaan nesteen- tai kaasunpaineen alaisena muotoonsa. Paine vaikuttaa jauhepatjan kaikkiin pintoihin tasaisesti. Menetelmä mahdollistaa sellaisienkin kappaleiden valmistamisen, joita ei olisi mahdollista suuren kokonsa tai hankalan muotonsa vuoksi puristaa työkalulla. Isostaattinen puristus voi tapahtua huoneenlämmössä, jolloin kyseessä on isostaattinen kylmäpuristus (CIP, Cold Isostatic Pressing) tai kuumana, jolloin kyseessä on isostaattinen kuumapuristus (HIP, Hot Isostatic Pressing). (Ihalainen ym. 2002, 108,111)

Isostaattisessa kylmäpuristuksessa eli CIP –menetelmässä valmistukseen käytettävä jauheseos suljetaan tuotteen muotoiseen kumimuottiin ja puristetaan nesteenpaineen avulla. Puristusmenetelmää käytetään esimuotoiluun, jonka jälkeen kappale sintrataan. Isostaattisessa kuumapuristuksessa eli HIP –menetelmässä valmistukseen käytettävä jauheseos suljetaan tuotteen muotoiseen metallikapseliin ja puristetaan kaasunpaineen alaisena korkeassa lämpötilassa useiden tuntien ajan. Paine vaikuttaa kappaleeseen tasaisesti joka puolelta ja lopputuloksena on täysin tiiviitä sintrattuja tuotteita. (Ihalainen ym. 2002, 111-112)

Työkalulla muottiin puristuksen ja isostaattisten puristusten lisäksi on olemassa lukuisia muitakin erilaisia jauheseoksen muotoilu- ja kiinteytysmenetelmiä. Näitä ovat mm. ruiskuvalu (Injection Moulding) ja STAMP –menetelmä eli takopuristus. (Ihalainen 2002, 112)

3.2 Kovametalli

Kovametallit (eng. Hard Metal, HM) valmistetaan sintraamalla volframikarbidi (WC) ja koboltti (Co) jauheista, jolloin kyseessä on seostamaton kovametalli. Seostetut kovametallilaadut sisältävät titaani- (TiC), molybdeeni- (MoC), tantaali- (TaC) tai niobikarbidia (NbC). Karbidit ovat erittäin kovia ja kestävät korkeita lämpötiloja. Kovametallien hyviä ominaisuuksia ovat korkea jäykkyys, hyvä puristuslujuus, kovuus sekä kiillotettavuus. (Lepola & Makkonen 2000, 119; Voutilainen ym. 2002, 84; Suomen Kovametalli Oy 1.; Ihalainen ym. 2002, 113)

Kuvassa 9 on tyypillisen mallisia kovametallisia varrellisia suoria jyrsinteriä numeerisesti ohjatuilla puuntyöstökeskuksilla suoritettavaan massiivipuun ja puulevyjen työstämiseen. (Rinaldi 2012, 1)

Kuva 9. Nousulliset kovametallijyrsinterät. (Rinaldi 2012, 1, muokattu kuva)

Kuvan 9 terät ovat nousullisia jyrsinteriä. Terissä leikkuu kiertää spiraalimaisesti terän ympäri tehostaen työstössä syntyvän purun poistoa. Nousu voi olla positiivinen, jolloin kyseessä on nostava leikkuu tai negatiivinen, jolloin kyseessä on painava leikkuu. Teriä on saatavilla joko oikealla tai vasemmalla pyörimissuunnalla. Kuvassa 9 vasemman puoleinen terä on rouhintaterä, joka soveltuu työstettävän kappaleen nopeaan työstämiseen. Oikean puoleinen terä on

sileäjyrsin, joka soveltuu työstettävän kappaleen viimeistelyyn. Terät ovat kokonaan kovametallia, eli sekä terän runko että leikkaavat osat ovat samaa materiaalia. (Rinaldi 2012, 1)

Kuvassa 10 on kovametallisia varrellisia muoto- ja pyöristysjyrsinteriä numeerisesti ohjatuilla puuntyöstökeskuksilla suoritettavaan massiivipuun tai puulevyjen työstämiseen. (Rinaldi 2012, 2)

Kuva 10. Kovametallisia varrellisia muoto- ja pyöristysjyrsinteriä. (Rinaldi 2012, 2)

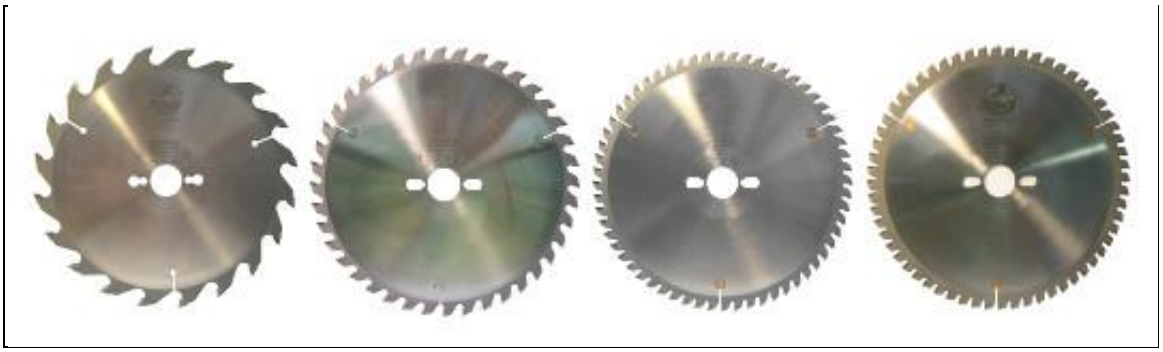
Kuvassa 10 esitetyissä jyrsinterissä on vaihdettavat kovametalliset leikkaavat teräpalat. Näin ollen terän tylsyessä riittää kun vaihtaa terään uudet teräpalat, joten terää ei tarvitse teroittaa tai vaihtaa kokonaan uuteen. Varrelliset jyrsinterät voivat olla myös sellaisia, että kovametalliset teräpalat on juotettu kiinteästi terärunkoon. (Rinaldi 2012, 2)

Kuvassa 11 on kovametallisia kutterinteriä ja kursoja massiivipuun tai puulevyjen työstämiseen. (LSAB 2013, 1-2; Malmin Terä Oy 2013, 1)

Kuva 11. Kutterinterät ja kursot. (LSAB 2013, 1-2; Malmin Terä Oy 2013, 1, muokattu kuva.)

Kutterinterät ovat vaihdettavilla kovametallipaloilla varustettuja teriä eli niitä kutsutaan myös vaihtopalakursoiksi. Tavallisissa kursoissa on kiinteästi terärunkoon juotetut teräpalat. Puutuoteteollisuudessa käytetään paljon myös pikateräsleikkuisia (HSS) kursoja. (LSAB 2013, 1-3; Malmin Terä Oy 2013, 1)

Kuvassa 12 on erilaisia kovametallisia pyöröteriä.



Kuva 12. Kovametallisia pyöröteriä. (Malmin Terä Oy 2013, 2, muokattu kuva.)

Kuvan 12 pyöröteristä ensimmäinen vasemmalta on tarkoitettu järeän, pehmeän massiivipuun halkaisuun tai kuivan puutavaran lamellisahaukseen. Toinen vasemmalta on tarkoitettu lastu-, kipsi- ja MDF –levyille sekä keskijäreän ja järeän massiivipuun katkaisuun. Kolmas vasemmalta on tarkoitettu molemmilta puolilta viilutetuille ja laminoiduille levyille ja vanereille sekä pienen massiivipuun katkaisuun. Neljäs vasemmalta on tarkoitettu pääasiassa ei-

rautametalleille. Pyöröteriä löytyy runsaasti erikokoisia ja eri käyttökohteisiin soveltuvina. (Malmin Terä Oy 2013, 2)

3.3 PCD

Timantti on korkeassa lämpötilassa ja paineessa kuutiolliseksi kiderakenteeksi kiteytynyttä hiiltä ja se on kaikkein kovinta alkuainetta. Teollisuustimantit ovat keinotekoisesti valmistettuja eli synteettisiä timantteja. Synteettinen timantti vastaa materiaalina luonnon timanttia, mutta ne ovat teollisuuskäytössä suositumpia kuin luonnon timantit pääasiassa niiden mekaanisten ominaisuuksien toistettavuuden vuoksi. PCD (Polycrystalline Diamond) koostuu mikrokokoisten synteettisten timanttien jauheesta, joka on sintrattu tiiviiksi korkeassa paineessa ja lämpötilassa. PCD valmistetaan karbidialustan päällä, joka tarjoaa sintrauksessa tarvittavan aineen, yleensä koboltin. Erittäin suuren paineen ja lämpötilan alaisuudessa karbidialustan sisältämää kobolttia tunkeutuu timanttijauheen läpi aiheuttaen partikkelien sintrautumisen yhteen. Koboltti lisää PCD:n sitkeyttä merkittävästi, mutta se myös tekee materiaalista sähköä johtavan. Tämän ansiosta PCD voidaan työstää EDM-menetelmällä (Electric-Discharge Machining), mikä on erittäin tärkeää kun kyseessä on kovuudeltaan suurin tunnettu materiaali. Yhteen liitetty karbidialusta mahdollistaa PCD:n juottamisen kiinni työkaluun, mikä on myös erittäin tärkeä ominaisuus. (Lepola & Makkonen 2000, 37; Wikipedia 2012; Element Six 2012)

Kuvassa 13 on tyypillisen mallisia PCD -jyrsinteriä numeerisesti ohjatuilla puuntyöstökeskuksilla suoritettavaan puulevyjen työstämiseen. (Prima Tooling 2012)

Kuva 13. PCD –jyrsinterät. (Prima Tooling 2012, muokattu kuva)

Kuvassa 10 vasemman puoleinen terä on ns. perusjyrsinterä levyjen työstämiseen. Oikean puoleinen terä on ns. turbo-jyrsinterä, jossa on enemmän leikkaavia teräpaloja. Leikkaavat PCD –teräpalat on juotettu kiinni terärunkoon, eli terärunko ja leikkaavat osat ovat eri materiaalia. (Prima Tooling 2012)

PCD –teristä kutterinterät/kursot, varrelliset pyöristys-, muoto- ja viisteterät sekä pyöröterät ovat ulkonäöltään vastaavien kovametalliterien kaltaisia. Niissä terärunkoon on juotettu kiinni kovametallisen teräpalan sijaan PCD –teräpala.

