

PUUNTYÖSTÖ- JA TUOTANTOTEKNIikka

Uuden oppimateriaalin luominen

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Materiaalitekniikan koulutusohjelma
Puutekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Mona Lindroth

Lahden ammattikorkeakoulu
Materiaalitekniikan koulutusohjelma

LINDROTH, MONA:

Puuntyöstö- ja tuotantotekniikka
Uuden oppimateriaalin luominen

Puutekniikan opinnäytetyö, 69 sivua, 7 liitesivua

Kevät 2018

TIIVISTELMÄ

Lahden ammattikorkeakoululle luotiin opinnäytetyönä uusi kirjallinen oppimateriaali Puuntyöstö- ja tuotantotekniikka -kurssille, joka kuuluu puutekniikan opiskelijoiden opetussuunnitelmaan. Uusi oppimateriaali oli ensimmäisen kerran käytössä syksyllä 2017. Silloin kurssi toteutettiin verkko-opetuksena, jossa oli tentin sijaan kaksi harjoitustyötä. Arvosanat annettiin harjoitustöiden perusteella, toinen harjoitustyöstä sisälsi 20 kysymystä uudesta oppimateriaalista ja se oli opinnäytetyön kirjoittajan tekemä. Toinen harjoitustyö oli puuntyöstö- ja tuotantotekniikka -kurssin opettajan laatima.

Lähtökohtana uuden oppimateriaalin luomiselle oli kurssin vanha oppimateriaali, jonka jo eläkkeelle jäänyt puutekniikan opettaja oli koonnut. Tuo vanha materiaali oli Word-tiedostoon kirjoitettua tekstiä, joka oli huonosti jäsenneltyä ja sekavaa myöhemmin tehtyjen lisäysten takia. Se oli kuitenkin kattava ja sisälsi paljon yksityiskohtaista tietoa, jota on vaikeaa löytää kirjoista tai internetistä. Teksti ei sisältänyt lähdeviitteitä, joten alkuperäisiä lähteitä ei voitu käyttää uuden oppimateriaalin lähteinä.

Uudelta oppimateriaalilta odotettiin selkeyttä, johdonmukaisuutta ja päivitettyä tietoa. Sen lähteinä käytettiin aiheeseen liittyviä oppikirjoja, internetiä ja sitä varten haastateltiin puutekniikan alan ammattilaisia. Sisällöltään uusi materiaali on hyvin samankaltainen kuin edeltäjänsä, mutta asiat on esitetty siinä hieman eri järjestyksessä.

Opiskelijoiden antaman palautteen perusteella uuden oppimateriaalin voitiin todeta päässeensä tavoitteeseensa. Sitä keuhuttiin kattavaksi ja selkeäksi tietopakettiksi, josta suurin osa opiskelijoista koki saaneensa riittävästi tietoa. Kritiikkiä opiskelijat antoivat joidenkin aiheiden liian pinnallisesta läpikäynnistä ja epäselvistä selostuksista. Saadun palautteen ja kehitysideoiden perusteella oppimateriaalia muokattiin kurssin jälkeen entistä paremmaksi.

Asiasanat: puuntyöstötekniikka, puuntuotantotekniikka, oppimateriaali, puutekniikka

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Materials Technology

LINDROTH, MONA:

Wood Machining and Production Engineering
Creating new lecture material

Bachelor's Thesis in Wood Technology

69 pages, 7 pages of appendices

Spring 2018

ABSTRACT

The objective of this thesis was to create new lecture material for Lahti University of Applied Sciences. The book-like material is part of wood technology students' curriculum and is used in the Wood Machining and Production Engineering course. The material was used for the first time in autumn 2017. Then the course was carried out as an online course, which had two assignments instead of an exam. The grades were given based on the assignments. One of the assignments consisted of 20 questions regarding the new lecture material and it was made by the writer of this thesis. The other assignment was made by the course teacher.

The new lecture material was based on the old material of the course, which had been created by an already retired teacher. That old material was written in Microsoft Word format and it was poorly structured and confusing, because there were parts that had been added afterwards. Still, it was comprehensive and included lots of useful information that is hard to find in books or in the internet. The old text did not include references, so old sources could not be used as references in the new lecture material.

The requirements for the new lecture material were clarity, consistency and up-to-date information. The sources of information were old books dealing with the subject, internet and an interview with a professional of wood technology and production. The contents of the new material are quite the same as in the old lecture material, but the information is structured better.

According to the feedback from the students, the new material has achieved the targets. It is said to be a comprehensive and clear set of information and most of the students said that they got enough information from the material. Some students criticised that some parts of the material were quite superficial and in some parts the formulations were a little bit unclear. After the course, the lecture material was made better according to the feedback and development ideas.

Keywords: wood machining technology, wood production engineering, lecture material, wood technology

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	PUUNTYÖSTÖTEKNIikka	3
2.1	Lastuamisen perusteet	3
2.2	Pinnanlaatu	4
2.3	Puuntyöstöterät ja terämateriaalit	7
2.3.1	Kovametalli	7
2.3.2	Pikateräs	9
2.3.3	Timanttiterät	9
2.4	Teräkulmat	10
2.5	Terien huoltaminen	13
2.5.1	Terien tylsyminen	13
2.5.2	Teroitushionta ja terän tasapainotus	14
3	TUOTANTOTEKNIikka	17
3.1	Katkominen	17
3.2	Puumateriaalin jatkaminen	18
3.3	Särmäys ja halkaisu	20
3.4	Höyläys	21
3.4.1	Oikohöyläys	21
3.4.2	Tasohöyläys	22
3.4.3	Muotohöyläys	23
3.5	Tarkistussahaus	25
3.6	Jyrsintä ja tapitus	26
3.6.1	Alajyrsintä	27
3.6.2	Yläjyrsintä	28
3.6.3	Muotojyrsintä	28
3.6.4	Tapittaminen	29
3.7	Poraus ja liittäminen	30
3.7.1	Poraaminen	31
3.7.2	Loveaminen ja talttaaminen	32
3.8	Reunalistointi	33
3.9	Hionta	34
3.9.1	Hiomamateriaali	35
3.9.2	Hiomakoneet	36

3.10	Sorvaaminen	38
3.11	Uudet työstötavat	39
4	OPPIMATERIAALIN LUOMINEN	41
4.1	Käytössä olevat oppimateriaalit	41
4.2	Odotukset hyvästä oppimateriaalista	42
4.3	Puuntyöstö- ja tuotantotekniikka -kurssi	44
4.4	Uuden oppimateriaalin tekeminen	45
4.5	20 kysymyksen harjoitustyö	50
5	PALAUTE OPPIMATERIAALISTA	53
5.1	Palautekysely	53
5.2	Tulokset	54
5.3	Tulosten analysointi	58
5.4	Omaa pohdintaa	61
6	YHTEENVETO	65
	LÄHTEET	67
	LIITTEET	70

1 JOHDANTO

Opinnäytetyönä tehdään uusi oppimateriaali Lahden ammattikorkeakoulun (LAMK) Puuntyöstö- ja tuotantotekniikka kurssille. Kurssin laajuus on neljä opintopistettä. Kurssi on nimensä mukaisesti kaksiosainen. Puuntyöstön osuus sisältää aiheet lastuamisen perusteet, pinnanlaatu, puuntyöstöterät sekä terien huoltaminen. Tuotantotekniikan osuus sisältää opetusta muun muassa katkaisusta, särmäyksestä, puumateriaalin jatkamisesta, höyläyksestä, jyrsinnästä, porauksesta ja hionnasta. Opinnäytetyön teoriaosuus käsittelee näitä asioita.

Lukuvuoden 2016–2017 opetussuunnitelmaan on kirjattu seuraavat osamistavoitteet kyseiselle kurssille: Opiskelija hallitsee puuntyöstön perusasiat ja kykenee valitsemaan sopivat työstömenetelmät tuotevalmistuksen eri vaiheisiin. Opiskelija tuntee terien työstöjäljen ja osaa valita oikean työstötavan siten, että työ on taloudellista ja jälki on laadukasta. Lisäksi opiskelijan tulee kurssin jälkeen kyetä keskustelemaan teristä ja niiden materiaaleista terätoimittajan kanssa. Kurssin sisältöön kuuluvat puun lastuava työstö, erilaiset työstöterät, terämateriaalit, terien huolto ja hyvä pinnanlaatu. Lisäksi siinä perehdytään erilaisiin tuotantomenetelmiin, perinteisiin ja moderneihin puuntyöstökoneisiin sekä puuntyöstökoneiden käyttöön ja ominaisuuksiin. (LAMK 2017.)

Samaisella kurssilla on aiempina vuosina käytetty nyt jo eläkkeelle jääneen puutekniikan opettajan kokoamaa oppimateriaalia. Se sisältää noin 50 sivun pituisen lukupaketin työstötekniikka-osiosta. Tuotantotekniikan osio toteutettiin ryhmitöinä, joissa pareittain esiteltiin jokin tuotantomenetelmä. Lukupaketti oli kattava, mutta hieman sekava. Tuotantotekniikan esitelmät jäivät monilla pinnallisiksi, sillä aiheista on vaikea löytää tieteellistä tekstiä. Uuden oppimateriaalin tavoitteena oli olla selkeä, hyvin jäsennely ja kattava tietopaketti koko aiheesta. Oppimateriaali otettiin käyttöön syyslukukaudella 2017.

Opinnäytetyön kaksi ensimmäistä kappaletta, puuntyöstötekniikka ja tuo-

tantotekniikka muodostivat työn teoriaosuuden, jossa luotiin pohja kurssimateriaalissa tarvittavalle teorialle. Kappaleet 4 ja 5 esittelevät työn käytännön osuutta, jonka tuloksena tehtiin oppimateriaali Puuntyöstötekniikka ja tuotantotekniikka -kurssille.

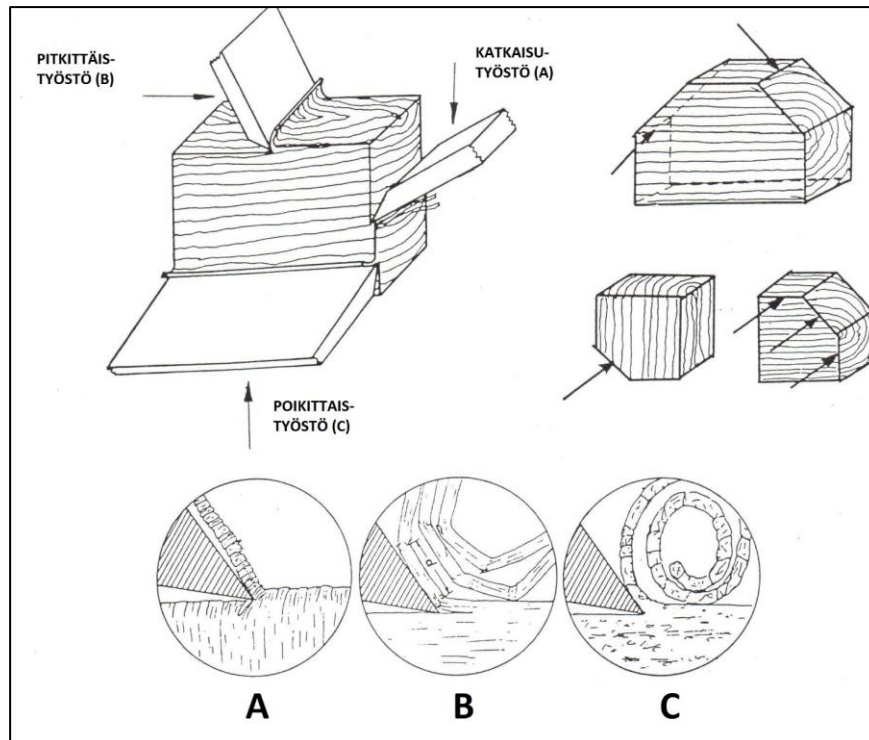
2 PUUNTYÖSTÖTEKNIikka

2.1 Lastuamisen perusteet

Lastua muodostuu puuntyöstössä aina, kun terän päästöpinta puristaa puuta kasaan. Lastunmuodostuksessa syntyy kitkalämpöä puun hangatessa terän päästöpintaa ja irtoavan lastun hangatessa terän rintapintaa. Osa kitkalämmöstä kulkeutuu pois irtoavan lastun mukana, mikä estää terän ylikuumenemista. Terä ja puu eivät kuitenkaan jäähdy tarpeeksi, jos lastua syntyy vähän. Tällöin puuhun tulee palamisjälkeä ja terä menettää sen kestävyysominaisuutensa. Ylikuumenemista voi välttää riittävän suurella syöttönopeudella. Lastuavaa työstöä ovat esimerkiksi sahaus, poraus, höyläys ja hionta. (Jussila, Kuikka, Mononen, Voutilainen & Vuorenmaa 1994, 28; Markkanen 2012, 4.)

Lastunmuodostus vaikuttaa puun pinnanlaatuun, työstövoimiin, terän kestävyteen sekä pölyämiseen, minkä takia sen ymmärtäminen on tärkeää lastuavassa työssä. Puun työstönopeus, lastunmurskain, terän terävyys, puun ominaisuudet ja syynsuunta vaikuttavat siihen, kuinka paljon lastua syntyy. (Markkanen 2012, 4.)

Puuntyöstössä on kolme pääleikkaussuuntaa: katkaisutyöstö, pitkittäistyöstö ja poikittaistyöstö. Pääleikkaussuunnat on esitetty kuviossa 1.



KUVIO 1. Puuntyöstön pääleikkuusuunnat (Markkanen 2012, 4)

Työstötehon tarpeeseen, lastunmuodostukseen ja pinnanlaatuun vaikuttaa suuresti se, mistä leikkuusuunnasta puuta leikataan. Katkaisutyöstö on sahausta tai jrsintää, jossa puun kaikki kuidut katkaistaan. Työstöjälki voi jäädä huonoksi, jos terä katkaisun sijaan repii syyt irti puusta tai puuta työstetään ilman vastetta, jolloin terä aiheuttaa repeilyä. Pitkittäistyöstö on höyläystä ja jrsintää, missä puuta työstetään syiden suuntaan. Terä irrottaa puusta lastun, joka alkaa lohjeta puusta ollessaan tarpeeksi paksu. Jos puuta työstetään syitä vastaan, lohkeama voi ulottua syvälle. Lohkeilua voidaan estää lastunmurskaajalla, ohuella lastulla ja viiltoterällä. Poikittaistyöstöä käytetään sorvauksessa ja tapituksessa. Siinä terä katkoo puun syitä loivassa kulmassa, jolloin katkaisu ei onnistu hyvin ja työstettävän kappaleen pinta jää hieman karvaiseksi. (Jussila ym. 1994, 28 - 29; Markkanen 2012, 4 - 6.)

2.2 Pinnanlaatu

Pinnanlaatuun vaikuttavat ensisijaisesti aaltomaisuus, joka syntyy pyöreällä kursolla työstettäessä, sekä toiseksi syntyvän pinnan tasaisuus ja eheys.

Aallonsyvyys erottuu näistä näkyvimmin, sillä mitä pitempiä tai syvempiä aallot ovat, sitä paremmin ne näkyvät. Kolmas pinnanlaatuun merkittävästi vaikuttava asia on edellisessä luvussa käsitelty lastun paksuus. Muita pinnanlaatuun vaikuttavia tekijöitä ovat syöttötapa ja puuntyöstöterän ominaisuudet. (Markkanen 2012, 12 - 15, 18 - 22.)