4 TUTKIMUKSEN TEKEMINEN

Tutkimuksessa tarkasteltavat terät ovat pääasiassa numeerisesti ohjatuissa työstökoneissa käytettäviä varrellisia jyrsinteriä, kursoja, kutterinteriä tai pyöröteriä, joita käytetään erilaisten kuluttavien materiaalien kuten kalustelevyjen ja vanerien työstämiseen puutuoteteollisuudessa. Kuluttavien materiaalien työstössä on perinteisesti käytetty kovametalliteriä. Yhtenä innovaationa teräteollisuudessa on kehitetty PCD –terät, joissa mikrokokoiset timanttipartikkelit sintrataan kovassa kuumuudessa ja paineessa. Tällä menetelmällä saadaan aikaan kovaa kulutusta kestävä terämateriaali.

Valmistajien mukaan PCD –terillä saavutetaan merkittävästi pidempi terän vaihtoväli kovametalliteriin verrattuna. Tämä onkin mainoslause, jolla PCD –teriä pääasiassa myydään. PCD –teristä ei kuitenkaan ole saatavilla kattavampaa vertailua eri työstöominaisuuksista kovametalliteriin verrattuna. Tiedossa ei myöskään ole kuinka laajalti PCD –terät tunnetaan markkinoilla, kuinka laajalti ne ovat käytössä ja mitä mieltä loppukäyttäjät ovat PCD –teristä, niiden työstöominaisuuksista ja saatavuudesta.

Tutkimuksessa tarkastellaan, voivatko PCD –terät korvata kovametalliterät puutuoteteollisuuden kuluttavien materiaalien työstössä. Tutkimuksessa pyritään selvittämään kuinka laajalti PCD –terät ovat tunnettuja puutuoteteollisuuden yrityksissä, mitä PCD –teriä yrityksillä on käytössä, mitä materiaaleja PCD –terillä työstetään, kuinka hyvinä määrättyjä PCD –terien työstöominaisuuksia pidetään vastaaviin kovametalliteriin verrattuna ja kuinka hyvin PCD –teriä ja niiden huoltoa on saatavilla. Lisäksi pyritään selvittämään kuinka paljon kohderyhmässä on kiinnostusta PCD –terien hankintaa kohtaan.

Tutkimus rajataan puutuoteteollisuudessa käytettäviin PCD –teriin ja vastaajakohderyhmänä ovat Suomessa toimivat puutuoteteollisuuden yritykset. PCD –terien ominaisuuksia verrataan vastaavien kovametalliterien ominaisuuksiin. Tutkimus toteutetaan tuotteiden loppukäyttäjien näkökulmasta.

Tietoja PCD –teristä löytyy PCD –terien valmistajilta sekä niiltä yrityksiltä, joilla on kokemuksia PCD –terien käytöstä. Tehtyjen hakujen perusteella PCD –teristä ei ole saatavilla kirjallisuutta ja aiheesta tehtyjä tutkimuksiakaan ei vapaista tietokannoista löydy.

Tutkimus toteutetaan Webropol-ohjelmalla laaditulla kyselytutkimuksella. Kyselylomake lähetetään henkilökohtaisena sähköpostilinkkinä potentiaalisille PCD- ja kovametalliterien loppukäyttäjille puutuoteteollisuuden piiristä Suomessa. Potentiaaliset tutkimukseen soveltuvat loppukäyttäjät valitaan julkisista yrityshakemistoista löytyvistä yrityksistä. Lähetettäviin kyselylomakkeisiin vastaamiseen varataan aikaa kaksi viikkoa. Kyselylomakkeella tehdään ensin kokeilu valittujen loppukäyttäjien kanssa, jolla varmistetaan lomakkeen toimivuus. Kokeilun perusteella lomaketta mahdollisesti muokataan toimivammaksi. Lisäksi ollaan yhteydessä PCD –terien valmistajiin ja pyydetään aineistoa tutkimuksen teoriapohjaksi sekä tehtyjä tutkimuksia, joihin tämän tutkimuksen tuloksia voidaan vertailla.

Potentiaalisille vastaajille lähetettävässä kyselylomakkeessa kysytään seuraavia asioita:

- yrityksen toimiala
- yrityksen henkilömäärä
- yrityksen liikevaihto
- toimipaikan sijainti
- onko yrityksen käytössä numeerisesti ohjattua työstökonetta
- ovatko PCD –terät tunnettuja yrityksessä
- onko yrityksen käytössä PCD –teriä
- mitä PCD –teriä yrityksellä on tai on ollut käytössä
- mitä materiaaleja yrityksessä työstetään PCD –terillä
- kuinka paljon parempi PCD –terä on kovametalliterään verrattuna seuraavissa ominaisuuksissa:
    - terän huolto-/vaihtoväli
    - terän kokonaiskäyttöikä
    - terän kestävyys käytössä
    - terän tuottama työstöjälki

    - terällä saavutettava tuotanto
    - työstössä syntyvä pölytaso
    - työstössä syntyvä melutaso
    - terän kokonaisedullisuus

- millainen on PCD –terien saatavuus
- kuinka kauan PCD –teriä on ollut yrityksen saatavilla
- millainen on PCD –terien huollon saatavuus
- valitsisiko vastaaja kuluttavien materiaalien työstämiseen mieluummin PCD –terän kuin kovametalliterän ja miksi
- vapaa sana
- vastaajan yhteystiedot

5 TUTKIMUSTULOKSET

Kyselytutkimuksen potentiaaliset vastaajat valittiin Suomen Yrittäjien ja Puuteollisuusyrittäjät ry:n verkosta löytyvistä yrityshakemistoista. Molemmissa hakemistoissa voi tehdä ilmaiseksi ja ilman rekisteröitymistä yrityshakuja erilaisilla hakuehdoilla kuten toimialan mukaan. Vastaajia etsittiin seuraavilta toimialoilta:

- vaneriviilun ja puupaneelien valmistus
- muiden rakennuspuusepäntuotteiden valmistus
- puupakkausten valmistus
- muiden puutuotteiden valmistus
- huonekalujen valmistus

Puuteollisuusyrittäjät ry:n yrityshakemistosta haettiin yrityksiä hakusanalla CNC ja valittiin yritykset, jotka eivät löytyneet Suomen Yrittäjien yrityshakemistosta. Lisäksi valittiin kaksi paikallista tuttua vastaajaa. Kyselyjä lähetettiin yhteensä 448 kappaletta.

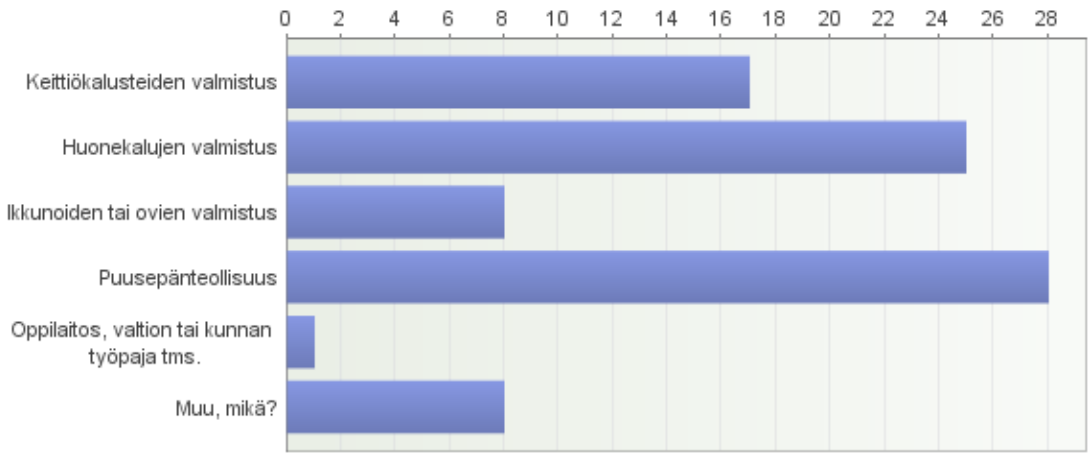
Potentiaalisille vastaajille lähetettiin sähköpostilla henkilökohtainen kyselylinkki Webropol-kyselyyn (liite 1) saateviestin kera (liite 2). Vastausaikaa kyselyyn annettiin kaksi viikkoa ja ensimmäisen viikon kuluttua lähetettiin muistutusviesti (liite 3) niille vastaajille, jotka eivät olleet vielä vastanneet kyselyyn. Kahden viikon kuluttua vastausajan päättyessä vastauksia oli saatu 68 kappaletta vastaussuhteen ollessa näin reilut 15 prosenttia.

Pyyntö aiheesta tehtyjen tutkimuksien ja aiheeseen liittyvän muun materiaalin saamiseksi esitettiin kolmelle ennestään tunnetulle eurooppalaiselle PCD –tuotteiden valmistajalle, yhdelle kasvotusten ja kahdelle muulle sähköpostin välityksellä. Materiaalia ei saatu.

5.1 Kyselytutkimuksen tulokset

5.1.1 Yrityksen toimiala

Kuvassa 14 on esitetty vastanneiden yritysten toimialat.



Kuva 14. Yritysten toimialat.

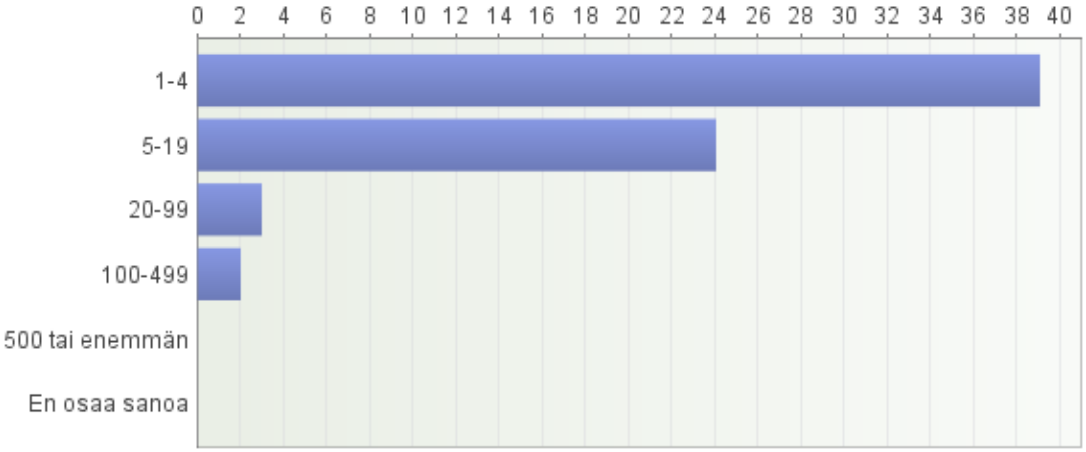
Suurin osa vastaajista ilmoitti toimialakseen puusepänteollisuus (28 kpl). Toiseksi eniten vastaajat ilmoittivat toimialakseen huonekalujen valmistus (25 kpl), kolmanneksi eniten keittiökalusteiden valmistus (17 kpl), neljänneksi eniten ikkunoiden tai ovien valmistus (8 kpl) ja muu (8 kpl) ja viidenneksi eniten oppilaitos, valtion tai kunnan työpaja tms. (1 kpl).

Vastausvaihtoehdon 'muu' valinneet vastaajat ilmoittivat toimialakseen seuraavia:

- pahka- ja kelotuotteet
- rakennusteollisuus
- verhoillut kalusteet
- vaneri koneistus
- puulelujen valmistus
- puuportaat
- portaat
- myymäläkalusteet

5.1.2 Yrityksen henkilömäärä

Kuvassa 15 on esitetty vastanneiden yritysten henkilömäärä.

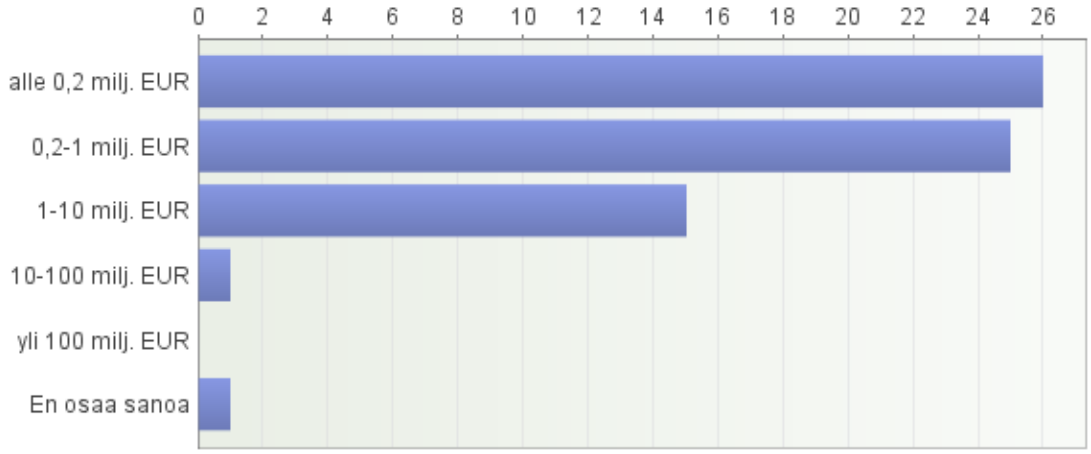


Kuva 15. Yritysten henkilömäärä.

Suurin osa vastaajista ilmoitti yrityksen henkilömääräksi 1-4 (39 kpl). Toiseksi eniten vastaajat ilmoittivat yrityksen henkilömääräksi 5-19 (24 kpl), kolmanneksi eniten 20-99 (3 kpl) ja neljänneksi eniten 100-499 (2 kpl). Yksikään vastaajista ei ilmoittanut henkilömääräksi 500 tai enemmän.

5.1.3 Yrityksen liikevaihto

Kuvassa 16 on esitetty vastanneiden yritysten liikevaihto.

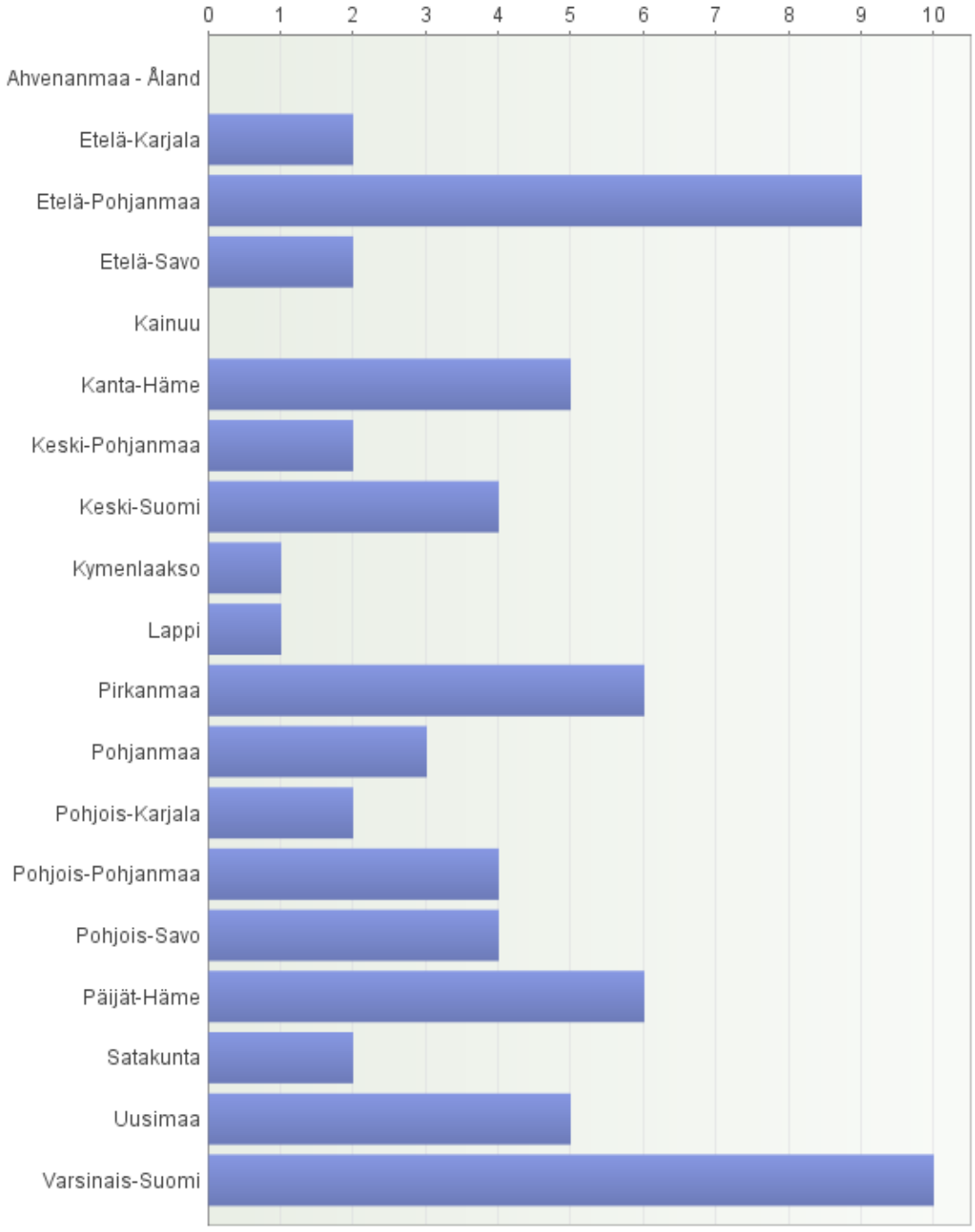


Kuva 16. Yritysten liikevaihto.