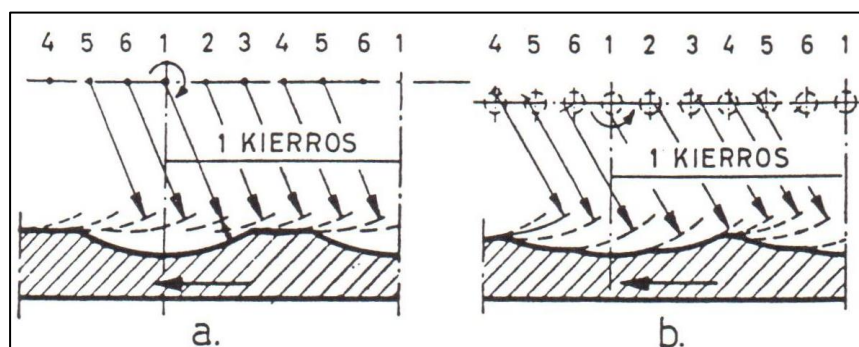
Aallonsyvyttä voidaan käyttää pinnanlaadun määrittämiseen. Se voidaan laskea seuraavalla kaavalla (1):

$$s = \frac{e^2}{4D} \quad (1)$$

jossa s = aallonsyvyys, e = aallonpituus ja D = kurson halkaisija. Aallonpituus voidaan määrittää kaavalla (2):

$$e = \frac{v_s}{n \cdot z} \quad (2)$$

jossa v_s = syöttönopeus (mm/min), n = terän pyörimisnopeus ja z = kurson leikkaavien terien määrä. Kaavassa oletetaan, että kurson kaikki terät leikkaavat, vaikka tilanne ei todellisuudessa ole niin. Kurson leikkaavien terien määränä käytetäänkin yhtä, koska teriä ei saada käsin asetettua kursoon riittävän tarkasti. Yhdenkin terän jäädessä muita teriä ulommaksi syntyy kuvion 2 tilanteen a mukainen tilanne, jossa työstöjälki on epätasaista yhden terän painautuessa muita teriä syvemmälle puuhun. Kuvion 2 tilanteen b mukainen tilanne puolestaan syntyy kurson epäkeskisyydestä, mikä johtuu kurson ja karan välisestä välyksestä. Siinä lähes kaikki terät ovat asetettu eri kohdille, minkä takia työstöjälki on koko ajan epätasaista. (Koponen 1989, 46 - 48; Markkanen 2012, 12 - 15.)



KUVIO 2. Terien asettelun vaikutus aallonpituuteen (Markkanen 2012, 13).

Pinnanlaatu voidaan määrittää aallonsyvyyden avulla. Hyvässä pinnassa aallonsyvyys on 0,002 – 0,005 mm, tyydyttävässä pinnassa 0,005 – 0,020 mm ja karkeassa pinnassa 0,020 – 0,050 mm. Esimerkiksi huonekalut vaativat hyvän pinnanlaadun, ikkunat tyydyttävän ja rakennussahatavara karkean pinnanlaadun. (Jussila ym. 1994, 30; Markkanen 2012, 14.)

Syöttötavalla voidaan myös vaikuttaa pinnanlaatuun. Tapoja on kaksi, myötä- ja vastasyöttö, joista vastasyöttöä käytetään enemmän. Vastasyötössä terä pyörii vastakkaiseen suuntaan syöttösuuntaan nähden. Se ei vaadi suurta leikkuuvoimaa ja terä kestää pitkään. Myötäsyötössä terä pyörii samaan suuntaan syöttösuuntaan nähden. Terä pyrkii vetämään kappaaleen mukaansa, minkä takia työstössä ei tarvita suurta syöttövoimaa ja kappaale on myös kiinnitettävä hyvin eikä sitä saa syöttää koneeseen käsin. Myötäsyötössä pinnanlaatu on parempi kuin vastasyötössä, mutta terä kuuuu nopeammin, koska se leikkaa koko lastun kerralla pois. (Jussila ym. 1994, 30 - 31; Markkanen 2012, 18.)

Terä vaikuttaa pinnanlaatuun monella tavalla. Ensimmäkin terän kunnolla on merkitystä, minkä lisäksi rintakulmalla, käänkökulmalla, lastunmurskaajalla ja esileikkurilla voidaan vaikuttaa pinnanlaatuun. Työstettäessä tulisi käyttää terävää terää, koska tylsä terä leikkaa huonosti sekä kiillottaa ja puristaa puuta kasaan ohutta lastua tehtäessä. Heti työstön jälkeen pinta voi tuntua hyvältä, mutta pinnan kostuessa puristuma palautuu ja se tekee pinnasta epätasaisen. Terän kiinnitys vaikuttaa terän kuntoon. Jos karan ja kurson väliin jää välystä, terä pääsee liikkumaan eikä työstön jälki ole tasaista. (Markkanen 2012, 18.)

Terän ominaisuuksista rintakulman pienentäminen ja käänkökulman käyttäminen parantavat pinnanlaatua. Rintakulmaa pienennetään repeilyn vähentämiseksi vastasyöhyn työstettäessä. Käänkökulmalla puolestaan pyritään kääntämään lastuaminen puun sisäpuolelle, jolloin se parantaa terän leikkuukykyä. Lastunmurskaajaa käytetään nimensä mukaisesti lastun murskaamiseen. Kun lastu osuu lastunmurskaajaan, lastu murskautuu ja vähentää puun repeilyä. Viimeinen pinnanlaatua parantava tekijä on esileikkurina toimivan viiltoterän käyttö. Viiltoterä auttaa puun syiden katkaisemisessa,

mikä vähentää terän ulostulokohdassa puun repeilyä. (Markkanen 2012, 18.)

2.3 Puuntyöstöterät ja terämateriaalit

Puuntyöstöterät voidaan jakaa pyöröteriin ja kursoihin. Pyöröterät kiinnitetään karoihin ja niitä käytetään saha-, levy-, kaluste-, paperi- ja kartonkiteollisuudessa sekä jatkojalostuksessa. Kursoja on puolestaan kahdenlaisia. Ne voidaan jakaa kutteriksi kutsuttaviin irrotettaviin höyläysteriin, jotka kiinnitetään pyörivään teräpäähän, ja kursoihin, jotka kiinnitetään kiinteästi teräpäähän. Kursoja käytetään yleisesti urien ja erilaisten muotojen valmistukseen. Erilaisia kursoja ovat muun muassa sormiliitos-, lista-, ikkuna-, ovi-hirsi-, pyörö-, spiraali- ja kääntöpalakursot. Puuntyöstöterän ominaisuuksiin vaikuttavat siinä käytetty materiaali, teräkulmat ja huoltaminen. (Koponen 1989, 45; Rummakko Oy 2016.)

Puuntyöstössä useimmiten käytettyjä terämateriaaleja ovat kovametallit, pikateräs ja timantti. Terämateriaalin valintaan vaikuttavat terältä halutut ominaisuudet ja terän käyttökohde. (Rannos 2017.)

Terämateriaalin valinta on työstön kannalta tärkeää, koska se vaikuttaa merkittävästi työstön onnistumiseen ja työstön taloudellisuuteen. Terämateriaalin valintaan tulee kiinnittää erityistä huomiota. (Rannos 2017.)

2.3.1 Kovametalli

Kovametallista valmistettuja teriä käytetään pinnoittamattomien levy materiaalien sahauksessa, jyrinnässä ja porauksessa. Se ei sisällä rautaa, ja sen sideaineena käytetään kovia karbideja ja kobolttia. Yleisin käytetty karbidi on volframkarbidi, ja sitä on puuntyöstöterissä noin 88 – 92 %. Tämän lisäksi terissä käytetään noin 4 – 12 % kobolttia. Muita karbideja käytetään pieninä määrinä, 0 – 4 %. (Markkanen 2012, 32-34).

Kovametallin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa monin tavoin. Merkittävimmät ominaisuuksiin vaikuttavat tekijät ovat sideaineen määrä ja volframkarbidin raekoko. Lisäksi terän pinnoituksella ja eri valmistustekniikoilla voidaan vaikuttaa materiaalin ominaisuuksiin. Taulukossa 1 on esitelty kulutuksen vaikutus koboltin määrään ja raekokoon.

TAULUKKO 1. Kovametallin valinnassa tulee huomioida koboltin määrä ja raekoon suhde kulutukseen (Kovametalli-IN 2017b).

	Erittäin vähän kobolttia - erittäin pieni raekoko	Vähän kobolttia - pieni raekoko	Keskimäärin kobolttia - keskimääräinen raekoko	Paljon kobolttia - suuri raekoko	Erittäin paljon kobolttia - suuri raekoko
Vain hankaavaa kulutusta	■				
Tasaista kulutusta		■			
Tasaista kuormitusta			■		
Vaihtelevaa kuormitusta				■	
Iskumaista kuormitusta					■

Kovametallilla on paljon hyviä ominaisuuksia työkaluteräksiin verrattuna. Sen hinta on hieman korkeampi, mutta sen kulutuksenkesto on moninkertainen. Sillä on hyvä puristusmurtolujuus, korkea kimmomoduuli, jäykkyys, korkeiden lämpötilojen kestävyys, hyvä lämmönjohtokyky ja kiillotettavuus sekä helppo pinnoitettavuus. Kovametallin lämpölaajenemiskerroin on vain kolmanneksen teräksen vastaavasta. (Kovametalli-IN 2017a.) Kovametallin huono ominaisuus on sen hauraus. Jo pieni hiekanjyvä tai isku työstön aikana voi murtaa terän. Siitä huolimatta kovametalliterien hinta-laatusuhde on erinomainen kokopuuta ja pinnoittamattomia levyjä jyrittäessä. Kovametalli on eniten puuntyöstöterissä käytetty materiaali. (Jussila ym. 1994, 36; Markkanen 2012, 34.)

2.3.2 Pikateräs

Pikateräs on seosteräs HSS, jossa hiiliteräksen ominaisuuksia parannetaan muilla metalleilla, kuten kromilla, vanadiinilla, volframilla, molybdeenillä ja koboltilla. Eri aineita yhdistelemällä on syntynyt tuhansia erilaisia seosteräs-laatuja. Pikateräksissä seosaineita on eniten, yli 18 %. Seosaineilla voidaan vaikuttaa terän ominaisuuksiin. Esimerkiksi hiili muodostaa perusaineen kovuuden, lisää kulumiskestävyyttä ja on karbidinmuodostaja yhdessä volframin ja molybdeenin kanssa. Kromi lisää terän kovuutta, lujuutta ja korroosionkestävyyttä sekä koboltti parantaa kuumakovuutta, päästönkestävyyttä ja kulumiskestävyyttä. (Markkanen 2012, 30 - 31; Stén & Co Oy AB 2017.)

Pikateräksen perusominaisuuksia ovat hyvä kuumakovuus, kulumisenkestokyky, sitkeys, hiottavuus ja puristuslujuus. Ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa suuresti käyttämällä eri seosaineita. Pikaterästä käytetään voimakkaasti lastuavassa työstössä, kuten höylän kursoissa ja suorissa leikkuuterissä. Pikateräksestä valmistetaan myös jonkin verran poran- ja yläjyrsimen teriä. (Stén & Co Oy AB 2017.)

2.3.3 Timanttiterät

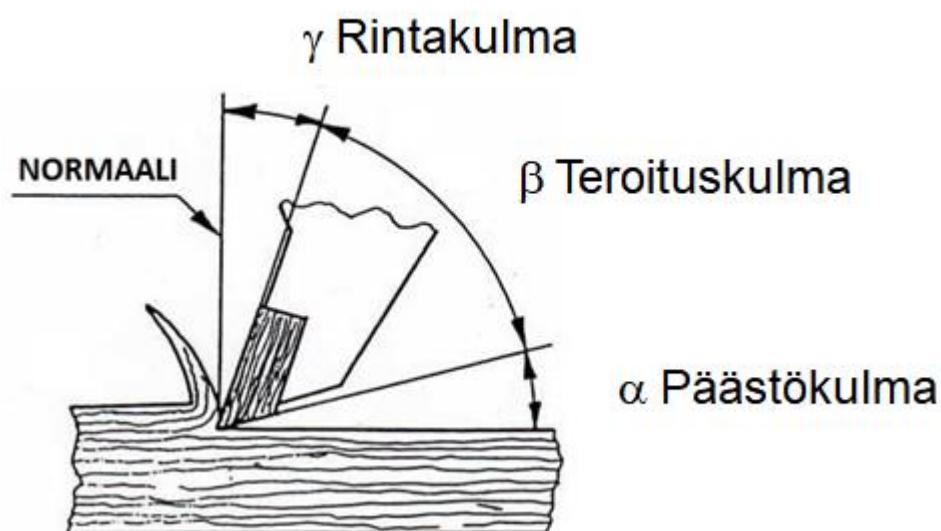
Timanttiteriä käytetään sellaisten materiaalien sahaukseen, jotka kuluttavat paljon terää. DP-timanttiterä (polykristallitimantti) koostuu kovametallirungosta, jonka päällä on 1,6 – 3,2 mm paksu timanttikide kerros. Tuo kerros koostuu useista timanttikiteistä, jotka koboltti sitoo toisiinsa. Pieniä timanttihiukkasia käytettäessä terästä voidaan tehdä terävämpi ja sen iskunkestokyky paranee. Suuria timanttihiukkasia käytettäessä terän käyttöikä piteenee. Yleensä terissä käytetään 10 µm kokoisia, synteettisesti valmistettuja timantteja, muiden raekokojen ollessa 2 µm ja 25 µm. (Markkanen 2012, 34 - 35.)

Timanttiterä on hauras, minkä takia se murtuu helposti. Terää käytettäessä on tärkeää välttää tärinää ja iskuja mahdollisimman hyvin, koska jatkuva tärinä voi hajottaa terän. Teräsärmän voivat rikkoa myös kaikki normaalia

puuainesta kovemmat materiaalit. Timanttiterä on arka lämmölle, ja se alkaa hajota jo 1000 °C lämpötilassa hiileksi. Turvallinen lämpötila on noin 600 – 700 °C. Leikkumateriaalina timantti on muita materiaaleja tylsempi, minkä takia sillä ei synny kokopuuta työstettäessä hyvää leikkujälkeä. Timanttiterän etuna onkin sen pitkä käyttöikä. Kun sahataan melamiinipintaisia levyjä, kovametalliterä kestää noin 4 – 5 tuntia, kun taas timanttiterän käyttöikä on 3 kuukautta. MDF:n jyrinnässä timanttiterä on kestänyt 50 kertaa kauemmin kuin kovametalliterä. (Markkanen 2012, 34 - 35.)

2.4 Teräkulmat

Rintakulma, teroituskulma ja päästökulma ovat kolme tärkeintä teräkulmaa. Muita terässä esiintyviä kulmia ovat kääntökulma, sivupäästökulmat ja päästöpinnan vinohiontakulma. Tärkeimmät teräkulmat on esitetty kuviossa 3 ja muut teräkulmat kuviossa 4. (Markkanen 2012, 6.)



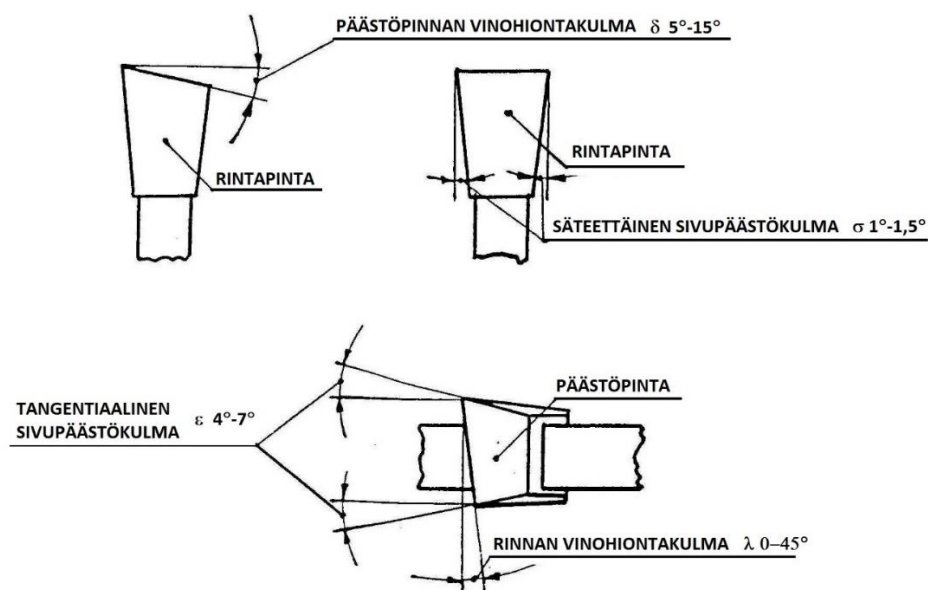
KUVIO 3. Puuntyöstöterien tärkeimmät teräkulmat (Markkanen 2012, 6).

Päästökulma on puun pinnan ja päästöpinnan välinen kulma. Sen tehtävänä on estää puuta hankautumasta terän päästöpintaa vasten ja siten estää, ettei hankauksesta johtuva kitka kuumenna terää liikaa. Jotta lastu irtoaa puusta, terän täytyy puristaa puuta hieman kasaan. Puristuma palautuu

osittain heti, mutta jos terässä ei ole päästökulmaa, palautuminen aiheuttaa hankausta päästöpinalla. Päästökulma ei muutu eri työstötilanteissa. (Markkanen 2012, 7.)

Teroituskulman suuruus valitaan terämateriaalin mukaan. Jokaiselle terämateriaalille on määritelty kriittinen teroituskulma, jota pienemmäksi teräkulmaa ei voida tehdä särkemättä terää. Teroituskulma on luonnollisesti tuota kriittistä kulmaa suurempi. Pientä teroituskulmaa käytetään terämateriaalin ollessa sitkeää, koska se tekee terästä terävän ja leikkaa puuta helposti. Suurta teroituskulmaa puolestaan käytetään, jos terämateriaali on kovaa ja haurasta. Pehmeitä puulajeja työstettäessä suuri teroituskulma ei saa aikaan hyvää leikkuutulosta. Silloin on käytettävä pehmeämmistä ja sitkeämmistä materiaaleista valmistettuja teriä, jotka saadaan teroitettua terävämiksi. Pienin teräkulma on hiiliteräksellä (35°) ja suurin monokristallitimanttiterällä (73°). (Markkanen 2012, 7 - 8.)

Rintakulma vaikuttaa eniten lastunmuodostukseen ja se voi olla joko positiivinen tai negatiivinen. Rintakulman ollessa pieni, lastu murskautuu puusta irtoamisen jälkeen rintapintaa vasten. Jos rintakulma puolestaan on suuri, irronnut lastu luistaa ehjänä rintapintaa vasten. Puun syiden ollessa vinossa työsuuntaan nähden, pieni rintakulma ja lastun murskautuminen vähentävät puun repeilyä. Rintakulman suuruuteen vaikuttavat terämateriaali ja teroituskulma.



KUVIO 4. Muut terissä esiintyvät kulmat (Markkanen 2012, 8).

Kääntökulma, eli rinnan vinohiontakulma, on terän leikkuusärmän ja kurson akselin välinen kulma (λ) ja sen suuruus on sahanterillä alle 5° ja muilla terillä $0^\circ - 45^\circ$. Sen tehtävänä on saada leikkuuseen veitsimäistä, viiltävää vaikutusta. Kääntökulma vähentää särmien repeilyä, kun lastun irrotus pysyy suuntaamaan puuhun päin. Sen käyttö onkin suosittua, koska repeilyn vähenemisen myötä työstön laatu paranee. Kääntökulman ollessa pieni ja/tai teräsärmän ollessa lyhyt, terä voidaan tehdä myös suoraksi. (Markkanen 2012, 8.)

Kaksi viimeisintä teräkulmaa ovat sivupäästökulmat ja päästöpinnan vinohiontakulma. Sivupäästökulmia on kaksi: säteittäinen sivupäästökulma ja tangentiaalinen sivupäästökulma. Säteittäisen sivupäästökulman (σ) suuruus vaihtelee $1^\circ - 1,5^\circ$ välillä ja tangentiaalisen sivupäästökulman (ε) suuruus vaihtelee $4^\circ - 7^\circ$ välillä. Sivupäästökulmia käytetään pyöröterissä ja urakursoissa vähentämään hankauksia. Terä kapenee teroituksessa sivupäästökulmien vaikutuksesta. Päästöpinnan vinohiontakulman (δ) suuruus on suurempi, $5^\circ - 15^\circ$. Se pyrkii tekemään teräpalan leikkaavasta nurkasta entistä terävämmän. Vinohiontakulmaa käytetään etenkin pyörösahanteerissä. (Markkanen 2012, 9.)

2.5 Terien huoltaminen

Terät kuluvat työstön aikana joko nopeasti tai hitaasti työstötavasta riippuen. Puu- ja terämateriaali, teroituskulma, leikkuunopeus, lastun paksuus, korroosio ja hionta vaikuttavat terän kulumiseen. (Markkanen 2012, 38.)

Terien huoltaminen on tehokkaan työstön ehdoton edellytys, sillä huonosti huolletut terät kuluttavat paljon energiaa ja vaikuttavat työstön tarkkuuteen. Terien huolto vaatii erikoistyökaluja ja ammattiosaamista, sillä erilaiset terämateriaalit vaativat myös erilaista huoltoa. (Markkanen 2012, 38.)

2.5.1 Terien tylsyminen

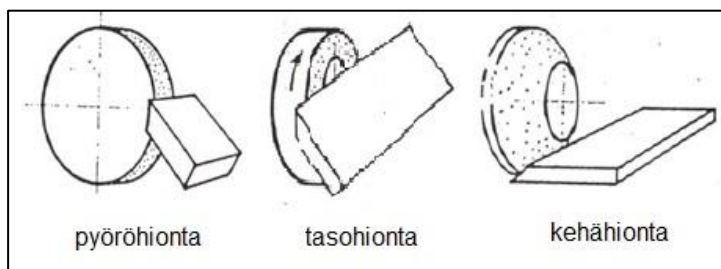
Terien tylsymistavat voidaan jakaa kitka-, hionta-, väsymis-, korroosio- ja epänormaaliin kulumiseen, joista kolme ensimmäistä johtuvat pääasiassa puumateriaalista ja kaksi viimeistä ulkoisista tekijöistä. Kitkakulumisessa teräsärmään syntyy tasaista pyöristymistä puun hankauksen takia. Hiontakuluminen on voimakasta kitkakulumista, joka johtuu puun ja liiman kivennäisaineista. Väsymiskuluminen johtuu teräsärmään syntyvistä mikrohalkeamista ja lohkeilusta, joita aiheuttavat terän iskut puuhun, oksiin ja epäpuhtauksiin. Korroosiokuluminen johtuu puolestaan puun happamuudesta ja sähköjännitteestä. (Markkanen 2012, 37 - 38.)

Neutraaleistakin puista irtoaa puumateriaalin lämmitessä helmiselluloosaa, joka hajoaa etikaksi ja muurahaishapoksi. Nämä happamat aineet liuottavat kobolttia, jota käytetään kovametalli- ja timanttiterien sideaineena, ja tämä aiheuttaa kovien ainesosien irtoamista. Terän sähköjännitteestä johtuvaa kulumista voidaan puolestaan vähentää johtamalla terään negatiivista jännitettä. Tämä kuitenkin vaatii korkean jännitteen, joten negatiivisen jännitteen tuottaminen on haastavaa. Viimeinen kulumiskeino on epänormaali kuluminen, joka voi johtua monesta eri tekijästä. Yleisimpiä syitä ovat puumateriaalin mukana tulevat kivet ja metallinpalat, väärät teräkulmat tai liian voimakas hionta. (Markkanen 2012, 37 - 38.)

2.5.2 Teroitushionta ja terän tasapainotus

Teriä huolletaan teroitushiomakoneella, joka koostuu hiontapäästä, hiomakivestä ja jäähdyttimestä. Hiontapää pyörii vastapäivään terän suuhun nähden. Se asetetaan kallelleen siten, että vain sen toinen reuna osuu terään. Itse hiomakivi koostuu terämateriaalin mukaan valittavasta hioma-aineesta, hioma-aineen jyvästen koossa pitävistä sidosaineista ja huokosesta. Useimmin kivilaikoissa käytettyjä hioma-aineita ovat alumiinioksidi ja piikarbiidi, mutta lisäksi käytetään timanttia ja boorinitridiä. Terien sidosaine voi puolestaan olla keraamista, fenoplastista tai metallista. Jäähdyttimen tehtävänä on estää hiontatahtuman ylikuumentumista, sillä etenkin hiontapäässä kehittyy lämpöä. Hyvän lopputuloksen saamiseksi tulee hionnassa suosia märkähiontaa, jossa hiomakohteeseen ruiskutetaan jäähdytysnesteenä vettä tai vesiemulsiota. Kuivahiontaan verrattuna terän käyttöikä on pidempi märkähionnassa. (Jussila ym. 1994, 63; Markkanen 2012, 39 - 41.)

Eri hiontatapoja on kolme: kehähionta, tasohionta ja pyöröhionta. Hiontatavat on esitetty kuviossa 5.



KUVIO 5. Pyörö-, taso- ja kehähiontaa käytetään puuntyöstöterien teroituksessa.

Kehähiontaa käytetään muototerien hiontaan. Sillä on pieni kosketuspinta ja lämmönmuodostus, ja se sopii hyvin kuivahiontaan. Kehähionnan työstöjälki voi olla epätasaista. Tasohionnassa hiontapinta on nimen mukaisesti tasomainen. Hiontapinta-ala voidaan valita vapaasti ja laikka voidaan hyödyntää tosi tarkasti. Tasohionnan työstöjälki on pääsääntöisesti hyvää ja tasaista. Pyöröhiontaa käytetään lähinnä käsityökaluille, sillä terän kärki on

ohut ja heikko, minkä takia terään syntyy varsinkin pienillä laikoilla työstettäessä liikaa koveruutta. (Markkanen 2012, 40 - 41.)

Ennen varsinaisen teroituksen aloittamista terä puhdistetaan liasta, kuten pihkasta, ja koneeseen valitaan terämateriaalille sopiva hiomalaikka. Aiemmin mainituista hioma-aineista alumiinioksidi sopii pikaterästerille, piikarbidi kovametalliterille ja timantti sekä timanttisille että kovametallisille terille. Leikkuunopeus määritetään hiomalaikan materiaalin mukaan. Esimerkiksi alumiinioksidin leikkuunopeus on 15 - 20 metriä sekunnissa, kun timantin vastaava on vain 10 - 15 metriä sekunnissa. Hionnassa syntyvät vauriot johtuvat usein liian kovasta tai tukkeutuneesta hiomakivestä, liian suuresta syötöstä (viimeistelyhionnassa 0,005 – 0,01 mm, syvähionnassa 0,1 – 1,0 mm) tai liian suuresta työstönopeudesta. Terät viimeistellään hionnan jälkeen käsin poistamalla jäysteet terän suusta ja tekemällä mikroiisteet. (Jussila ym. 1994, 64 - 65; Markkanen 2012, 41 - 42.)

Hyvältä teroituskoneelta vaaditaan tasaista käyntiä, vakaata ja lujaa terän kiinnitystä sekä automaattista toimintaa. Siinä välykset ja syötön säätö ovat 0,005 mm välein, erilaisia teräkulmien säätöjä on riittävästi ja hammasjako on asetettavissa. Teroituskoneen hiontatapa on tasohionta ja koneessa on hyvä jäähdytys. (Markkanen 2012, 42.)

Terien tasapainotus tarkoittaa, ettei terän ja teräpäiden välille synny terän pyöriessä tärisyttäviä tai koneen akselia taivuttavia voimia. Näitä syntyy helposti asennuksessa ja ne johtavat huonoon pinnanlaatuun, aiheuttavat työstömelua ja rasittavat terää. Pitkällä aikavälillä värinä voi johtaa terän katkeamiseen tai murtumisen. Tasapainotus voidaan tehdä staattisesti tai dynaamisesti. Staattinen tasapaino tarkoittaa lepotasapainoa. Siinä terä asetetaan alustalle ja jos terä ei pyri missään asennossa pyörähtämään, se on tasapainossa. Epätasapainoisen terän painopiste ei ole pyörähdysakselilla, jolloin se pyörähtää painopiste alaspäin. Terä saadaan tasapainoon poistamalla tai lisäämällä massaa siten, että painopiste siirtyy pyörähdysakselille. Dynaaminen tasapaino puolestaan tarkoittaa liikkeessä olevan kappaleen tasapainoa. Sitä voidaan tutkia laittamalla terä pyörimään ja mittaamalla pyörimisessä syntyvää värinää. Värinä voi johtua irralleen huolimattomasti

asennetuista teristä, joiden painopisteet eivät ole pyörähdysakselin suunnassa vastakkain. Kappale saadaan tasapainoon lisäämällä siihen massaa. Dynaamisen tasapainon periaatetta käytetään autonrenkaiden tasapainotuksessa. Terän ollessa dynaamisessa tai staattisessa tasapainossa ei tarkoita, että se olisi tasapainossa molemmilla tavoilla. (Jussila ym. 1994, 65 - 67; Markkanen 2012, 43 - 44.)

3 TUOTANTOTEKNIikka

3.1 Katkominen

Katkaisussa sahattava kappale katkaistaan sahaamalla lähelle sen lopullista mitta. Sahattavaan kappaleeseen jätetään yleensä työstövaraa muita työstövaiheita varten muutamista jopa kymmeneen millimetriin. (Koponen 1989, 25 - 26.)

Katkaisutyö tarvitsee paljon voimaa, minkä takia puu repeilee ulostulokohdasta, jos työstössä ei käytetä vastetta tai terä on liian terävä. Työstöjälki jää huonoksi myös, jos terä katkaisun sijaan repii puun syyt irti puusta. (Markkanen 2012, 6.) Työstöjäljen ei kuitenkaan tarvitse olla ensiluokkaista, jos sitä seuraa työstöjälkeä parantavia työvaiheita (Jussila ym. 1994, 80).

Katkaisusaha voi olla suuntaiskatkaisusaha, säteiskatkaisusaha tai nykyaikainen optimoiva katkaisusaha (Koponen 1989, 25 - 28; Jussila ym. 1994, 82 - 84; Rannos 2017). Suuntaiskatkaisussa sahaus suoritetaan sirkkelillä, johon on valittu sopiva katkaisuterä. Sirkkeli on kiinnitetty katkaisupöytään joko nivelöityyn tai saranoituun puomiin ja sitä liikutellaan joko käsin tai moottorilla. Vanhemmat suuntaiskatkaisusahat tekevät pyöreää, heiluri- maista liikettä, kun taas modernit katkaisusahat liikkuvat suoraan eteenpäin. (Saimovaara 2002; Kostiaisen 2011, 32 mukaan.)

Säteiskatkaisusaha toimii kuten suuntaiskatkaisusaha. Sahojen välinen ero on säädettävä sahaustaso, joka mahdollistaa kallistuskulmien ansiosta myös erikoistyöt. Säteiskatkaisusahat ovatkin monikäyttöisiä: niillä voidaan suoran katkaisun lisäksi tehdä jiirikatkaisuja ja halkaisuja. (Koponen 1991, 42; Jussila ym. 1994, 83; Penope Oy 2017a.)

Modernit katkaisusahat optimoivat puun mittoja. Optimoivaan katkaisusahaan syötetään halutut mitat, joiden perusteella saha laskee optimointiohjelman avulla kappaleiden mitat siten, että hukkaa syntyy mahdollisimman vähän. Perinteiseen katkaisusahaan verrattuna optimoiva katkaisusaha toimii itsenäisemmin, minkä takia se ei tarvitse yhtä paljon ihmisen

ohjausta. Itse sahaus on automatisoitu, mutta ihmistä tarvitaan sahaustietojen määrittämisessä. Optimoivan katkaisusahan hyviä ominaisuuksia ovat työstön tarkkuus ja nopeus. Optimoinnin ansiosta hävikki vähenee ja tuotavuus kasvaa. (Dimter 2009, Kärkkäisen & Laineen 2009 mukaan.)

Optimoivien katkaisusahojen katkaisumenetelmä on useimmiten pikasahaus. Siinä sahaus tapahtuu nopealla liikkeellä alaspäin. Terä ei liiku pitkän johteen päässä, minkä takia sahaustarkkuus on hyvä. Optimoivien katkaisusahojen työturvallisuus on panostettu. Kappale kiinnittyy sahausajaksi automaattisesti vasteeseen ja painimet toimivat teräsuojana. (Jussila ym. 1994, 84; Rannos 2017.)