Suurin osa vastaajista ilmoitti yrityksen liikevaihdoksi alle 0,2 milj. eur (26 kpl). Toiseksi eniten vastaajat ilmoittivat yrityksen liikevaihdoksi 0,2-1 milj. eur (25 kpl), kolmanneksi eniten 1-10 milj. eur (15 kpl), neljänneksi eniten 10-100 milj. eur (1 kpl) ja en osaa sanoa (1 kpl). Yksikään vastaajista ei ilmoittanut liikevaihdoksi yli 100 milj. eur.

5.1.4 Toimipaikan sijainti

Kuvassa 17 on esitetty vastanneiden yritysten toimipaikan sijainti.



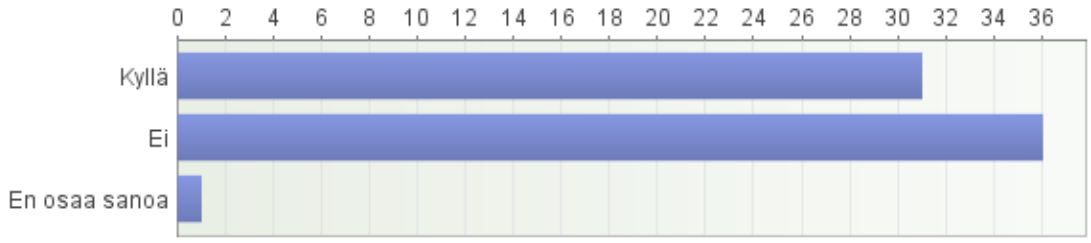
Kuva 17. Toimipaikan sijainti.

Eniten vastaajia oli Varsinais-Suomesta (10 kpl). Toiseksi eniten Etelä-Pohjanmaalta (9 kpl), kolmanneksi eniten Pirkanmaalta (6 kpl) ja Päijät-Hämeestä (6 kpl), neljänneksi eniten Kanta-Hämeestä (5 kpl) ja Uudeltamaalta (5 kpl), viidenneksi eniten Keski-Suomesta (4 kpl), Pohjois-Pohjanmaalta (4 kpl) ja Pohjois-Savosta (4 kpl), kuudenneksi eniten Pohjanmaalta (3 kpl), seitsemänneksi eniten Etelä-Karjalasta (2 kpl), Etelä-Savosta (2 kpl), Keski-

Pohjanmaalta (2 kpl), Pohjois-Karjalasta (2 kpl) ja Satakunnasta (2 kpl), kahdeksanneksi eniten Kymenlaaksosta (1 kpl) ja Lapista (1 kpl). Yksikään vastaajista ei ilmoittanut toimipaikaksi Ahvenanmaata tai Kainuuta.

5.1.5 Numeerisesti ohjattujen työstökoneiden (NC/CNC) esiintyminen yrityksissä

Kuvassa 18 on esitetty numeerisesti ohjattujen työstökoneiden (NC/CNC) esiintyminen yrityksissä.

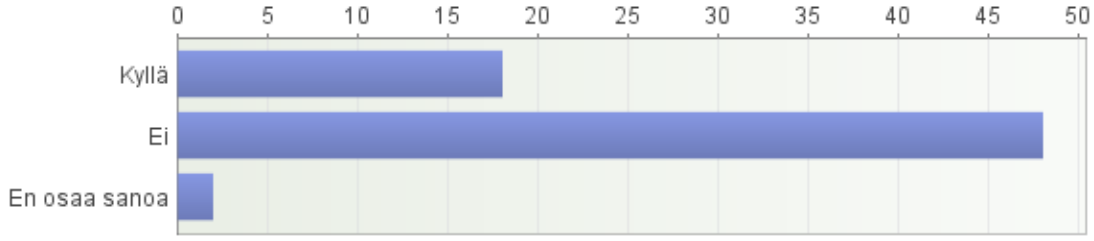


Kuva 18. Numeerisesti ohjattujen työstökoneiden (NC/CNC) esiintyminen yrityksissä.

Suurin osa vastaajista ilmoitti, että yrityksen käytössä ei ole numeerisesti ohjattua työstökonetta (36 kpl). Toiseksi suurin osa ilmoitti, että yrityksen käytössä on numeerisesti ohjattu työstökone (31 kpl). Vaihtoehdon 'en osaa sanoa' valitsi yksi vastaaja (1 kpl).

5.1.6 PCD –terien tunnettavuus yrityksissä

Kuvassa 19 on esitetty PCD –terien tunnettavuus yrityksissä.

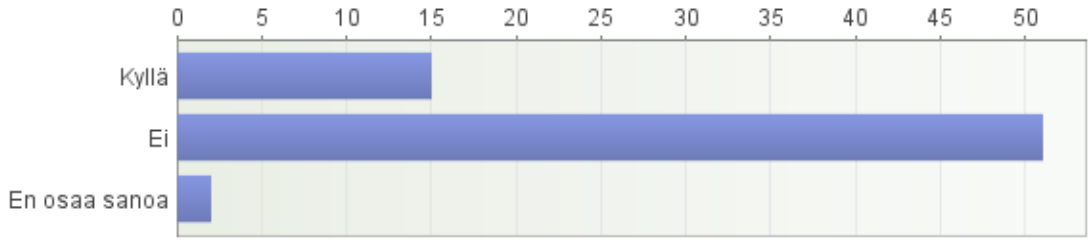


Kuva 19. PCD –terien tunnettavuus yrityksissä.

Suurin osa vastaajista ilmoitti, että PCD –terät eivät ole tunnettuja yrityksessä (48 kpl). Toiseksi suurin osa ilmoitti, että PCD –terät ovat tunnettuja yrityksessä (18 kpl). Kolmanneksi suurin osa ilmoitti, että 'en osaa sanoa' (2 kpl).

5.1.7 PCD –terien käyttö yrityksissä

Kuvassa 20 on esitetty PCD –terien käyttö yrityksissä.

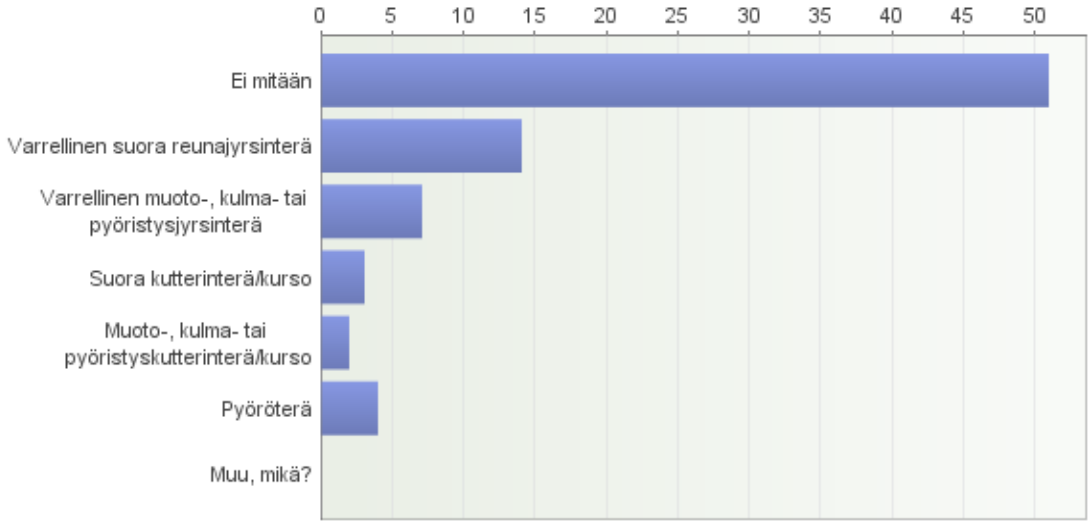


Kuva 20. PCD -terien käyttö yrityksissä.

Suurin osa vastaajista ilmoitti, että yrityksen käytössä ei tällä hetkellä ole käytössä PCD –teriä (51 kpl). Toiseksi suurin osa ilmoitti, että yrityksen käytössä on tällä hetkellä PCD –teriä (15 kpl). Kolmanneksi suurin osa ilmoitti, että 'en osaa sanoa' (2 kpl).

5.1.8 Yritysten käyttämät PCD -terät

Kuvassa 21 on esitetty vastanneiden yritysten käyttämät PCD –terät.