3.2 Puumateriaalin jatkaminen

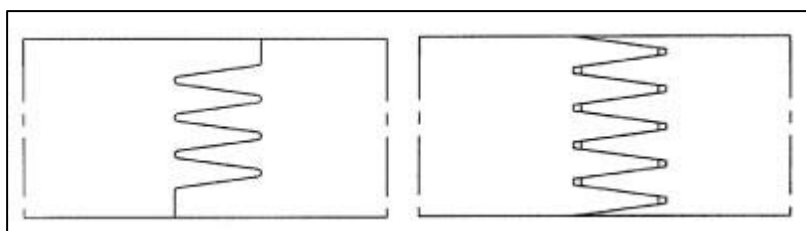
Puun lajiominaisuudet, liitostarve, työvälit ja käyttökohde vaikuttavat siihen, mikä puuliitoksen muoto ja rakenne liitokseen valitaan. Puu on anisotrooppinen materiaali ja monet puuliitostekniikat ovat tästä ominaisuudesta riippuvaisia tai hyötyvät siitä. Puuliitosta suunniteltaessa tulee huomioida kaikki ennustettavissa olevat kosteusmuutokset. Vaikka puu kuivattaisiin koneellisesti, puun hygroskooppisen ominaisuuden takia puu imee kosteutta ilmasta ja laajenee, ja vastaavasti kun vesi haihtuu puusta, puu kutistuu. Puun kosteuseläminen on erilaista riippuen siitä, mistä kohtaa puuta se on. Vuosirenkaiden suunnassa puun kosteuseläminen on suurinta tangentiaalisesti ja säteen suuntainen kosteuseläminen on vain puolet siitä. Lisäksi pintapuussa kosteuseläminen on pienempää kuin sydänpuussa. Kun puun ominaisuudet otetaan huomioon liitosta suunniteltaessa, vältetään puun halkeilulta, vääntymiseltä ja rikkoutumiselta. Hyvän liitoksen edellytyksiä ovat oikein valittu puulaji, kosketuspintojen hyvä sopivuus toisiinsa, liitettävien kappaleiden tarkkuus, puun tasapainokosteuden lopullisuus, rasitus suunnan tunnistaminen sekä oikea rakenteellinen liitosvalinta. (PuuProffa 2012a.)

Liitoksilla on keskeinen rooli tekniikan ja arkkitehtuurin kannalta, kun suunnitellaan ja toteutetaan puurakenteita. Jos liitokset jäävät piiloon, niin rakenne ja taloudellisuus määrittelevät, mikä liitos valitaan. Jos taas liitokset

jäävät näkyviin, ne korostavat yksityiskohtaisuuttaan ja ovat osa ulkonäköä. Näkyviin jäävät liitokset ovat osoitus ammattitaitoisuudesta. Liitosten tulee olla kauniita ja kestäviä, minkä takia niiden suunnittelu edellyttää rakennesuunnittelijan ja arkkitehdin välistä yhteistyötä. (PuuProffa 2012b.)

Puutavaran jatkamiskeinoja on monia. Yksinkertaisin liitos on limijatkos, jossa puukappaleet laitetaan limittäin ja kiinnitetään toisiinsa nauloilla, ruuveilla tai pulteilla. Hieman kauniimpi liitos on lapajatkos, jossa molemmista jatkettavista puukappaleista sahataan lappeen puolelta puolet paksuudesta pois. Tämän jälkeen sahatut pinnat kiinnitetään yhteen nauloilla, ruuveilla tai pulteilla. Liitos on paremman näköinen, mutta se ei kestä syiden poikisuuntaan suurta rasitusta. Pituussuuntaan rasituksen kesto on parempi. (Puuinfo 2015.)

Sormijatkos on teollinen menetelmä, jota käytetään puun pituussuuntaiseen jatkamiseen. Onnistunut liitos saavuttaa noin 80 % puun lujuudesta. Liitos on näkyvä ja sitä käytetään etenkin rakennesahatavarassa. Nykyään myös huonekalu- ja rakennuspuusepänteollisuus on alkanut käyttää liitosta enemmän. Liitettävien puukappaleiden päihin tehdään sormimaiset muodot, jotka kiinnitetään yhteen liimaamalla. Menetelmä on esitetty kuviossa 6.



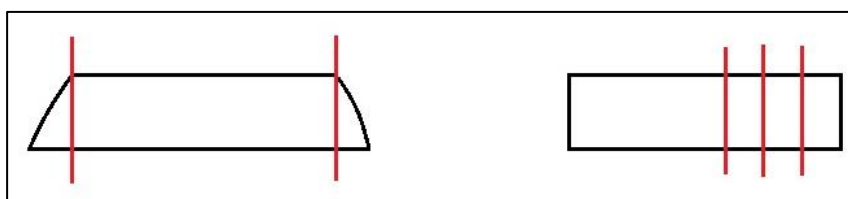
KUVIO 6. Vasemmassa kuvassa on puusepän sormijatkos ja oikeassa kantavan rakenteen sormijatkos (PuuProffa 2012c).

Leikkauspinta-alaa on sormissa paljon, minkä takia liimaus toimii hyvin sormijatkoksissa. On tärkeää, että liima levittyy koko liitokseen, sillä liimaamattomat kohdat heikentävät liitoksen lujuutta. Hankalia kohtia ovat erityisesti sormien pohjat. Sormien kylkien kestävä leikkauskuorma on lähes yhtä suuri kuin sormen pohjaan kohdistuva vetokuorma. Täten liitos hyödyntää

puun lujuutta. Liitos on sitä lujempi, mitä lyhyempiä sormet ovat. Lujuutta mitataan päittäispuristuksella. Mitä enemmän liitos kestää puristuspainetta, sitä lujempi se on. Parhaimmat tulokset saadaan tässäkin lyhyillä sormilla, koska silloin puu ei halkeile. Sormia ei kuitenkaan voida lyhentää loputtomiin, minkä takia suositeltu minimiarvo sormen pituudelle on 4 mm ja leveydelle 1,6 mm. Teollisesti tällaisten sormien kohdistaminen on kuitenkin hankalaa, jonka takia teollisuudessa käytetään usein 10 mm pitkiä sormia. (PuuProffa 2012c.)

3.3 Särmäys ja halkaisu

Särmäyksessä sahatavarasta poistetaan sahaamalla puun rungon pyöreästä johtuva vino syrjä suoraksi. Halkaisussa puolestaan sahattava kappale sahaetaan yhdeksi tai useammaksi lankuksi särmätyn syrjän suuntaan. Halkaisussa lankuille pyritään saamaan oikea leveys. Särmäystä varten on kehitetty omia erikoislaitteita, kuten särmäsaha. Useimmin särmäys ja halkaisu tehdään kuitenkin moniteräsahalla, halkaisupyörösahalla tai halkaisuvannesahalla. Särmäys on näistä kahdesta työvaiheesta haastavampaa. (Koponen 1991, 43-44; Jussila ym. 1994, 85-87.) Särmäyksen ja halkaisun eroa on pyritty havainnoimaan kuviossa 7.



KUVIO 7. Vasemmalla puolella on havainnekuva särmäyksestä ja oikealla puolella halkaisusta.

Moniteräsahalla voidaan suorittaa sekä särmäys että halkaisu samaan aikaan. Nämä koneet ovat valurauta- tai teräsrunkoisia sahoja, joissa on monta pyörösahanterää. Koneissa on automaattinen syöttölaitteisto ja suojalaitteet estämässä kappaleen takaisintulon. Vaikka kone tekee kaksi eri työtä, sitä kutsutaan pelkäksi särmäykseksi. Moniteräsahat ovat monipuoli-

sia käyttökohteiltaan, sillä niillä voidaan tehdä myös muita sahaustöitä. Halkaisupyörösahat eivät eroa juurikaan moniteräsahoista. Suurin eroavaisuus on syöttölaitteissa, jotka voivat olla kiinteitä tai säädettäviä ohjausteloja. (Koponen 1991, 43 - 44; Penope Oy 2017b.)

Halkaisuvannesahoja käytetään puusepänteollisuudessa jossain määrin. Sillä voidaan särmätä ja halkaista yksittäisiä kappaleita piirtämällä tai ohjaimen avulla. Halkaisuvannesaha sopii parhaiten pitkän sahatavaran halkaisuun. Jotta kappale voidaan halkaista syöttölaitteella varustellulla vanne-sahalla, pitää vähintään yhden sivun olla särmätty. (Koponen 1991, 44; Jussila ym. 1994, 85 - 87.)

3.4 Höyläys

Laajasti käsitettynä höyläys tarkoittaa kaikkea kursoavaa työstöä samanlaisen lastunmuodostuksen takia. Yleensä sillä kuitenkin tarkoitetaan työstöjä, joita tehdään vain varsinaisilla höyläkoneilla.

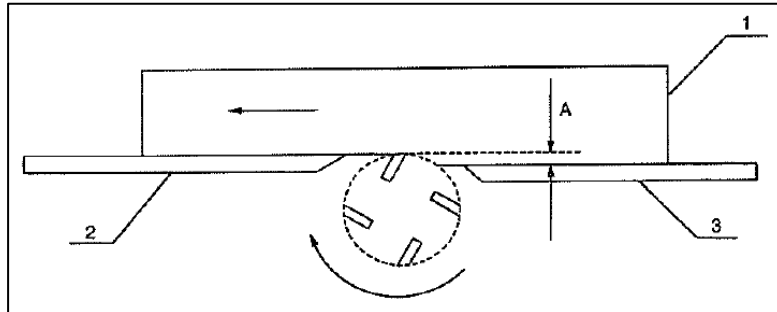
Höyläämisen tavoitteena on saada työstettävä kappale suoraksi, työstää se haluttuihin mittoihin ja muotoihin sekä antaa kappaleelle yleinen sileys. Useimmin työvaihe on katkaisun jälkeen. Höyläyksen perustöitä ovat oiko-, taso- ja muotohöyläys. (Jussila ym. 1994, 87.)

3.4.1 Oikohöyläys

Oikohöylää käytetään oikaisemaan laudan lappeen ja syrjä. Se oikaisee työstettävää pintaa, mutta ei tasoita sitä, joten sitä ei käytetä lopullisen paksuuden höyläämiseen. Oikohöylätyt kappaleet voidaan höylätä tasapaksuiksi tasohöylällä. (Pikkarainen 2013.)

Oikaiseminen on puuteollisuudessa välttämätöntä, koska kuivauksen jälkeen puukappaleen pinnat eivät ole tasomaisia. Oikaisemisessa työstettävä kappale ohjataan työpöydän tasoa pitkin suoraviivaisesti ja kiertymättä leik-

kaavan teräpään yli. Oikohöylän toimintaperiaate esitellään kuviossa 8. Kuviossa kappale syötetään tasaista pintaa (3) vasten pyörökursolle. (Koponen 1991, 45.)

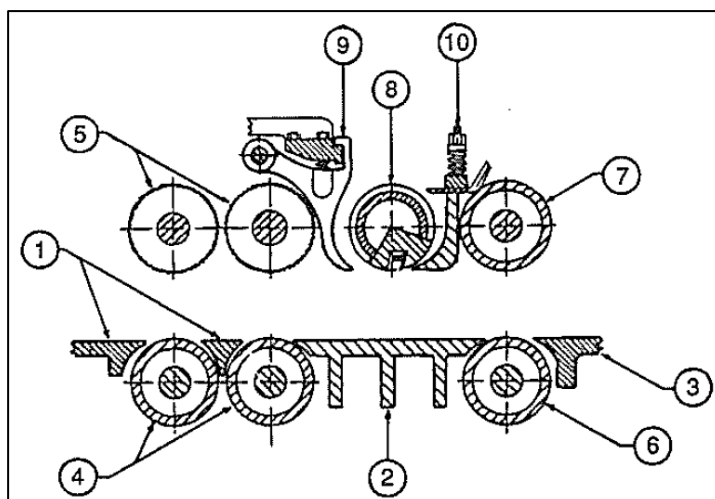


KUVIO 8. Oikohöylän toimintaperiaate. Numero yksi kuvaa työstettävää kappaletta, kohteet kaksi ja kolme työtasoja ja A kuvastaa leikkaussyvyyttä (Koponen 1991, 45).

Nykyisin oikohöyläystä käytetään vain malli- ja muiden ykköskappaleiden teossa, koska se on erillisenä työvaiheena liian hidaskäyttö ja kallis työvaihe sarjatuotantoon. Oikohöyläys suoritetaan usein muotohöyläyksen yhteydessä. (Jussila ym. 1994, 88.)

3.4.2 Tasohöyläys

Taso- eli paksuushöyläys on vastakkainen toimenpide oikohöyläykselle. Tasohöyläyksessä kappale saa sen lopullisen paksuuden, mutta mahdollinen kierous säilyy. Tasohöylä voi olla joko yksi- tai kaksipuolinen ja tasohöylän toimintaperiaate on esitetty kuviossa 9.



KUVIO 9. Tasohöylän periaate: työtasot (1 - 3), telat (4 - 6), pyörivä teräpää (8), lastunleikkaaja (9) ja painopalkki (10) (Koponen 1991, 46).

Yksipuolisessa tasohöylässä kutteri on työstettävän kappaleen yläpuolella, kun taas kaksipuolisessa tasohöylässä kutterit ovat sekä ylä- että alapuolella. Alapöytä on usein lyhennetyn oikohöylän kaltainen, mutta muuten kone on lähes samanlainen yksipuolisen tasohöylän kanssa. Laitteissa on koneellinen syöttö. Yksipuolisella tasohöylällä työskennellessä kannattaa kappale työstää viimeiseksi sen paremmalta puolelta painaumien välttämiseksi. Koneiden merkitys on vähäinen nykyajan teollisuudessa. (Jussila ym. 1994, 88.)

3.4.3 Muotohöyläys

Muotohöyläyksessä yhdistyvät tasohöyläys ja jyrsintä. Siinä kappale voidaan höylätä kerralla kaikilta neljältä sivulta neljän tai useamman kutterin ansiosta. Muotohöyläys mahdollistaa normaalin suorakaidepoikkileikkauksen lisäksi poikkeavat muodot, kuten kaaren. Työvaiheessa kappale saa valmiit mitat ja muodot, mikä vähentää kolhujen määrää. Muotohöyläys voi olla joko oikaisevaa tai ei-oikaisevaa. (Koponen 1989, 33 - 34; Jussila ym. 1994, 90 - 92.)

Muotohöylät voidaan luokitella yleishöyläkoneisiin, listahöyliin ja paneelihöyläkoneisiin. Yleishöyläkoneet on suunniteltu perinteisten, poikkileikkauk-

seltaan suorakaiteen muotoisten, palkkien höyläykseen. Listahöyliä käytetään kapeiden (10 - 250 mm leveiden) listojen muotohöyläämiseen. Paneelihöyläkoneita puolestaan käytetään suurehkojen listojen sekä ohuiden ja vaativien paneelien höyläykseen. (Koponen 1989, 33.)

Oikaisevaa muotohöylää käytetään erityisesti puusepänteollisuudessa. Siinä on ensimmäisenä oikohöylän tapaan toimiva alakutteri ja seuraavaksi kappaleen toisen kantin oikaiseva sivukutteri. Tämän jälkeen kappaleella on kaksi suoraa pintaa, joiden varassa se kulkee seuraaville kuttereille. Suorat pinnat mahdollistavat lopullisiin mittoihin ja muotoihin työstämisen. Varsinaiset muototerät kannattaa sijoittaa höylässä yläpuolelle ja jo höylätyn kantin vastakkaiselle sivulle. Työstöjälkeä voidaan parantaa kutterien tukilaakereilla ja hiontalaitteella. Oikaisevassa muotohöylässä on yleensä 4 - 8 kutteria. (Jussila ym. 1994, 90 - 92.)

Ei-oikaisevia muotohöyliä käytetään enemmän mekaanisessa puuteollisuudessa. Ne ovat raskarakenteisempia kuin oikaisevat muotohöylät, minkä takia niillä voidaan työstää suurempia dimensioita ja käyttää suurempia syöttönopeuksia. Syöttönopeus voi olla jopa 150 metriä minuutissa, kun oikaisevassa muotohöylässä vastaava luku on 5 – 30 metriä minuutissa. Suuruus näkyy myös kuttereissa: ne voivat olla halkaisijaltaan jopa 250 mm ja niissä voi olla jopa 12 terää. Hyvän työstöjäljen saamiseksi vaakakutterit ovat laakeroituja ja ne on varustettu hiomalaitteella. Ei-oikaisevat muotohöylät on tarkoitettu suurille työmäärille sekä pitkien kappaleiden höyläykseen. Syöttö- ja vastaanottopäät on automatisoitava suuren kapasiteetin vuoksi työstökatkojen minimoimiseksi. (Jussila ym. 1994, 90 - 92.)

Nykyaikaiset höylät ovat kosketusnäyttöohjattavia ja asetteen teko niihin on nopeaa ja helppoa. Myös työturvallisuuteen on panostettu ja terien vaihto on helpompaa kuin aikaisemmissa koneissa. Joissain laitteissa syöttönopeus on pystytty nostamaan 200 metriin minuutissa. (Eurotech 2017.) Erillisten höyliä sijaan yhä enenevin määrin käytetään asiakkaalle räätälöityjä linjastoja ja yhdistelmäkoneita, joissa eri työvaiheet on yhdistetty samaan koneeseen. Esimerkiksi SCM Woodworking technology valmistaa puuse-

pänverstaisiin ja kouluihin konetta, joka sisältää tarkistuspyörösahan, alajyr-simen, oiko- ja tasohöylän. (Rannos 2017; SCM Woodworking Technology 2017b.)

3.5 Tarkistussahaus

Tarkistussahauksella tarkoitetaan mittoihin sahaamista. Siinä valmiiseen muotoonsa höylätty kappale sahataan lopulliseen pituuteensa. Jos tarkistussahaus tehtäisiin ennen höyläystä, kappaletta ei saataisi haluttuun kulmaan eikä tarkkamittaiseksi. Puulevyjen mittaan sahaamisesta käytetään termiä paloittelu. Siinä kappale saa lopullisen pituutensa ja leveytensä. Tarkistussahaja on kahdenlaisia: yksi- ja kaksipuolinen tarkistussaha. Tarkistussahauksen mittaustarkkuudessa joudutaan tyytymään rullamitan tarkkuuteen. Tarkistussahauksen toinen tärkeä laatumittari on kappaleen suorakulmaisuus. (Koponen 1991, 48; Jussila ym. 1994, 100 - 101.)

Yksipuolinen tarkistuspyörösaha on monipuolinen laite, jota voidaan käyttää särmäyksestä tarkistussahaukseen. Se koostuu pyörösahalaitteesta ja sahauspöydästä. Työstettävä kappale ohjataan sahaan luistien varassa liikkuvalla kelkalla. Jos saha sisältää terän kallistusominaisuuden, se mahdollistaa erilaisten liitosten teon ja saha soveltuu hyvin yleissahaksi pieneen yritykseen. Yksipuolinen tarkistussaha sopii parhaiten levyjen sahaukseen, koska pieniä kappaleita työstettäessä raskasta pöytää joudutaan liikuttamaan turhaan. Työn jälkeen voidaan parantaa alapuolisella piirtoterällä. Eri materiaalit vaativat omanlaiset terät. Etenkin vaneroituja ja laminoituja levyjä työstettäessä on huolehdittava terien kunnosta. (Koponen 1989, 35; Jussila ym. 1994, 101 - 102.)

Kaksipuolisessa tarkistuspyörösahassa on kaksi terää, joista toinen on kiinteä ja toinen on liikuteltavissa johteita pitkin. Molempien terien yhteydessä on piirtoterät. Yksipuolisella sahalla kappale joudutaan kääntämään sahausien välissä ja asettamaan uudelleen vastetta vasten, minkä takia syntyy enemmän virheitä. Kaksipuoleisella sahalla työstettäessä molemmat päät sahautuvat kerralla, minkä takia virheiden todennäköisyys on pienempi ja työn jälki parempaa. Kaksipuoleinen tarkistussaha soveltuu hyvin pienten

kappaleiden sahaukseen. Pieniä kappaleita voidaan sahata kerralla useita, mikä nopeuttaa tuotantoa. (Jussila ym. 1994, 101 - 102.)

Levyjen paloittelu voidaan jakaa alkupaloitteluun ja tarkistussahaukseen. Ennen sahausta työ tulee suunnitella hukkan minimoimiseksi. Parhaaksi suunnittelukeinoksi on todettu paloittelukaavio, jossa otetaan huomioon työvarat. Hukka pienenee myös, jos levyt pinnoitetaan ennen pilkkomista. Alkupaloittelussa levy sahataan noin 1 mm päähän lopullisista mitoistaan. Työvaihe voidaan suorittaa yksipuolisella tarkistussahalla, CNC-ohjatulla paloittelusahalla tai työvaihetta varten tehdyllä paloittelusahalla. Tässä vaiheessa reunan pienet rispautumat eivät vielä haittaa. Varsinaisessa tarkistussahauksessa mittatarkkuuden on oltava parempi, alle 0,5 mm ja reunojen on oltava ehjät. Levyjen huolellinen käsittely estää reunojen kolhiintumisen ja pinnoitettujen levyjen naarmuuntumisen. (Jussila ym. 1994, 100.)

Nykyaikaiset paloittelusahat ovat cnc-ohjattuja. Sahaan kytketyssä tietokoneessa on optimointiohjelma, joka minimoi hukkan määrän. Koneella määritetään sahattavien kappaleiden dimensiot, määrät ja levyaihion dimensiot. Sahaus tapahtuu automatisoidusti näiden kaavioiden mukaan. Sahat voivat olla joko yksi- tai useampiteräisiä. Vasteet ja ohjaimet siirtyvät niissä automaattisesti oikeille paikoilleen. Mittatarkkuus on hyvä, 0,1 mm. Cnc-ohjatut sahat ovat suuria investointeja, minkä takia niillä tulisi työstää suuria levymääriä, ja kappaleiden tuonti ja poisto tulisi olla koneellisesti järjestetty. (Jussila ym. 1994, 102 - 103.)

3.6 Jyrsintä ja tapitus

Jyrsinässä työstettävälle kappaleelle annetaan muoto leikkaavaa työstöä varten. Se voidaan ymmärtää sekä ala- että yläjyrsintätyönä tai ainoastaan toisena näistä. Lisäksi käytössä on muotojyrsinkoneita. Molemmilla jyrsimillä voidaan tehdä joitain samoja töitä, vaikka ne eroavatkin hieman toisistaan. Jyrsinkoneilla voidaan esimerkiksi urittaa, tapittaa, tasata listoja, tehdä liitoksia ja koneistaa heloituksia. Jyrsin kykenee tekemään vain yhden työvaiheen kerrallaan, minkä takia konetta käytetään enää lähinnä pienyrityksissä.

Teollisuudessa käytetään usein erikoiskoneita, joissa yhdistyy useampi työvaihe. Työn laatu riippuu pitkälti jyr sijän ammattitaidosta. Lisäksi laatuun vaikuttavat merkittävästi työskentelyolosuhteet ja laiteiston laatu (Koponen 1989, 36; Jussila ym. 1994, 92.)

3.6.1 Alajyrsintä

Alajyrsimessä teräpää kiinnitetään pystysuorasti koneen rungon alaosaan hyvän työnlaadun saamiseksi ja turvallisuuden parantamiseksi. Kierrosluku valitaan riittävän leikkuunopeuden saamiseksi, siten että kierrosluku on mahdollisimman korkea terillä, joissa on pieni halkaisija. Koneen kierrosluku on yleensä noin 2500 – 9000 1/min. Työn tasaisuuden ja turvallisuuden parantamiseksi suositellaan syöttölaitteen käyttöä. (Jussila ym. 1994, 92 - 93.)

Alajyrsimellä voidaan työstää monimuotoisia ja vaikeita kaarevia muotoja mallineen avulla. Rajoittavia tekijöitä on kuitenkin muutama: terän säteen tulee olla sisäpuolen kaarta pienempi ja vastapuuhun työstettäessä repeily on sitä voimakkaampaa mitä jyrkemmässä kulmassa jyr sintä tehdään. Terän halkaisijan ja ohjainlaakerin ollessa yhtä suuria malline voidaan tehdä oikean työkappaleen kokoiseksi. Halkaisijoiden ollessa erikokoisia, mallineesta tulee tehdä suurempi tai pienempi kokoeron suunnasta riippuen. Työturvallisuuden parantamiseksi on suojalaitteita käytettävä aina kun mahdollista. Olisi hyvä, jos mallineessa olisi ylimääräistä pituutta, jotta se voidaan painaa ohjainlaakeriin kiinni ennen varsinaisen työstön aloittamista. Työstön aikana kappaletta tulee koko ajan työntää eteenpäin ja oltava huolellinen, etenkin tilanteissa, joissa suojalaitteen käyttö on mahdotonta. (Jussila ym. 1994, 94.)

Alajyrsimellä voidaan tehdä myös tapitusta. Työvasteella ja yhtenäisellä ohjaimella voidaan tehdä pieniä tapituksia, kun taas isompia tapituksia varten koneeseen tarvitaan tapituskelkka. Tällöin tapitus tapahtuu samanlailla kuin yksipuolisella tapituskoneella, josta kerrotaan lisää myöhemmin tässä luvussa. Erona yksipuoliseen tapituskoneeseen voi olla katkaisuterän puuttuminen. (Jussila ym. 1994, 95.)

3.6.2 Yläjyrsintä

Yläjyrsimen käyttökohteet puuntyöstössä ovat lähes rajattomat. Yleisimmin sitä käytetään kuviojyrsintään, jonka toimintaperiaate on lähes samanlainen kuin mallinen käyttö alajyrsimellä. Erona on yläjyrsinpöydästä nostettava ohjaintappi, joka on ohjainlaakerin tilalla. Ohjaintappi on käyttökohteiltaan laajempi. Se mahdollistaa urien jyrsinnän levyn yläpintaan, aukkojen tekemisen keskelle levyä sekä moottoria käännettäessä vinot reiät ja lovet. Yläjyrsimien kierrosluvut ovat alajyrsimiä suuremmat, 12 000 - 24 000 1/min, ja ne saadaan aikaan jaksoluvun muuttajan avulla. Leikkuunopeudet jäävät kuitenkin pieniksi terien pienten halkaisijoiden ansiosta. Asetteiden tekeminen yläjyrsimelle on työlästä ja se vaatii hyvää ammattitaitoa. Cnc-koneiden uskotaan korvaavan yläjyrsimet tulevaisuudessa. (Jussila ym. 1994, 95.)

Puuteollisuuden ensimmäiset sovellutukset cnc-koneista ovat olleet yläjyrsimistä. Cnc-työstössä ihminen laatii ennen työstöä ohjelman, jota cnc-kone noudattaa. Vaikeita työstöjä toteuttaessa on hyvä tietää akselien määrä. Mitä enemmän akseleita on, sitä varmemmin vaikeita töitä voidaan työstää. Akselien määrän kasvaessa vaaditaan myös parempia ohjelmointitaitoja ohjelmoijalta. Cnc-työstössä ja perinteisessä yläjyrsimessä käytettävät terät ovat samanlaisia. (Jussila ym. 1994, 96 - 99.)

3.6.3 Muotojyrsintä

Muotojyrsimet voidaan jakaa karusellijyrsinkoneisiin ja kopiojyrsinkoneisiin. Kopiojyrsinnässä jyrsintä ohjataan mallin avulla, mikä mahdollistaa useiden kappaleiden työstämisen omalla teräpäällään. Karusellijyrsinkone puolestaan on kehitetty muotojen jyrsintään. Siinä kappaleet kiinnitetään pyörivään pöytään ja jyrsinpäät nojaavat vasteeseen, joka antaa kappaleelle muodon. Normaalisti jyrsinpäät ovat liikkuvia. (Koponen 1991, 49.)

Molemmilla jyrsintyypeillä voidaan jyrsiä monipuolisesti erilaisia muotoja ja usein jyrsin valitaan tilanteen mukaan. Jyrsintyyppin valintaan vaikuttaa erityisesti muotojen monimutkaisuus ja vaadittavan työstöjäljen tarkkuus. (Koponen 1991, 49.)

3.6.4 Tapittaminen

Tapittamisella tarkoitetaan jysintätapaa, jossa kappaleen päähän koneistetaan tappeja kulma- ja loviliitosten tekoa varten. Se voi sisältää hyvinkin erilaisia työvaiheita riippuen siitä, millaisia tuotteita valmistetaan. Tapittaminen on hyvin keskeinen työvaihe rakennepuusepänteollisuudessa ikkunoiden ja ovien valmistuksessa. (Jussila ym. 1994, 104 - 105; Koponen 1989, 36.)

Tapituksen haasteita ovat mittatarkkuus ja terän ulostulopuolen repeily. Mittatarkkuuden on oltava hyvä, vähintään 0,1 mm. Kokoamisvaiheessa puristusta ei voida tehdä tapin pintaa vastaan ja puristuspaine riippuu liitoksen tiukkuudesta. Jos tapitus on liian tiukka, liitoksen ulkoreuna kääntyy auki. Terän ulostulopuolen repeilyä voidaan puolestaan estää tekemällä vaste, johon työstettävä kappale painetaan tiukasti työstön ajaksi tai höyläämällä kappale uudestaan työstön jälkeen. Kappaleen toisen sivun jäädessä piiloon, kannattaa siitä tehdä terien ulostulopuoli. (Jussila ym. 1994, 104 - 105.)

Tapituskoneita on kahdenlaisia: yksi- ja kaksipuolinen tapituskone. Yksipuolinen tapituskone sisältää yleensä pyöröterän, kaksi vaakakursoa ja yhdestä kolmeen pystykursoa. Jokaisella teräpäällä on oma moottori, minkä ansiosta käynnissä voidaan pitää vain tarvittavia teräpäitä. Vaaka- tai pystykursoja voidaan molempia käyttää varsinaisten tappien ja lovien työstämiseen. Leveitä kappaleita työstettäessä kannattaa kuitenkin käyttää vain vaakakursoja. Yksipuolisia tapituskoneita käytetään useimmiten pienissä rakennuspuusepäntuotteita valmistavissa yrityksissä. Esimerkiksi oven karmeja valmistaessa karmin molemmat sivut saadaan tapitettua samaan aikaan ja repeily jää vähäiseksi, kun asetteen teossa muistetaan perussäännöt ”pareittain selät vastakkain” ja ”pituusvaste aina tapitetusta olkapäästä”. Jos kappaleen molemmissa sivuissa on jokin profiili, joudutaan kappaleet työstämään yksitellen pää kerrallaan. Syöttö tapahtuu käsin. (Jussila ym. 1994, 104 - 106.)

Kaksipuolinen tapituskone koostuu kiinteästä ja liikkuvasta puolesta kaksipuolisen tarkistussahan tavoin. Koneen ensimmäiset terät ovat katkaisuterät, jotka on varustettu murskausterillä. Murskausterien ansiosta katkaisupalat poistuvat purun mukana. Koneen seuraavat kursot voivat olla vaaka- tai pystykursoja tai kallistuvia kursoja. Työstettävän kappaleen syöttö tapahtuu koneellisesti. Syöttötapansa puolesta kone soveltuu linjatutantoon, jossa sitä voidaan käyttää kaksipuolisena tarkistussahana tai erilaisten liitosten valmistuksessa. Esimerkiksi ikkunapuitteiden valmistuksessa kaksipuolinen tapituskone voidaan asentaa linjaan kahden listahöylän kanssa. Tällöin kappaleet mitallistetaan ja tapitetaan ensimmäisellä höylällä ja profiloidaan toisella. Työstön etuna on hyvä tarkkuus ja vähäinen repeily. (Jussila ym. 1994, 106 - 107.)