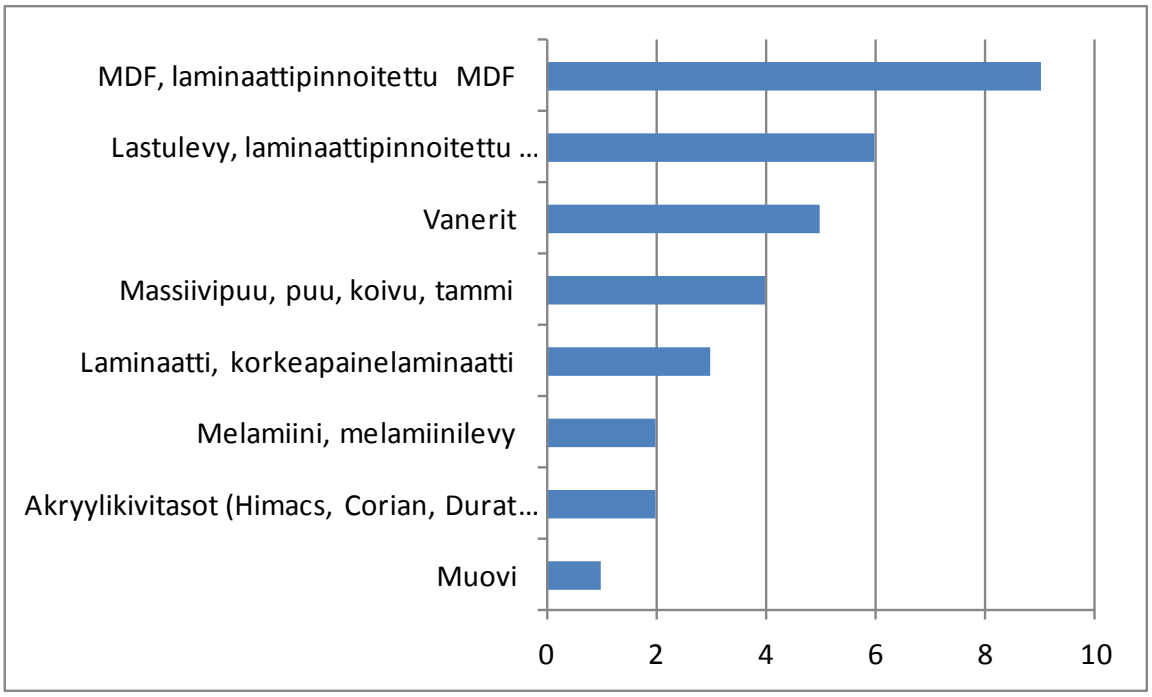


Kuva 21. Yritysten käyttämät PCD -terät.

Suurin osa vastaajista ilmoitti, että yrityksen käytössä ei ole mitään PCD –teriä (51 kpl). Toiseksi suurin osa ilmoitti, että käytössä on varrellinen suora reunajyrsinterä (19 kpl). Kolmanneksi suurin osa ilmoitti, että käytössä on varrellinen muoto-, kulma- tai pyöristysjyrsinterä (7 kpl). Neljänneksi suurin osa ilmoitti, että käytössä on pyöröterä (4 kpl). Viidenneksi suurin osa ilmoitti, että käytössä on suora kutterinterä/kurso (3 kpl). Kuudenneksi suurin osa vastasi, että käytössä on muoto-, kulma- tai pyöristyskutterinterä/kurso (2 kpl). Yksikään vastaajista ei valinnut vaihtoehtoa 'muu'.

5.1.9 Materiaalit, joita yrityksissä työstetään PCD –terillä

Kuvassa 22 on esitetty materiaalit, joita yrityksissä työstetään PCD –terillä.



Kuva 22. Materiaalit, joita yrityksissä työstetään PCD -terillä.

Suurin osa vastaajista ilmoitti PCD –terillä työstettäväksi materiaaliksi MDF tai laminaattipinnoitettu MDF (9 kpl). Toiseksi suurin osa vastasi lastulevy tai laminaattipinnoitettu lastulevy tai melamiinipinnoitettu lastulevy (6 kpl). Kolmanneksi suurin osa vastasi vanerit (5 kpl). Neljänneksi suurin osa vastasi Massiivipuu tai puu tai koivu tai tammi (4 kpl). Neljänneksi suurin osa vastasi Laminaatti tai korkeapainelaminaatti (3 kpl). Viidenneksi suurin osa vastasi melamiini tai melamiinilevy (2 kpl) ja akryylikivitasot (Himacs, Corian, Durat tms.) (2 kpl). Kuudenneksi suurin osa vastasi muovi (1 kpl). Kysymys oli vapaasanakysymys, joten ryhmät on luotu vastauksien perusteella.

5.1.10 PCD –terien ominaisuudet kovametalliteriin verrattuna

Taulukossa 1 on esitetty vastaajien näkemys PCD –terien paremmuudesta määrätyissä ominaisuuksissa kovametalliteriin verrattuna. (1=PCD –terä ei ole parempi kuin kovametalliterä. 5=PCD –terä on merkittävästi parempi kuin kovametalliterä.)

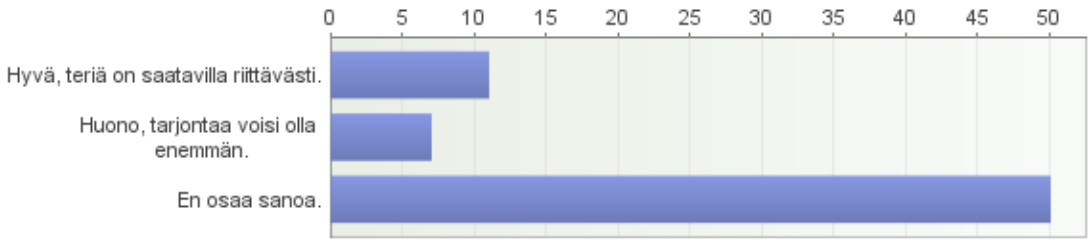
Taulukko 1. PCD –terän paremmuus kovametalliterään verrattuna määrätyissä ominaisuuksissa.

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**En osaa sanoa**		**Yhteensä**
Terän vaihto-/huoltoväli	0	1	1	4	10	1	.	17
Terän kokonaiskäyttöikä	0	1	2	5	6	3	.	17
Terän kestävyys käytössä	0	3	1	8	4	1	.	17
Terän tuottama työstöjälki	2	1	7	3	2	2	.	17
Terällä saavutettava tuotanto	0	2	4	2	6	3	.	17
Työstössä syntyvä pölytaso	3	2	2	2	1	7	.	17
Työstössä syntyvä melutaso	3	2	3	3	1	5	.	17
Terän kokonais edullisuus	1	3	0	7	4	2	.	17
Yhteensä	9	15	20	34	34	24		136

Terän huolto-/vaihtovälin suhteen suurin osa vastaajista oli sitä mieltä, että PCD –terä on merkittävästi parempi kuin kovametalliterä (vaihtoehto 5 → 10 kpl) keskiarvon ollessa noin 4,4. Myös terän kokonaiskäyttöiän suhteen suurin osa vastaajista oli sitä mieltä, että PCD –terä on merkittävästi parempi kuin kovametalliterä (vaihtoehto 5 → 6 kpl) keskiarvon ollessa noin 3,6. Terän kestävyyden käytössä suhteen suurin osa vastaajista oli sitä mieltä, että PCD –terä on huomattavasti parempi kuin kovametalliterä (vaihtoehto 4 → 8 kpl) keskiarvon ollessa noin 3,8. Terän tuottaman työstöjäljen suhteen suurin osa vastaajista oli sitä mieltä, että PCD –terä on tuntuvasti parempi kuin kovametalliterä (vaihtoehto 3 → 7 kpl) keskiarvon ollessa noin 2,9. Terällä saavutettavan tuotannon suhteen suurin osa vastaajista oli sitä mieltä, että PCD –terä on merkittävästi parempi kuin kovametalliterä (vaihtoehto 5 → 6 kpl) keskiarvon ollessa noin 3,4. Työstössä syntyvän pölytason suhteen suurin osa vastaajista oli sitä mieltä, että PCD –terä ei ole parempi kuin kovametalliterä (vaihtoehto 1 → 3 kpl) keskiarvon ollessa noin 1,6. Työstössä syntyvän melutason suhteen vastaukset jakautuivat siten, että mikään vaihtoehto ei saanut yksin enemmistöä keskiarvon ollessa noin 2,1. Terän kokonaisedullisuuden suhteen suurin osa vastaajista oli sitä mieltä, että PCD –terä on huomattavasti parempi kuin kovametalliterä (vaihtoehto 4 → 7 kpl) keskiarvon ollessa noin 3,4. Vaihtoehtoa 'en osaa sanoa' ei otettu mukaan näihin laskelmiin.

5.1.11 PCD –terien ja huollon saatavuus

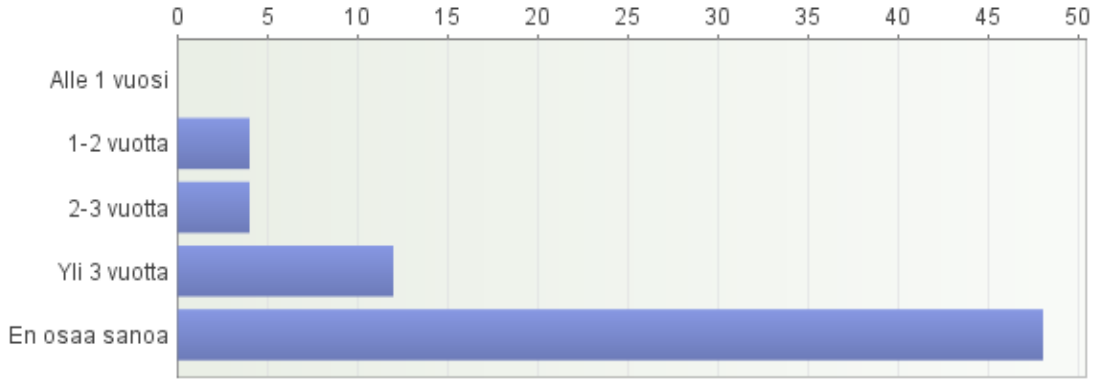
Kuvassa 23 on esitetty mitä mieltä vastaajat ovat PCD –terien saatavuudesta.