Yksipuoliseen tapituskoneeseen verrattaessa kaksipuolinen tapituskone on nopeampi, siinä on parempi työstötarkkuus ja työturvallisuus. Kaksipuolisen tapituskoneen huonoja puolia ovat suuret investointikustannukset, koneen vaatimat kaksinkertaiset terävarustukset ja asetteen työläs vaihtaminen. Jälkimmäisen uskotaan helpottuvan cnc-koneistuksen myötä. Cnc-koneiden pitkille pystykaroille voidaan laittaa päällekkäin monta kursoa, joista voidaan valita sopivat käyttökohteesta riippuen. Samalla tavalla ohjaustaulusta voidaan säätää työstöpituus. (Jussila ym. 1994, 105.)

3.7 Poraus ja liittäminen

Poraamisella tarkoitetaan työvaihetta, jossa kappaleeseen saadaan aikaan reikä. Pyöreä reikä saadaan aikaan aksiaalisesti työstävällä poranterällä. Kulmikkaiden reikien valmistuksessa käytetään termejä talttaus ja loveaminen. Erilaisia porakoneita on paljon. Yksinkertaisin porakone on yksikarainen porakone, jolla voidaan porata yksittäisiä reikiä. Rei'ittämisessä on tärkeää hyvä tarkkuus. Usein ongelmana on se, ettei reikää saada tehtyä oikeaan paikkaan riittävän syväksi tai terä ei ole oikean kokoinen. Mittatarkkuuden on oltava vähintään 0,1 mm. Suuri osa virheistä olisi estettävissä työkappaleen huolellisella asettamisella vasteita vasten. (Jussila ym. 1994, 107; Koponen 1989, 39.)

3.7.1 Poraaminen

Porauksessa reikiä tehdään yleensä liitoksia varten. Siinä terien halkaisijat ovat pieniä, yleensä alle 50 mm, minkä takia leikkuunopeudet jäävät pieniksi ja työstöjälki ei ole kovin hyvä. Repeilyä voidaan vähentää poranterillä, joissa on keskiöpiikki ja sivuleikkurilla varustettu terä. Läpiporauksessa ulostulopuolelle on kiinnitettävä tiukasti vaste, mikä on puhdistettava aina ennen uuden kappaleen poraamista. Näin työstötarkkuus paranee ja estetään painaumien syntymistä. (Jussila ym. 1994, 108.)

Ennen rivi- ja palkkiporakoneena, nykyisin monikaraporakoneena, tunnetussa porakoneessa on useita karoja samassa tasossa, jotka mahdollistavat useiden reikien tekemisen levymäisiin tuotteisiin samanaikaisesti. Teriä voi olla kahdesta noin kolmeenkymmeneen ja niiden karajako on yleensä 32 mm. Kone huolehtii siitä, että terät ovat suorassa ja oikean etäisyyden päässä toisistaan. Nykyaikaisilla koneilla voidaan suorittaa sekä vaaka- että alapuoliset pystyporaukset. (Jussila ym. 1994, 108; Koponen 1989, 38 - 39; SCM Woodworking Technology 2017a.)

Porakoneissa käytetään myös cnc-ohjausta. Siinä tarvitsee ainoastaan huolehtia reikien oikeasta paikoituksesta ja syvyydestä. Verrattuna perinteiseen porakoneeseen asetteen teko on helppoa ja sitä kutsutaankin yleisesti porausohjelmaksi. Cnc-koneissa porauksen 0,1 mm:n mittatarkkuuteen päästään perinteisiä koneita helpommalla. Cnc-koneiden käyttö yksittäistuotteiden valmistuksessa onkin paljon viisaampaa kuin perinteisten koneiden käyttö. (Jussila ym. 1994, 109.)

Läpisyöttöiset porakoneet voidaan kytkeä myös linjaan. Esimerkkinä olkoon kappale, joka sahataan kaksipuolisella tapituskoneella oikeaan mittaan ja siirretään ristikkäispöydällä kulkemaan toiseen suuntaan. Tämän jälkeen levy tarkistetaan toisesta suunnasta toisella kaksipuolisella tapituskoneella ennen kuin se siirtyy läpisyöttävään porakoneeseen. Porakoneessa kappale kohdistetaan automatiikan avulla, kiinnitetään vasteeseen, porataan ja siirretään linjastolla eteenpäin. Myös käsin asettelu onnistuu, mutta se vaatii

suuret sarjat. Cnc-ohjattuna linjalla voidaan työstää myös pieniä määriä linjan nopeuden hidastumatta. Tämä kuitenkin vaatii, että ohjelmat ovat valmiina ennen työstön aloittamista. (Jussila ym. 1994, 109 - 110.)

3.7.2 Loveaminen ja talttaaminen

Loveamista käytetään porauksen tavoin liitosten valmistukseen, mutta lisäksi myös heloituskoneistuksiin. Työvaiheena loveaminen on haastavampaa kuin poraus. Siinä käytetään tapin tai helan muodosta riippuen suorakaiteen, neliön tai ympyrän muotoista terää. Pyöreää terää käytettäessä terään pitää saada myös sivuttaista liikettä. Loveamisen haasteena on 0,1 mm mittatarkkuuteen pääseminen. (Jussila ym. 1994, 108 & 110.)

Talttakoneilla tehdään kulmikkaita reikiä. Koneet voidaan luokitella ketju-, pora- ja värähdystalttakoneeksi sekä pitkäloviporakoneiksi. Ketjutalttakoneessa pienet leikkaavat terät on kiinnitetty pyörivään ketjuun moottorisanterän tavoin. Terän tarkkuudessa on parantamisen varaa, sillä se jättää loven pohjalla kulmat aina toiseen suuntaan hieman pyöreiksi. Koneella ei voi tehdä pieniä koloja, vaan lovesta tulee aina suorakaiteen muotoinen. Ketjutalttakoneita käytetään rakennepuusepänteollisuudessa, jossa työstössä syntyvät repeilyt ja epätarkkuudet jäävät piiloon. (Jussila ym. 1994, 110; Koponen 1989, 39.)

Poratalttakoneessa reiän muodostaa kulmikkaan holkin sisälle kiinnitetty poranterä. Sillä saadaan aikaan tarkkamittainen, neliön muotoinen ja reunoiltaan eheä kolo. Tekemällä näitä koloja paljon vierekkäin, saadaan yksi suurempi, suorakaiteen muotoinen kolo. Joidenkin poratalttakoneiden, kuten kiviseinäporan, terän hylsyosaan on rakennettu isku. Se vähentää työstövoiman tarvetta etenkin suuria teriä ja kovia puulajeja käytettäessä. Poratalttakoneet soveltuvat parhaiten yksittäisten kappaleiden työstämiseen. (Jussila ym. 1994, 110; Koponen 1989, 39.)

Värähdystalttakoneen toiminta puolestaan perustuu sen nimen mukaisesti värähtelyyn. Työstötavaltaan se poikkeaa suuresti muista koneista, sillä se tekee palokärjen tavoin pientä ja nopeaa edestakaista liikettä, mikä työstää

kolon puuhun. Jotta työn jälki on hyvää ja mittatarkkaa, tulee terän olla oikeanlainen ja hyväkuntoinen. Värähdystalttakoneella tehty kolo muistuttaa ketjutaltalla tehtävää lovea ja siksi sitä käytetäänkin samanlaisiin töihin. (Koponen 1989, 39.)

Pitkäloviporakone on edellä mainituista koneista yleisin. Siinä poranterä on varustettu vaakasuoraa leikkausliikettä varten leikkaavalla sivuterällä. Toimintaa on samantapaista kuin loven tekeminen yläjyrsinkoneella. Työstössä syntyvä pitkulainen lovi on päistään pyöreä. Sen leveys on terän halkaisijan verran ja pituus asetteen mukainen. Työstötarkkuus on tässä koneessa hyvä ja lovesta tulee sileäpintainen. Koneella on mahdollista tehdä haastaviakin lovia, mutta niihin sopivien tappien tekeminen vaatii erikoiskoneen. Kaikkia edellä mainittuja talttakoneita käytetään lähinnä erikoistapauksiin, niiden verrattain vähäisen tehon vuoksi. (Jussila ym. 1994, 110 - 111; Koponen 1989, 39.)

3.8 Reunalistoitus

Reunalistoituskoneet suojaavat levyjen reunat listalla, joka voi olla puuta, viilua, muovia, kalvoa tai erilaisilla hartseilla kyllästettyä paperipintaista listaa. Listat kiinnitetään työstettävään kappaleeseen liimaamalla. Liimoina käytetään UF-hartsi-, sulate-, kontakti tai kertamuoviliimoja, kuten PU- ja PE-liimoja. (Koponen 1989, 42 - 44.)

Reunalistoituskoneiden tullessa markkinoille niitä käytettiin alun perin liimaamaan puulista levyyn ja sen jälkeen tasaamaan lista levyn paksuiseksi. Nykyiset koneet voivat liimata listan samaan aikaan levyn molemmille reunoille, tasata listan sekä pituus- että paksuussuuntaan ja viimeistellä levyn muotoilemalla ja hiomalla reunan valmiiksi. Reunalistoituskoneita on saatavilla sekä yksi- että kaksipuolisina. (Jussila ym. 1994, 120 - 122.)

Yksipuolinen reunalistoituskone pystyy liimaamaan listan kerrallaan vain yhdelle puolelle. Koneessa on ensimmäisenä liimaa levittävä liimoitusyksikkö, jota seuraa listan tai muovinauhan puristus. Muovista reunalistaa

myydään metritavarana, jota voidaan syöttää koneeseen rullalta. Tämä soveltuu koneiden toimintatapaan hyvin ja aiheuttaa vain harvoin tuotantokatkoja. Kun reunalistoituskoneessa käytetään tällaista yhtenäistä muovilistaa, tulee kone varustaa muovinauhan leikkaavalla terällä, joka katkaisee listan sopivan mittaiseksi. Listan liimauksen, puristuksen ja katkaisun jälkeen lista tasataan levyn paksuuteen. Kone voidaan tämän jälkeen varustaa esimerkiksi muoto- ja pyöristyskursoilla, hiontayksiköllä tai päiden muotoiluyksiköllä tuotannosta riippuen. Usealla eri yksiköllä varustettu kone sopii monipuolisuutensa vuoksi hyvin pieneen tai keksisuureen yritykseen. (Jussila ym. 1994, 121.)

Kaksipuolinen reunalistoituskone koostuu periaatteessa kahdesta toisiaan vastakkain asetetusta yksipuolisesta reunalistoituskoneesta. Toinen näistä koneista on kiinteä ja toinen liikkuva. Liikkuvaa puolta siirretään levyn leveyden mukaan. Kaksipuolinen reunalistoituskone koostuu samanlaisista yksiköistä, kuin yksipuolinen reunalistoituskone. Kun levy voidaan reunalistoitaa molemmilta puolilta samaan aikaan, koneen kapasiteetti tuplaantuu. Tämän takia se sopii keskisuurten ja suurten yritysten linjatuotantoon. (Jussila ym. 1994, 122.)

3.9 Hionta

Hionta on työstövaihe, jossa työstettävä kappale saa lopullisen pinnanlaadun. Hiomapaperin karkeus määrittyy siitä, kuinka paljon ja minkä kokoisia siinä olevat jyvät ovat. Hiomajyväsissä on negatiivinen rintakulma, minkä takia ne aiheuttavat kaapimista työstettäessä. Kappaletta voidaan myös nykyaikaisilla koneilla muotoilla hiomalla. (Seinäjoen koulutuskeskus 2005.)

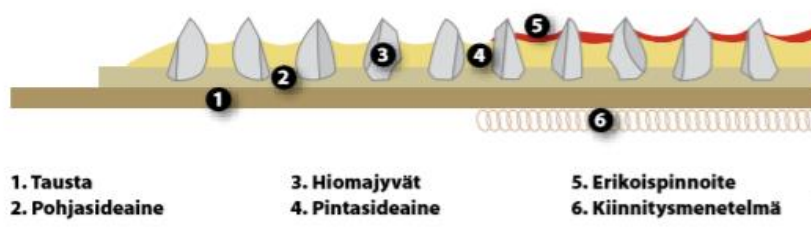
Hiomalla voidaan myös antaa kappaleelle sen lopullinen paksuus, mikäli työstövarat ovat pieniä eikä poistettavaa ainetta ole paljon. Lopullinen paksuus voidaan antaa myös höyläämällä, kuten aiemmin todettiin, mutta siinä työnjälki on huonompaa pinnan repeilyn takia. Jos kappale saa lopullisen paksuutensa hionnasta, vältytään yhdeltä työvaiheelta. Työstötarkkuuden tulee olla 0,1 – 0,2 mm. Hiomakoneelta edellytetään koneellista syöttöä,

joustamatonta pöytärakennetta ja suhteellisen kovaa hiomatallaa tai -rumppua. (Jussila ym. 1994, 124 - 125.)

Pintahionta on toinen tapa poistaa koko pinnan alueelta saman verran puuainetta. Siinä kuitenkin paksuusvaihtelut säilyvät ennallaan ja puuta otetaan vain 0,1 - 0,3 mm, ettei pintaviilut menisi poikki. Viimeistelyhionta tehdään tällä samalla tavalla. Paksuushionnasta poiketen pintahionta vaatii joustavan pöytärakenteen tai pehmeän hiomatallan tai -rummun. Hionta tulee tehdä syiden suuntaisesti. (Jussila ym. 1994, 125.)

3.9.1 Hiomamateriaali

Hiomamateriaalin rakenne on esitetty kuviossa 10.



KUVIO 10. Hiomamateriaalin rakenne (Mirka Oy 2012).

Numero 1 kuvaa taustamateriaalia, jossa käytetään kangaslangasta tai paperista valmistettua materiaalia. Hiomajyvät (numero 3) on kiinnitetty taustamateriaaliin sideaineilla, joita on kaksi: pohjasideaine ja pintasideaine. Pohjasideaine kiinnittää hiomajyvät taustaan ja pintasideaine varmistaa, että jyvät ovat tiukasti paikallaan. Kiinnitykseen käytetään hartsia ja luonnonliimaa. (Mirka Oy 2012, 33 - 36.)

Hionnan lopputulokseen ja pinnan rakenteeseen vaikuttavat hiomajyvän valinta. Hiomajyvän yleisin materiaali puuhionnassa on alumiinioksidi. Se on tarpeeksi vahva useimpiin sovelluksiin ja siitä valmistetut hiomajyvät ovat teräviä. Kovien puumateriaalien, kuten tammen ja MDF-levyjen, hiontaan käytetään yleensä piikarbidia, joka on alumiinioksidiin verrattuna vahvem-

paa. Piikarbidi soveltuu myös hyvin välihiontaan sen tasaisemman rakenteen vuoksi. Hiomajyvien materiaalin lisäksi hionnan laatuun vaikuttaa, kuinka tiheästi hiomajyvät on aseteltu. Jos hiomajyviä on vähän, niin jyväsien sirottelu on avointa ja tukkeutuminen on vähäistä. Jos taas hiomajyviä on paljon, ne on aseteltu tiheämmin ja aineenpoisto on tehokasta. Myös hiomajyvän koolla on väliä. Erikokoisia hiomajyviä käytetään eri tarkoituksiin. Hiomatuotteet valmistetaan jyväkoon perusteella eri standardien mukaisesti. (Mirka Oy 2012, 37 - 39.)