Kuva 233. PCD –terien saatavuus.

Suurin osa vastaajista ei osannut sanoa millainen on PCD –terien saatavuus (50 kpl). Toiseksi suurin osa oli sitä mieltä, että saatavuus on hyvä (11 kpl). Vähemmistö vastaajista oli sitä mieltä, että saatavuus on huono (7 kpl).

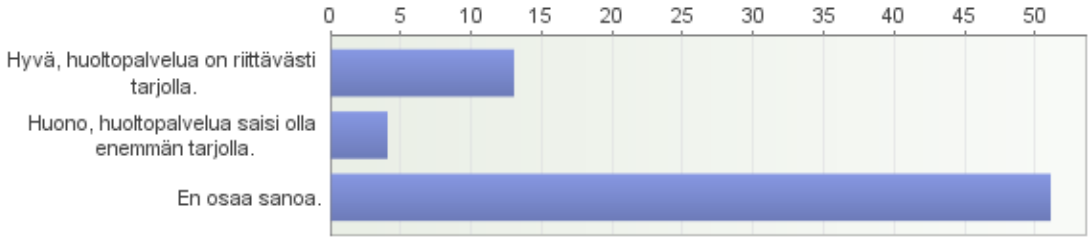
Kuvassa 24 on esitetty kuinka kauan PCD –teriä on ollut yritysten saatavilla.



Kuva 244. PCD –terien saatavuusaika.

Suurin osa vastaajista ei osannut sanoa kuinka kauan PCD –teriä on ollut saatavilla (48 kpl). Toiseksi suurin osa vastaajista ilmoitti, että PCD –teriä on ollut saatavilla yli 3 vuotta (12 kpl). Kolmanneksi suurin osa vastaajista ilmoitti, että PCD –teriä on ollut saatavilla 1-2 vuotta (4 kpl) ja 2-3 vuotta (4 kpl). Yksikään vastaajista ei valinnut vaihtoehtoa ’alle 1 vuosi’.

Kuvassa 25 on esitetty vastaajien näkemys PCD –terien huollon saatavuudesta.

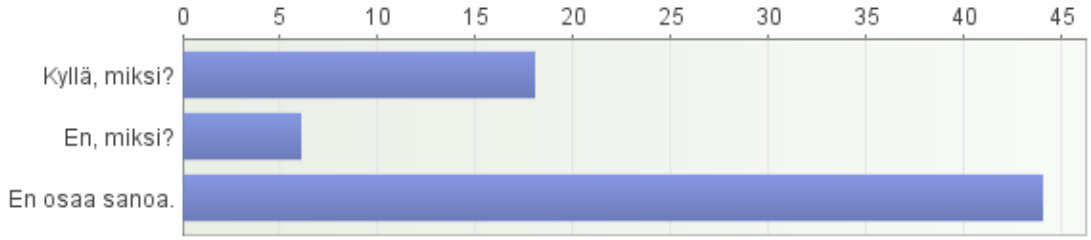


Kuva 255. PCD –terien huollon saatavuus.

Suurin osa vastaajista ei osannut sanoa kuinka hyvä on PCD –terien huollon saatavuus (51 kpl). Toiseksi suurin osa oli sitä mieltä, että PCD –terien huollon saatavuus on hyvä (13 kpl). Vähemmistö oli sitä mieltä, että PCD –terien huollon saatavuus on huono (4 kpl).

5.1.12 PCD –terän valinta kuluttavien materiaalien työstämiseen

Kuvassa 26 on esitetty vastaajien mielipide siitä, että valitsisivatko he kuluttavien materiaalien työstämiseen mieluummin PCD –terän kuin kovametalliterän.



Kuva 266. PCD –terän valinta kuluttavien materiaalien työstämiseen.

Suurin osa vastaajista ei osannut sanoa, että valitsisivatko he kuluttavien materiaalien työstämiseen mieluummin PCD –terän kuin kovametalliterän (44 kpl). Toiseksi suurin osa vastaajista vastasi valitsevansa PCD –terän kuluttavien materiaalien työstämiseen mieluummin kuin kovametalliterän (18 kpl). Vähemmistö vastaajista ei valitsisi mieluummin PCD –terää kuin kovametalliterää kuluttavien materiaalien työstämiseen (6 kpl).

Vastaajat, jotka valitsisivat mieluummin PCD –terän kuin kovametalliterän kuluttavien materiaalien työstämiseen ilmoittivat syiksi seuraavia:

- sahausmetrejä paljon enemmän
- terien huoltoväli pidempi (2 kpl)
- terän kokonaiskäyttöikä
- pidempi vaihtoaika
- Vaihtoväli aina pitempi. Joskus vähemmän kuin odottaa, mutta on pitempi.
- pysyy pitempään terävänä/ei vaihtoja
- kestävyys parempi
- käyttöikä
- ilmeisesti se on kestävämpi ja parempi
- Mikäli terien hankintakustannuksien ja huoltovälien suhde muodostuu taloudellisemmaksi tavanomaisiin vaihtoehtoihin nähden, kohdistuisi valintani PCD –teriin.

Vastaajat, jotka eivät valitsisi mieluummin PCD –terää kuin kovametalliterää kuluttavien materiaalien työstämiseen ilmoittivat syiksi seuraavia:

- pääosin hinta
- työstöjälki huono!
- kalliit terärikot
- terä ei ole lainkaan tuttu
- ei ole kokemusta kyseisistä teristä
- teroitushinta/kestävyys huono

5.1.13 Vapaasana

Vastaajat kertoivat seuraavia mielipiteitään, huomioitaan ja kommenttejaan aiheeseen liittyen:

- Käytämme pääasiassa yksileikkoisia teriä niiden halvemman hankintahinnan takia. Jos PCD –terä rikkoutuu esim. irtoaa yksi teräpala, sen korjaaminen on todella kallista. Kannattaa melkein heittää terä roskiin.

- Timanttiterät eivät sovellu epäpuhtaiden levyjen työstöön, esim. kivi lastulevyssä tuhoaa terän!

- Pyöröterien hinta ja huoltohinta vielä liian korkeita.

- Ns. timanttiterät ovat hyviä käytössä niin kauan kun voidaan työstää puhtaita materiaaleja, joissa ei ole santaa/kiviä/epäpuhtauksia. Silloin kun esiintyy liikaa epäpuhtauksia esim. lastulevyn keskilastukerroksessa kannattaa pääteränä käyttää vai kovametalliteriä/kestää epäpuhtauksia paremmin.

- Huolto- ja toimitusajat pitkiä, tarvitaan useita teriä, halkaisija muuttuu teroituksessa.

- Työstämme portaiden osat CNC –koneella toisella yrittäjällä.

- Timanttiterien hyöty on kiinni hyvin paljon työstettävästä materiaalista. Jos työstettävä materiaali sisältää hiekkaa tai kiveä niin terä ei välttämättä sovellu koneeseen.

5.2 Tulosten yhteenveto

Kyselyyn vastanneita yrityksiä oli kaikista muista maakunnista paitsi Ahvenanmaalta ja Kainuusta. Eniten vastaajia oli Varsinais-Suomesta ja Etelä-Pohjanmaalta. Suurin osa vastanneista yrityksistä oli pieniä, 1-4 henkilöä työllistäviä ja alle yhden miljoonan euron liikevaihdolla toimivia yrityksiä. Kaikki vastaajat olivat puutuoteteollisuuden parista ja näin ollen suurelta osin potentiaalisia tuntemaan puutuoteteollisuudessa käytettävät PCD –terät. Tutkimus kuitenkin osoitti, että vastaajista vain noin neljännes tunsi PCD –terät.

PCD –teriä käytetään oletettavasti suurelta osin numeerisesti ohjatuissa työstökoneissa. Vastaajista, joiden yrityksissä oli käytettävissä numeerisesti ohjattu työstökone vain vähän yli

puolet vastasi, että PCD –terät ovat tunnettuja yrityksessä ja hieman alle puolet vastasi, että heillä on käytössä PCD –teriä. Eniten oli käytössä varrellisia suoria reunajyrsinteriä ja toiseksi enitenkin varrellisia muoto-, kulma- tai pyöristysjyrsinteriä. Työstettävistä materiaaleista yleisin oli MDF.

Työstöominaisuuksien vertailussa PCD –terien ja kovametalliterien välillä PCD –terä sai parhaan keskiarvotuloksen terän huolto-/vaihtovälin kohdalla. Eniten hajontaa vastauksissa oli työstössä syntyvän pölytason ja työstössä syntyvän melutason kohdalla. Työstössä syntyvän pölytason kohdalla PCD –terä sai myös heikoimman keskiarvotuloksen.

Suurin osa vastaajista ei osannut sanoa millainen on heidän mielestään PCD –terien tai niiden huollon saatavuus. Niistä vastaajista, jotka osasivat sanoa, enemmistö vastasi molempiin, että saatavuus on hyvä eli teriä ja huoltoa on saatavilla riittävästi. Suurin osa vastaajista ei osannut sanoa kuinka kauan PCD –teriä on ollut heidän saatavillaan. Niistä vastaajista, jotka osasivat sanoa, enemmistö vastasi, että PCD –teriä on ollut heidän saatavillaan yli 3 vuotta.

Suurin osa vastaajista ei osannut sanoa valitsisivatko he kuluttavien materiaalien työstämiseen mieluummin PCD –terän kuin kovametalliterän. Niistä vastaajista, jotka osasivat sanoa, enemmistö valitsisi mieluummin PCD –terän kuin kovametalliterän kuluttavien materiaalien työstämiseen. Suurimpina PCD –terien etuina pidettiin pidempää vaihtoväliä ja kokonaiskestoikää. Suurimpina PCD –terien heikkouksina pidettiin kallista hintaa ja sitä, ettei terä ollut tuttu. Vapaassa sanassa mainittiin useasti, että PCD –terä ei sovellu epäpuhtaiden materiaalien työstämiseen, koska niissä PCD –terä rikkoontuu ja sen korjaaminen on kallista.

6 YHTEENVETO

Lähes puolessa vastanneissa puutuoteteollisuuden yrityksissä on käytössä numeerisesti ohjattu työstökone. Näistä vain vajaa puolet käyttää PCD –teriä ja vain vähän reilu puolet tuntee PCD –terät. Kaikista vastaajista vain noin neljännes ilmoitti tuntevansa PCD –terät. Lisäksi selkeästi suurin osa kaikista vastaajista ei osannut sanoa millainen on PCD –terien sekä niiden huollon saatavuus ja kuinka kauan PCD –teriä on ollut saatavilla. Näin ollen voidaan olettaa, että puutuoteteollisuuden parista löytyy vielä runsaasti uusia potentiaalisia PCD –terien käyttäjiä ja sen myötä myös uusia potentiaalisia PCD –terien huoltoasiakkaita vaikkakin suurin osa niistä vastaajista, joille PCD –terät ovat tuttuja ja käytössä ilmoittikin, että PCD –teriä ja niiden huoltoa on saatavilla riittävästi. Tutkimustulosten perusteella voidaan olettaa, että suurimmat markkinat PCD –terille löytyvät Varsinais-Suomesta ja Etelä-Pohjanmaalta. Pienimmät markkinat näyttäisivät olevan Ahvenanmaalla ja Kainuussa. Suurin osa potentiaalisista asiakkaista on pieniä yrityksiä.

Tutkimustulosten perusteella työstettävillä materiaaleilla on suuri vaikutus siihen, kannattaako työstöön valita kovametalliterä vai PCD –terä. Mikäli työstetään materiaaleja, joissa voi olla epäpuhtauksia, kovametalliterä on oikea valinta. Sen sijaan puhtaiden kuluttavien materiaalien työstössä PCD –terillä saavutetaan merkittävästi pidempi terän vaihtoväli kuin kovametalliterillä, joten tältä osin PCD –terien valmistajien mainoslauseet pitävät hyvin paikkaansa. Myös terän kokonaiskäyttöikä, terän kestävyys käytössä ja terällä saavutettava tuotanto on PCD –terien kohdalla aina parempi kuin kovametalliterillä. Tutkimustulosten perusteella terän tuottaman työstöjäljen, työstössä syntyvän pöly- ja melutason sekä terän kokonaisedullisuuden suhteen PCD –terät eivät joissakin tapauksissa ole parempia kuin kovametalliterät. Näidenkin ominaisuuksien kohdalla kuitenkin selkeä enemmistö vastaajista oli sitä mieltä, että PCD –terät ovat parempia kuin kovametalliterät.

Tutkimustulosten perusteella PCD –teriä käyttävissä puutuoteteollisuuden yrityksissä on käytössään selkeästi eniten varrellisia suoria jyrsinteriä sekä varrellisia muoto-, pyöristys- tai viisteteriä. Näin ollen voidaan olettaa, että suurin osa maahantuojan ja myyjän varastoitavista PCD –teristä kannattaa olla varrellisia jyrsinteriä. Lisäksi tutkimustulosten mukaan suosituin PCD –terillä työstettävä materiaali on MDF, joten PCD –terien tulee olla MDF:n työstöön soveltuvaa tyyppiä. Tutkimusvastauksissa kritisoitiin PCD –terien kalliita hankinta- ja huoltohintoja sekä pitkiä toimitus- ja huoltoaikoja. Näin ollen PCD –terien myyjän kannattaa

kiinnittää huomiota näihin asioihin terien toimittajia ja mahdollista huoltokumppania valitessaan saavuttaakseen parhaan mahdollisen asiakastyytyväisyyden. Sen sijaan tutkimusvastauksissa ei mainittu PCD –terien laadun heikkoudesta, joten voidaan olettaa, että kaikki markkinoilla olevat PCD –terät täyttävät laadullisesti asiakkaiden vaatimukset.

Tähän tutkimukseen ei saatu mukaan materiaalia PCD –tuotteiden valmistajilta, joten vertailua valmistajien tutkimustuloksiin ei voitu suorittaa. Samoin aiheesta tehtyjä muita tutkimuksia ei vapaista tietokannoista löytynyt, joten vertailua ei niihinkään voitu tehdä.

PCD –tuotteita on käytössä puutuoteteollisuuden lisäksi monilla muillakin teollisuudenaloilla ja esimerkiksi Suomessa perinteikkään metalliteollisuuden parissa voitaisiin suorittaa vastaavankaltainen tutkimus loppukäyttäjien näkökulmasta. Tätä nyt tehtyä tutkimusta voitaisiin tarkentaa siten, että valittaisiin muutamilta tunnetuilta PCD –valmistajilta esimerkiksi MDF:n työstämiseen tarkoitetut vastaavanlaiset tuotteet ja vertailtaisiin, että löytyykö eri valmistajien tuotteiden välillä eroja työstöominaisuuksissa ja laadussa.

LÄHTEET

Auvinen, Isomäki, Koponen, Saimovaara, Tiainen & Tolvanen 2002, *Puutuoteteollisuus 3. Puusepänteollisuus*, Edita Oy, Helsinki, ISBN 952-13-1449-4.

Element Six 2012, *PCD (Polycrystalline diamond)*, luettu 6.10.2012, <http://www.e6.com/wps/wcm/connect/E6_Content_EN/Home/Materials+and+products/PCD/>.

EPMA, European Powder Metallurgy Association 2012, luettu 27.8.2012

1.) <http://www.epma.com/New_non_members/selecting_pm.htm>.

2.) <http://www.epma.com/New_non_members/pm_process.htm>.

3.) <http://www.epma.com/New_non_members/conventional_processing.htm>.

Hemmilä & Usenius ym. 2001, *Ympäristöystävällinen puuntyöstö*, VTT, luettu 20.8.2012, <http://www.vtt.fi/inf/pdf/julkaisut/2001/J849.pdf>

Homag Group 2012, *Unit and clamping element catalogue*, luettu 28.8.2012, <http://homaggroupwebapp.homag.de/Medien/Prospekt_Aggregate_Spannmitel_E_14939.pdf>.

Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 2002, *Valmistustekniikka*, Hakapaino Oy, Helsinki, ISBN 951-672-205-9.

Kauppinen, V 1995, *NC-koneiden historiaa ja kehitysnäkymiä*, Valmistustekniikan kerho, luettu 20.8.2012, <http://vtk.ayy.fi/julkaisut/1995.pdf>.

Koponen, H 2005, *Puutuoteteollisuus 4. Puulevytuotanto,* Edita Prima Oy, Helsinki, ISBN 952-13-1450-8.

Lepola & Makkonen 2000, *Materiaalit ja niiden käyttö*, WS Bookwell Oy, Porvoo, ISBN 951-0-24908-4.

LSAB 2013, *Tuotteet jatkojalostukseen*, luettu 1.2.2013

1.) <http://www.lsab.se/fi/tuotteet-puuteollisuus/tuotteet-jatkojalostukeen/tasohoylays-ja-profilointi/speedflex-universaali-va>.

2.) <http://www.lsab.se/fi/tuotteet-puuteollisuus/tuotteet-jatkojalostukeen/ikkunat-profilointi-ja-tapitus/rekord-topfix>.

Malmin Terä Oy 2013, *Tuotteet*, luettu 1.2.2013

1.) *Muotokursot,* <http://www.malmintera.fi/muotokursot.htm>.

2.) *Kovametallipyöröterät,* <http://www.malmintera.fi/kovametallipyoroterat.htm>.

MPIF, Metal Powder Industries Federation 2012, luettu 28.8.2012

1.) <http://www.mpif.org/IntroPM/whypm.asp?linkid=3>.

2.) <http://www.mpif.org/IntroPM/process.asp?linkid=2>.

Pikkarainen, E & Mustonen, M 2010, *Numeerisesti ohjatut työstökoneet*, Opetushallitus, Helsinki, ISBN 978-952-13-4590-6.

Prima Tooling Ltd. 2012, *Diamond router tooling*, luettu 8.10.2012, <http://www.primatooling.co.uk/diamond_router_tooling.asp>.

Projecta Oy 2012, *CNC-työstökeskus Weeke Vantage 28 ja muut*, luettu 28.8.2012

1.)<http://www.projecta.fi/Webroot/1004628/ProductInfo.aspx?id=1006087&ProductCategory=&Product=1033>.

2.)<http://www.projecta.fi/Webroot/1004628/ProductInfo2011.aspx?id=1006087&ProductCategory=44&Product=360>.