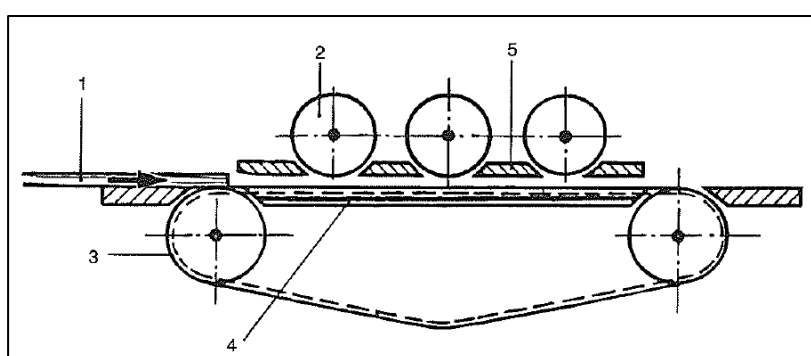
3.9.2 Hiomakoneet

Tyypillisimpiä hiomakoneita ovat nauhahiomakoneet sekä rumpu- ja reuna-hiomakoneet. Nauhahiomakoneita on kaksi erilaista, kapea- ja leveänauhahiomakone. Niiden etuna on puun syiden suuntaisesti tapahtuva hiomaliike, mikä parantaa hiomajälkeä poikkisyyhyn hiomiseen verrattuna. Kapeanauhahiomakoneella voi suorittaa vain pintahiontaa. Siinä hiomanauhan leveys on noin 100 - 200 mm ja leikkuunopeus 15 - 30 m/min. Oskillaation, eli värähtelyn, ylläpitämiseksi pöytää ja tallaa on pidettävä liikkeessä samaan aikaan. Hyvän pinnanlaadun saaminen edellyttää työkokemusta ja huolellisuutta. (Jussila ym. 1994, 125 - 127; Koponen 1989, 40 - 41.)

Leveänauhahiomakoneet ovat yleisempiä hiomakoneita kuin kapeanauhahiomakoneet ja niitä käytetään jopa pienissä yrityksissä. Leveänauhahiomakoneet toimivat paksuushöylän tavoin, tosin sillä erolla, että syöttöliike tapahtuu kumimaton avulla, ja kursojen tilalla on hiomapaperi. Hiomakoneet koostuvat yhdestä kolmeen hiontayksiköstä, joista jokaisessa on leveä, päättymätön hiomanauha, joka kulkee kumitetun kontaktikelan vetämänä ja tukitelan ohjaamana. Ensimmäisenä on karkein ja viimeisenä hienoin hiomapaperi. Hiomapaperin leveys voi vaihdella 600 – 1500 mm välillä. Itse hionta tapahtuu joko rumpuhionnalla tai paineilmatalalla, joka painaa hiomapaperin hiottavaa kappaletta vasten. Hiomajäljen parantamiseksi voidaan käyttää kapeanauhahiomakoneen tavoin oskilloivaa liikettä. Leveänauhahionta soveltuu parhaiten suurten tasomaisten pintojen hiontaan,

minkä takia sitä käytetään paljon puulevyteollisuudessa. Leveänauha-hiomakoneita voidaan rakentaa sekä yksi- että kaksipuolisina. (Jussila ym. 1994, 126; Koponen 1989, 41.)

Rumpuhiomakone tunnetaan myös nimellä telahiomakone. Sen toiminta perustuu pyörivään rumpuun kiinnitettyyn hiomanauhaan. Siinä rummulle annetaan oskilloiva liike, joka liikkuu edestakaisin noin 60 – 120 mm. Hiomakoneissa on yksi tai useampi hiomapaperilla päällystetty tela. Syöttö tapahtuu hihnakuuljettimella. Rumpuhiomakoneen periaate esitellään kuviossa 11. (Koponen 1989, 40 - 41.)



KUVIO 11. Kolmetelainen rumpuhiomakone, joka koostuu hiottavasta kappaleesta (1), hiomarummuista (2), syöttöketjusta (3), ketjun ohjaimesta (4) ja työtasosta (5) (Koponen 1991, 52).

Reunahiomakonetta käytetään sen nimen mukaisesti kappaleen reunojen hiontaan. Hiontatapoja on kolme erilaista. Ensimmäisessä hiottava kappale painetaan pitkää tallaa vasten, jolloin puuaineen poistuminen riippuu siitä, kuinka kovaa ja pitkään kappaletta painetaan tallaa vasten. Toinen hiontatapa perustuu hiomakoneen kaksiosaiseen ohjaimen, joka on samanlainen oikohöylän pöydän kanssa. Ohjaimen avulla voidaan määrittää, paljonko puuainesta poistuu. Kolmas tapa on käyttää hiomakoneen päädyn hihnapyörää, joka mahdollistaa erityisesti kaarien sisäpintojen hionnan. Reunalistoituskoneiden hiomayksiköt vähentävät jonkin verran reuna-hiomakoneiden tarvetta. (Jussila ym. 1994, 126 - 127.)

Hiontaan on lisäksi kehitetty yritysten tarpeiden mukaisia erikoiskoneita. Laitteet voivat joko olla niin yksinkertaisia, että työstettävää kappaletta pidetään työstön ajan käsissä, tai vaihtoehtoisesti pitkälle automatisoituja linjoja, joissa robotti hioo kappaleen ja siirtää valmiin kappaleen sivuun. (Jussila ym. 1994, 12.)

3.10 Sorvaaminen

Sorvaus eroaa muista pyyntyöstömenetelmistä suuresti, sillä siinä leikkaus tapahtuu kohtisuorasti puun syitä vastaan työstettävää kappaletta pyörittämällä ja syöttö terää siirtämällä eli päinvastoin kuin muissa puuntyöstömenetelmissä. Kappale värähtelee työstön aikana, minkä takia leikkuunopeus on alhainen, usein alle 20 m/s. Jos kappaleen halkaisija vaihtelee työstön aikana, voi leikkuunopeuskin vaihdella. Sorvaus voidaan tehdä käsin, puoliautomaattisesti, täysin automaattisesti tai kopiosorvaamalla. (Jussila ym. 1994, 111 - 113.)

Käsin sorvauksessa tuote valmistetaan käsin talttaamalla ja viimeistellään hiomalla. Työ on hidasta ja tarkkuutta vaativaa, minkä takia sitä käytetään ainoastaan yksittäistuotantoon ja taide-esineiden valmistukseen. Työn laatu riippuukin täysin sorvaajan ammattitaidosta sekä työvälineiden kunnosta. Yleisin virhe käsin sorvaamisessa on taltan väärä asento, joka johtaa liian pieneen tai jopa negatiiviseen rintakulmaan, minkä takia taltta vain kaappii puuta eikä irrota siitä lastua. (Jussila ym. 1994, 111 - 112.)

Puoliautomaattisorvauksessa sorvaus tapahtuu mallineen avulla, mutta työ-kappale vaihdetaan manuaalisesti käsin pysäyttämättä sorvia välissä. Karassa on pyörittäviä piikkejä pidempi keskipiikki, johon kappale keskistetään ja kiristetään. Vasta kiristyksen jälkeen kappale alkaa pyöriä. Itse sorvaus tapahtuu kahdessa vaiheessa. Ensimmäinen vaihe on pyöritys, mitä seuraa välittömästi värähtelyä estävä ohjainrengas. Tämän jälkeen tapahtuu muotosorvaus, johon terä ottaa muodon mallineesta. Terävien muotojen varalle koneissa on takaterät, joihin on valmiiksi työstetty sorvattava muoto. Nämä takaterät ovat suoraan sorvattavaa kappaletta päin erillistä johdetta

pitkin. Sorvauksen jälkeen tuote hiotaan käsin. Kappaleen vaihtamiseen kuuluu vain sekunteja, joten nopeuteen vaikuttavat eniten syöttönopeus ja hiontaan käytetty aika. Koneella saadaan myös samanlaisia kappaleita, toisin kuin käsin sorvatessa. (Jussila ym. 1994, 112.)

Täysautomaattisorvi on täysin automaattiseksi kehitetty versio puoliautomaattisorvista. Koneiden merkittävin ero on kappaleen syötössä. Kun puoliautomaattisorviin kappaleet piti vaihtaa käsin, on täysautomaattisorvissa makasiini, josta sorvi ottaa automaattisesti työstettävän aihion. Sorvauksen jälkeen kappaleet siirtyvät hiontalaitteeseen. Nämä muutamat eroavaisuudet vaikuttavat tehokkuuteen merkittävästi, sillä niiden seurauksena koneen kapasiteetti kaksinkertaistuu, työnopeus on tasaista ja työturvallisuus kasvaa. (Jussila ym. 1994, 112 - 113.)

Kopiosorvi eroaa aiemmin mainituista sorveista ja sen nimi onkin hieman harhaanjohtava erilaisen toimintaperiaatteen takia. Kopiosorvi toimii alajyrsimen tavoin. Siinä terä pyörii leikkaavan liikkeen aikaansaamiseksi, mutta sorvin tavoin myös työstettävä kappale pyörii, tosin vain hitaasti. Itse sorvaus tapahtuu mallineen avulla. Työn jälki ei ole yhtä hyvää kuin sorveilla yleensä, koska työstötapa aiheuttaa pintaan pieniä kuoppia. Konetta käytetäänkin erikoistuotantoon ja monimuotoisten kappaleiden valmistukseen, kuten tyylihuonekalujen osien, kiväärinperien ja puukenkien valmistukseen. (Jussila ym. 1994, 113.)

3.11 Uudet työstötavat

Uusimpia puuntyöstötapoja ovat laser- ja vesisuihkuleikkaus. Laserleikkaus perustuu vahvistettuun valon säteeseen, joka leikkaa puuta. Työstötavan etuja ovat, ettei siitä synny purua, se on meluton eikä siihen muodostu leikkuuvoimia. Se on kuitenkin kallis investointi, joka kuluttaa paljon sähköä. Laserleikkausta käytetään suurta tarkkuutta vaativiin töihin, kaivertamiseen ja monimutkaisten muotojen työstämiseen. Laserleikkaus soveltuu hyvin puun pintaan tehtävien koristekuvioiden tekemiseen. Kuvio muistuttaa polttamalla tehtyä jälkeä. (Jussila ym. 1994, 72 - 74.)

Vesisuihkuleikkaus perustuu korkeapaineiseen, yli äänen nopeudella kulkevaan vesisuihkuun, joka kohdistetaan suuttimen avulla kohteeseen. Vesisuihkuleikkauksen onnistuminen vaatii lyhyen etäisyyden leikattavasta kohteesta, jotta suihku pysyy kapeana eikä hajoa. Työstötavan haittoina ovat pieni leikkuunopeus ja puumateriaalin kastuminen tietyissä tapauksissa. Isompia kappaleita työstäessä veteen voidaan sekoittaa polymeerejä, jotka nopeuttavat vettä ja parantavat työstövoimaa. (Jussila ym. 1994, 72 - 73.)

Molempien työstötapojen etuja ovat pieni sahausrako ja suuri työstötarkkuus. Ne toimivat cnc-ohjauksella. Molempien työstötapojen huono puoli on heikko soveltuvuus paksujen puukappaleiden työstöön. Niillä on huono taipumus alkaa kulkea puun syitä pitkin, minkä lisäksi laserista jää puuhun palamisjälkiä. (Jussila ym. 1994, 128.)

4 OPPIMATERIAALIN LUOMINEN

4.1 Käytössä olevat oppimateriaalit

Opinnoissa käytettävät oppimateriaalit ovat muuttuneet viimeisten vuosien aikana. Perinteisiä oppikirjoja ei käytetä enää juurikaan eri aloille yhteisiä aineita lukuun ottamatta. Niissäkin oppikirjoja on ollut käytössä vain kemian, fysiikan ja valinnaisten kielten, kuten venäjän opinnoissa. Muissa kaikille yhteisissä aineissa, kuten englannissa, ruotsissa ja matematiikassa, on ollut yleisesti käytössä opettajien kurseille räätälöimät kirjamaiset paperitulosheet, jotka on voinut lunastaa muutamalla eurolla. Kielissä käytetään opettajien tekemiä materiaaleja, koska kurssilla keskitytään alakohtaiseen sanastoon ja teksteihin, joihin ei ole valmiita materiaalikokonaisuuksia. Matematiikan oppimateriaalit on räätälöity tekniikan alan opiskelijoille sopiviksi.

Puutekniikan ammattiopinnoissa on kaikki kurssimateriaali ollut sähköistä yksittäisiä paperitulosteita lukuun ottamatta. Eri kurssien oppimateriaalit ovat koostuneet pääasiassa opettajan diaesityksistä, toisille opiskelijoille esitetyistä ryhmätöistä ja harjoitustyöistä. Opetuksessa käytetään suurimmaksi osaksi Power Point -kalvoja, joihin on merkitty ydinasiat. Näin ollen aiheista opiskellaan vain pääpiirteittäin eikä yhtä yksityiskohtaisesti ja selittävästi kuin kirjoissa. Ryhmä- ja harjoitustyöiden laajuus ja merkitys kurssin arvosanaan vaihtelevat suuresti. Monilla kursseilla harjoitustyössä tulee etsiä tietoa jostain aiheesta sekä esitellä ja opettaa asia luokkatovereille diaesityksen avulla. Suurimmat harjoitustyöt puolestaan ovat monivaiheisia ja vaikuttavat kurssin arvosanaan jopa 50-prosenttisesti. Tällaisia harjoitustyöitä ovat kurssimateriaaliin perustuvat kysymyspaketit, useampivaiheiset suunnittelu- ja toteutustyöt sekä selvitystyöt, jossa tutustutaan annettuun aiheeseen, siihen liittyviin yrityksiin ja mahdollisesti joko toteutetaan tai testataan vielä näihin liittyvä tuote tai asia. Kurssin sisältö ratkaisee pitkälti harjoitustyön aiheen ja toteutustavan.

Sähköisten oppimateriaalien laatu riippuu pitkälti niiden tekijästä. Joillakin kursseilla materiaali on opettajan itse eri lähteistä kokoamaa, kun taas

osalla kursseista alan suurimmat yritykset ovat kasanneet valmiiksi oppimateriaaliksi sopivaa esittelymateriaalia. Tällaisia laajoja, kirjamaisia, oppimateriaalinakin käytettyjä esittelymateriaaleja ovat muun muassa Tikkurilan Puun teollinen pintakäsittely (2009) ja Mirkan Tehokasta puunhiontaa (2012). Lisäksi opettajan oma työhistoria vaikuttaa kurssimateriaaliin. Esimerkiksi vaneritekniikan kurssilla aiheeseen tutustuttiin UPM:n tuotteiden kautta, koska opettaja oli työskennellyt aiemmin näiden tuotteiden parissa. Nämä yritysten tekemät valmiit materiaalit ovat laajoja ja kertovat aiheesta kattavasti, mutta ne keskittyvät esittelemään vain juuri kyseisen yrityksen tuotteita eikä niistä ilmene, miten kilpailevat tuotteet eroavat kyseisistä tuotteista.

Toisinaan opetuksessa käytetään vierailevia luennoitsijoita ja vierailaan alan yrityksissä. Päijät-Hämeessä on reilun puolen tunnin ajomatkan säteellä koulusta muun muassa kaksi suurta sahaa, liimapuupalkki-, vaneri- ja lastulevytehdas sekä huonekalujen ja puuntyöstöterien valmistusta ja puuntyöstökoneiden jälleenmyyjiä. Näiden lisäksi on lukuisia pieniä verstaita. Yritysvierailuilla pääsee näkemään tuotannon eri vaiheet alusta loppuun, mikä helpottaa useilla opiskelijoilla tuotannon ymmärtämistä ja konkretisoi luennoilla opeteltuja tuotantokaavioita. Toisinaan näiden yritysten edustajia saadaan vieraileviksi luennoitsijoiksi kursseille. Aika heidän kanssaan on usein kiireisen työelämän takia rajallista, joten toisinaan liian suuri aika vierailusta kuuluu heidän edustamansa yrityksen esittelyyn. Silti ulkopuoliset luennoitsijat ovat tervetulleita, sillä heidän kauttaan jälleen korostuu, miten opiskeltava asia toimii työelämässä.

4.2 Odotukset hyvästä oppimateriaalista

Hyvä oppimateriaali on selkeä, johdonmukainen ja helppolukuinen. Siitä tulee ilmetä tekstin pääajatus, saada selkeä käsitys siitä, mikä liittyy aiheeseen oleellisesti ja mikä taas etäämmin sekä tarjota syventävää tietoa. Hyvä otsikointi lisää selkeyttä. Otsikoinnissa voidaan käyttää tehosteena numerointia tai värejä, mutta ne eivät ole välttämättömiä eri tasoisia otsikoita käytettäessä. Sisällysluettelosta pystyy löytämään etsimänsä tiedon sijainnin

materiaalissa eri tasoisten otsikoiden avulla. Sisällysluettelosta pitäisi myös pystyä havainnollistamaan aiheen ylä- ja alaotsikoiden avulla asiakokonaisuuksia.