3.)<http://www.projecta.fi/Webroot/1004628/ProductInfo2011.aspx?id=1006087&ProductCategory=44&Product=332>.

Rinaldi S.R.L. 2012, *Milling cutters*, luettu 8.10.2012

1.) <http://www.rinaldi.it/modules_cms/PrCatPage.php?cc=33&pc=0>.

2.) <http://www.rinaldi.it/modules_cms/PrCatPage.php?cc=31&pc=38>.

SCMGroup 2012, *CNC –router Morbidelli Universal*, luettu 28.8.2012, <http://www.scmgroupna.com/p-571-universal-nb-cnc-router.aspx>.

Suomen Kovametalli Oy 2012, *Teknologia*, luettu 8.10.2012, <http://sukome.fi/?page_id=14>.

Voutilainen, Isomäki, Jussila, Lampinen, Lindeman, Mäkinen, Osara, Peltonen, Sahinoja, Taskinen, Vanhatalo, Varonen, Virolainen & Welling 2002, *Puutuoteteollisuus 1. Tekniset ja taloudelliset perusteet,* Edita Prima Oy, Helsinki, ISBN 952-12-1447-8.

Wikipedia 2012, *Synthetic diamond*, luettu 6.10.2012, <http://en.wikipedia.org/wiki/Synthetic_diamond>.

KYSELYLOMAKE

PCD-TERÄT

PCD (Polycrystalline Diamond) koostuu mikrokokoisten synteettisten timanttien jauheesta, joka on sintrattu tiiviiksi korkeassa paineessa ja lämpötilassa. PCD-teriä käytetään niiden erittäin hyvän kulutuskestävyyden ansiosta kuluttavien materiaalien työstämiseen.

1. Yrityksenne toimiala: *

Valitkaa yksi tai useampi yrityksenne toimintaa parhaiten kuvaava toimiala.

☐ Keittiökalusteiden valmistus

☐ Huonekalujen valmistus

☐ Ikkunoiden tai ovien valmistus

☐ Puusepänteollisuus

☐ Oppilaitos, valtion tai kunnan työpaja tms.

☐ Muu, mikä?

2. Yrityksenne henkilömäärä: *

Valitkaa parhaiten yrityksenne henkilömäärää kuvaava vaihtoehto.

◯ 1-4

◯ 5-19

◯ 20-99

◯ 100-499

◯ 500 tai enemmän

◯ En osaa sanoa

3. Yrityksenne liikevaihto: *

Valitkaa yrityksenne viimeksi päättyneen tilikauden liikevaihtoa kuvaava vaihtoehto.

◯ alle 0,2 milj. EUR

- ◯ 0,2-1 milj. EUR
- ◯ 1-10 milj. EUR
- ◯ 10-100 milj. EUR
- ◯ yli 100 milj. EUR
- ◯ En osaa sanoa

4. Toimipaikkanne sijainti: *

Valitkaa toimipaikkanne maakunta.

- ◯ Ahvenanmaa - Åland
- ◯ Etelä-Karjala
- ◯ Etelä-Pohjanmaa
- ◯ Etelä-Savo
- ◯ Kainuu
- ◯ Kanta-Häme
- ◯ Keski-Pohjanmaa
- ◯ Keski-Suomi
- ◯ Kymenlaakso
- ◯ Lappi
- ◯ Pirkanmaa
- ◯ Pohjanmaa
- ◯ Pohjois-Karjala
- ◯ Pohjois-Pohjanmaa
- ◯ Pohjois-Savo
- ◯ Päijät-Häme
- ◯ Satakunta
- ◯ Uusimaa
- ◯ Varsinais-Suomi

5. Onko yrityksessänne käytössä numeerisesti ohjattua työstökonetta (NC/CNC)? *

- ◯ Kyllä
- ◯ Ei
- ◯ En osaa sanoa

PCD-terien tunnettavuus

6. Ovatko PCD-terät tunnettuja yrityksessänne? *

- ○ Kyllä
- ○ Ei
- ○ En osaa sanoa

7. Onko yrityksessänne tällä hetkellä käytössä PCD-teriä? *

- ○ Kyllä
- ○ Ei
- ○ En osaa sanoa

8. Mitä PCD-teriä yrityksellänne on tai on ollut käytössä? *

Valitkaa yksi tai useampi vaihtoehto. Jos vastaatte 'Ei mitään', siirrytte suoraan kysymykseen 11.

- ☐ Ei mitään
- ☐ Varrellinen suora reunajyrsinterä
- ☐ Varrellinen muoto-, kulma- tai pyöristysjyrsinterä
- ☐ Suora kutterinterä/kurso
- ☐ Muoto-, kulma- tai pyöristyskutterinterä/kurso
- ☐ Pyöröterä
- ☐ Muu, mikä?

9. Mitä materiaaleja yrityksessänne työstetään PCD-terillä?

_____

_____

_____

Kokemukset PCD-terien käytöstä

10. Kuinka paljon parempi PCD-terä on kovametalliterään verrattuna seuraavissa ominaisuuksissa?

Valitkaa kunkin ominaisuuden kohdalta mielestänne kuvaavin vaihtoehto asteikolla 1-5. (1=PCD ei ole parempi kuin kovametalli, 5=PCD on merkittävästi parempi kuin kovametalli).

	1	2	3	4	5	En osaa sanoa
Terän vaihto-/huoltoväli	○	○	○	○	○	○
Terän kokonaiskäyttöikä	○	○	○	○	○	○
Terän kestävyys käytössä	○	○	○	○	○	○
Terän tuottama työstöjälki	○	○	○	○	○	○
Terällä saavutettava tuotanto	○	○	○	○	○	○
Työstössä syntyvä pölytaso	○	○	○	○	○	○
Työstössä syntyvä melutaso	○	○	○	○	○	○
Terän kokonaisedullisuus	○	○	○	○	○	○

PCD-terien saatavuus ja huolto

11. Millainen on PCD-terien saatavuus? *

Valitkaa mielestänne kuvaavin vaihtoehto.

○ Hyvä, teriä on saatavilla riittävästi.

○ Huono, tarjontaa voisi olla enemmän.

○ En osaa sanoa.

12. Kuinka kauan PCD-teriä on ollut saatavillanne? *

Valitkaa mielestänne kuvaavin vaihtoehto.

○ Alle 1 vuosi

○ 1-2 vuotta

○ 2-3 vuotta

○ Yli 3 vuotta

○ En osaa sanoa

13. Millainen on PCD-terien huollon saatavuus? *

Valitkaa mielestänne kuvaavin vaihtoehto.

○ Hyvä, huoltopalvelua on riittävästi tarjolla.

○ Huono, huoltopalvelua saisi olla enemmän tarjolla.

○ En osaa sanoa.

14. Valitsisitteko kuluttavien materiaalien työstämiseen mieluummin PCD-terän kuin kovametalliterän? *

Valitkaa mielestänne sopivin vaihtoehto ja perustelkaa halutessanne vastauksenne lyhyesti.

○ Kyllä, miksi?

◯ En, miksi?

◯ En osaa sanoa.

15. Vapaa sana. Aiheeseen liittyviä mielipiteitänne, huomioitanne, muita kommenttejanne?

_____

_____

_____

16. Täyttäkää yhteystietonne, mikäli haluatte vastaanottaa ilmaisen tuotelahjan ja osallistua PCD-jyrsinterän arvontaan. Tutkimus toteutetaan nimettömänä, joten tietoja ei tulla käyttämään tutkimuksessa.

Vastaajan nimi

_____

Yritys / Organisaatio

_____

Osoite

_____

Postinumero ja -toimipaikka

_____

Sähköposti

_____

KYSELYN SAATEVIESTI

Arvoisa vastaanottaja,

Tunnetteko PCD -terät ja oletteko mahdollisesti käyttäneet niitä? Vastaamalla oheiseen kyselyyn saatte ilmaisena tuotelahjana tyylikkään pyyhkeen ja lisäksi osallistutte laadukkaan PCD -jyrsinterän arvontaan! Vastaaminen on helppoa ja nopeaa. Vastausaikaa on 18.1.2013 saakka.

Tässä tutkimuksessa tutkitaan PCD (Polycrystalline Diamond) -terien käyttöä puun työstössä. Tutkimus tehdään opinnäytetyönä (insinööri, ylempi amk) Kajaanin ammattikorkeakoulun tekniikan osaston kanssa. Lisätietoja tutkimuksesta saatte minulta tai työn ohjaajalta yliopettaja Eero Pikkaraiselta sähköpostilla (s-posti) tai puhelimella (puh.nro).

Ystävällisin terveisin

Mikko Mulari
(puh.nro)
(s-posti)

Linkki kyselyyn:

https://www.webropolsurveys.com/R/xxxxx.par

KYSELYN MUISTUTUKSEN SAATEVIESTI

Arvoisa vastaanottaja,

Lähetimme teille viikko sitten kutsun tutkimuskyselyyn PCD (Polycrystalline Diamond) -teristä. Vastausaikaa on perjantaihin 18.1.2013 saakka. Kaikille vastaajille ilmainen tuotelahja ja lisäksi arvotaan yksi laadukas PCD -jyrsinterä. Vastaaminen on nopeaa ja helppoa. Kiitos vaivannäöstänne.

Ystävällisin terveisin

Mikko Mulari
(puh.nro)
(s-posti)

Linkki kyselyyn:

https://www.webropolsurveys.com/R/xxxxx.par