Hyvää oppimateriaalia havainnollistetaan graafisin keinoin ja opetustilanteessa sen tukena käytetään selkeää diaesitystä. Moniosaiset tapahtumaketjut ja syy-seuraussuhteet voidaan esittää kuvina tai taulukoina, jotka selitetään tekstissä tai kuvatekstissä. Kuvissa, taulukoissa tai tekstissä käytettyjen termien selittäminen on myös tärkeää. Teoksissa, joissa käytetään termejä paljon, olisi hyvänä olla hakemisto, johon kaikki termit ja niiden selitykset on kirjattu.

Kuten aiemmin mainittiin, on diaesitykset hyvin yleinen opetuksen tukena käytetty oppimateriaali. Niiden laajuus voi vaihdella monesta kymmenestä diasta noin kymmenen dian esityksiin riippuen siitä, käsitelläänkö esityksessä aihekokonaisuus vai ainoastaan jokin yksittäinen aihe. Diaesityksissä on myös tärkeää panostaa otsikoiden selkeyteen. Diojen valmispohjissa tausta, otsikoiden suuruus ja väri pysyvät koko ajan samoina, jolloin niitä käytettäessä voi olla hankalaa ymmärtää eri otsikoiden välisiä suhteita. Diaesityksiä voidaan selkeyttää käyttämällä eri tasoissa otsikoissa eri fonttia, fonttikokoa, väriä ja taustaa. Suurta aihekokonaisuutta käsittelevässä diaesityksessä voidaan myös aluksi esitellä sisällysluettelo käsiteltävistä aiheista ja jokaisen aiheen kohdalla aiheen sisäinen sisällysluettelo, jossa otsikot on vielä jaoteltu eri tasoihin.

Oppimateriaalin tukena oppimiskeinoina voidaan käyttää kurssin aiheesta riippuen laboratoriotyöskentelyä, vierailevia luennoitsijoita ja yritysvierailuja. Edellä mainituissa oppimistavoissa olisi kuitenkin tärkeää muistaa keskittyä liian yritysmarkkinoinnin sijaan käsiteltävään aiheeseen ja siihen liittyvään syvälliseen tietoon, jota ei välttämättä voi opiskella oppikirjoista.

Jokainen opiskelija on oma yksilönsä omine oppimistapoineen, joten jokainen oppimateriaali on varmasti hyvä ja huono jollekin.

4.3 Puuntyöstö- ja tuotantotekniikka -kurssi

Puuntyöstö- ja tuotantotekniikka on puutekniikan opiskelijoille suunnattu kurssi, joka sisältää nimensä mukaisesti kaksi osaa: puuntyöstötekniikan ja tuotantotekniikan. Puuntyöstötekniikka sisältää aiheet lastuamisen perusteet, pinnanlaatu, puuntyöstöterät, teräkulmat sekä terien huoltaminen. Tuotantotekniikan osuus sisältää opetusta katkaisusta, särmäyksestä, halkaisusta, puumateriaalin jatkamisesta, höyläyksestä, mittaan sahaamisesta, jyrinnästä, tapituksesta, porauksesta, reunalistoituksesta, hionnasta ja sorvauksesta. Kurssilla tutustutaan eri tuotantomenetelmien perinteisiin ja moderneihin puuntyöstökoneisiin. (LAMK 2017.)

Opetussuunnitelmaan kurssin osaamistavoitteeksi on kirjattu seuraavat asiat: Opiskelija hallitsee puuntyöstön perusasiat ja kykenee valitsemaan sopivat työstömenetelmät tuotevalmistuksen eri vaiheisiin. Opiskelija tuntee terien työstöjäljen ja osaa valita oikean työstötavan siten, että työ on taloudellista ja jälki on laadukasta. Lisäksi opiskelijan tulee kurssin jälkeen kyetä keskustelemaan teristä ja niiden materiaaleista terätoimittajan kanssa. Kurssin laajuus on neljä opintopistettä. (LAMK 2017.)

Kurssi toteutetaan verkkototeutuksena, eikä siinä ole tenttiä. Kurssiarvosana annetaan kahden harjoitustyön perusteella, joista molempia painotetaan saman verran (50 %). Toinen harjoitustyöstä sisältää 20 oppimateriaaliin liittyvää kysymystä, joihin opiskelijoiden tulee vastata. Oppimateriaalin lisäksi vastauksissa tulee käyttää myös muita tietolähteitä, kuten internetiä ja muuta kirjallisuutta. Nämä 20 kysymystä suunniteltiin osana opinnäyte-työtä ja opiskelijan niistä saama arvosana riippuu vastauksien laajuudesta ja käytetystä lähdemateriaalista. Kurssin opettaja suunnittelee ja toteuttaa toisen harjoitustyön.

Kurssille on verkko-opetusta varten luotu oma Moodle-alusta Lahden ammattikorkeakoulun Reppu-palveluun, johon lisättiin kurssin perustietojen lisäksi uusi oppimateriaali, videoita eri tuotantotekniikoista ja harjoitustyöiden ohjeistukset. Oppimateriaali on opiskelijoiden luettavissa pdf-muodossa,

minkä lisäksi se on alustalla Word-tiedostona vain opettajan nähtävillä, jotta opettaja voi tehdä siihen tarvittaessa muutoksia.

4.4 Uuden oppimateriaalin tekeminen

Uuden oppimateriaalin lähteenä käytettiin kurssin vanhaa oppimateriaalia ja aiheeseen liittyviä vanhoja oppikirjoja. Viimeisimmät aiheesta julkaistut oppikirjat ovat 90-luvun taitteesta ja alkupuolelta. Kovinkaan suuri osa tuosta tuotantomenetelmien perustiedosta ei ole muuttunut kuluneen 25 - 30 vuoden aikana, mutta automatisaatio ja koneiden cnc-tekniikka on kehittynyt huimasti. Nykyään yrityksille valmistetaan heidän tarpeisiinsa räätälöityjä yhdistelmäkoneita, jolloin yhdellä koneella voidaan tehdä työvaiheet, joihin on aiempina vuosikymmeninä tarvittu erilliset koneet (Rannos 2017). Oppimateriaalin teossa tuotantomenetelmien perustiedot etsittiinkin vanhoista oppikirjoista ja laitteiden nykyominaisuudet konevalmistajien sivuilta. Työstötekniikan osion tärkein tietolähde oli vanha oppimateriaali, johon ei valitettavasti ollut merkitty tietojen alkuperäisiä lähteitä. Sen lisäksi aiheesta löytyi tietoa vanhoista oppikirjoista. Oppimateriaalin aiheista on ollut vaikeaa löytää lähteeksi kelpaavaa tekstiä internetistä.

Uuden oppimateriaalin tärkeiksi lähteiksi vanhan oppimateriaalin rinnalle löytyi kolme aiheesta kertovaa vanhaa oppikirjaa. Hannu Kuposen kirjoittamat Puusepänteollisuuden tuotteet (Otakustantamo 1989) ja Puutuotteiden jalostus ja kehitys (Kyriikki Oy 1991) esittävät lähes samoilla sanoilla eri puuntyöstökoneet. Teoksissa koneet, niiden toimintatavat ja rakenteet esitetään hyvin lyhyesti. Molemmat teokset sisältävät hyviä kuvia laitteiden toimintaperiaatteista ja niitä on lainattu niin uuteen oppimateriaaliin kuin opinäytetyöhönkin. Puusepänteollisuuden tuotteet -kirjassa on lisäksi kerrottu puuntyöstökoneiden teristä. Kolmas hyväksi lähteeksi osoittautunut teos on Ari Jussilan, Kalervo Kuikan, Matti Monosen, Matti Voutilaisen ja Martti Vuorenmaan kirjoittama Puutekniikka 3: Tuotantotekniikka (Otava 1994). Oppikirjassa käsitellään puusepänteollisuutta ja siinä on kerrottu laajasti muun muassa terätekniikasta ja eri työstötavoista. Suuren aiheäärän takia eri asioista esitellään vain perustiedot, eikä syventävää tietoa juurikaan ole.

Toisinaan vanhoja oppikirjoja lukiessa pystyi havaitsemaan, että niitä oli käytetty kurssin vanhan oppimateriaalin lähteinä sekä tekstien että kuvien puolesta. Uuden oppimateriaalin tuotantotekniikan ja osa terätekniikan teksteistä on koottu pitkälti vertailemalla näiden kolmen teoksen ja vanhan oppimateriaalin tekstejä sekä täydentämällä tietoja konevalmistajien sivuilta.

Teoksien opeissa oli myös eroja. Niissä käytettiin jossain asioissa samasta asiasta eri termejä. Tällainen ristiriita on muun muassa katkaisusahauksesta kertovissa teksteissä. Koposen teosten mukaan katkaisusahat voidaan jakaa tasapaino-, suuntais- ja suuntaisheilurikatkaisusahaan, kun taas Jussilan, Kuikan, Monosen, Voutilaisen ja Vuorenmaan mukaan suuntaisheiluri-, säteis- ja pikakatkaisusahaan. Asiaan pyydettiin asiantuntija-apua Penope Oy:n tuoteryhmäpäällikkö A. Rannokselta ja hän osasi jakaa nykyisin käytössä olevat katkaisusahat suuntais-, säteis- ja optimoiviin katkaisusahoihin (pikasahaus).

Oppimateriaalin teossa haluttiin huomioida erilaiset oppijat. Sen takia tekstiä on elävöitetty lukuisilla kuvilla, taulukoilla, kansilehdillä, käyttämällä värejä ja ranskalaisia viivoja. Lisäksi kurssin Moodle -alustaan on lisätty sivu, johon on koottu videoita eri tuotantomenetelmistä. Kansilehdillä (kuvio 12) ja kolmeen eri tasoon lajitelluilla otsikoilla haluttiin luoda selkeyttä, jota vanhassa oppimateriaalissa ei ollut. Sisällysluettelosta (kuvio 13) nämä tasot erottavat toisistaan sisennysten ansiosta ja itse tekstissä tyylistään. Pääotsikot alkavat aina uudelta sivulta, ne on keskitetty sivun keskelle ja niissä on suurin fontti. Seuraavat otsikot ovat fonttikooltaan pienempiä, ne alkavat sivun vasemmasta reunasta ja ovat alleviivattuja. Näiden alaotsikot ovat samanlaisia, mutta pienemmällä fontilla ja ilman alleviivausta. Otsikoita ei ole numeroitu.



KUVIO 12. Uuden oppimateriaalin kansikuvien on tarkoitus selkeyttää oppimateriaalin sisältöä. Niitä on yhteensä kuvissa esiintyvät kolme kappaletta. Ensimmäinen on koko oppimateriaalin kansikuva ja seuraavat kaksi eri osien kansilehdet.

Sisällys	
PUUN TYÖSTÖTEKNIikka	5
Lastuamisen perusteet.....	6
Lastunmuodostus.....	6
Leikkusuunnat.....	6
Katkaistustyöstö.....	7
Pikittäistyöstö.....	8
Poikittäistyöstö.....	8
Lastun pakkaus.....	9
Pinnanlaatu.....	13
Aallontitus.....	13
Aallonyvyys.....	14
Muita pinnanlaatuun vaikuttavia tekijöitä.....	16
Puuntyöstöterät.....	21
Terämateriaalit.....	22
Kovametaali.....	22
Timanttiterät DP.....	26
Pikateräs HSS.....	28
Pyyrisähänterien valmistus.....	30
Teräkulmat.....	32
Teroituskulma.....	32
Riintakulma.....	33
Päästökulma.....	34
Muut terässä esiintyvät kulmat.....	34
TYÖSIJÄTEKNIikka	36
Terien huoltaminen.....	37
Hioma-aineet.....	37
Hiontatavat.....	39
Teroituksiohjeita.....	40
Terien tasapainotus.....	42
PUUN TUOTANTOTEKNIikka	44
Katkominen, särmäys ja halkaisu.....	45
Katkominen.....	45
Särmäys ja halkaisu.....	46
Puumateriaalin jatkaminen.....	48
Lim- ja lapajtkos.....	48
Sormijtkos.....	49
Höyläys.....	50
Oikohöylä.....	50
Tasohöyläys.....	51
Muotohöyläys.....	51
Mittaan sahaaminen.....	54
Jyrsintä ja tapitus.....	57
Alajyrsintä.....	57
Yläjyrsintä.....	58
Muotojyrsintä.....	58
Tapittaminen.....	59
Poraus ja liittäminen.....	61
Poraaminen.....	61

KUVIO 13. Otsikot on jaettu kolmeen eri tasoon, joista kaikki on esillä sisällysluettelossa. Kuviossa on esitetty 2/3 sisällysluettelosta.

Otsikoiden järjestäminen oli puun työstötekniikan osiossa hankalaa. Vanha oppimateriaali alkoi lastunmuodostuksen ja teräkulmien opetuksella jatkuen

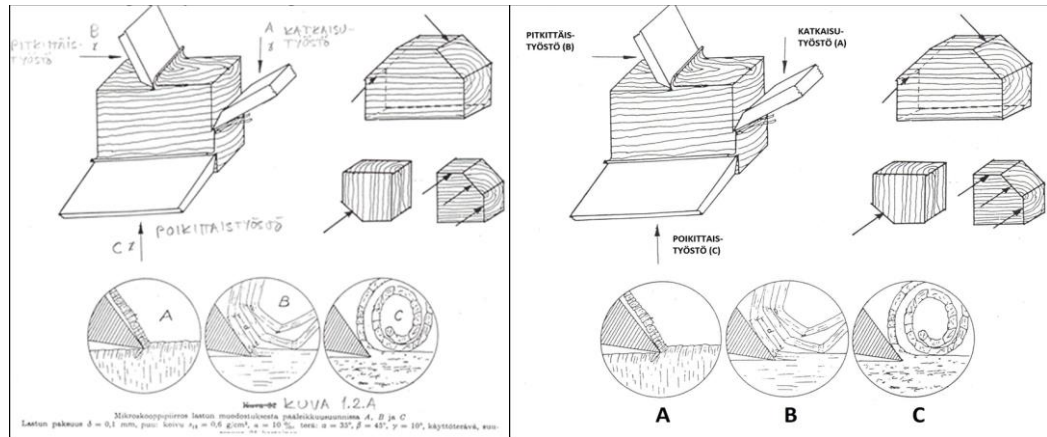
pinnanlaadulla, terämateriaaleilla ja päättyen terien teroittamiseen ja huoltamiseen. Uusi materiaali haluttiin aloittaa teräkulmia kevyemmällä aiheella ja siksi materiaalissa ensimmäisenä käsiteltävät asiat ovat lastuamisen perusteet ja pinnanlaatu. Uuden ja vanhan oppimateriaalin työstötekniikan osion sisällysluettelot on esitelty taulukossa 2. Uudessa oppimateriaalissa otsikko puuntyöstöterät on yläotsikko, jonka alla on kerrottu terämateriaaleista, teräkulmista, terien valmistuksesta, niiden tylsymisestä ja huoltamisesta, eli se sisältää yhdessä otsikossa samat aiheet kuin vanha materiaali neljässä. Tehontarvetta ei ole uudessa oppimateriaalissa käyty läpi omana kappaleena sen sisältämän vähäisen tiedon takia ja laser- ja vesisuihkutyöstö käsitellään tuotantotekniikan osiossa. Tuotantotekniikan osion järjestys on kronologinen kuvaelma tukin matkasta sahatavaraksi ja valmiiksi tuotteeksi. Järjestys on saman tapainen niin vanhan oppimateriaalin sisällysluettelossa kuin lähteinä käytetyissä oppikirjoissa.

TAULUKKO 2. Vanhan ja uuden oppimateriaalin työstötekniikan sisällysluettelot pääotsikoittain.

	vanha oppimateriaali	uusi oppimateriaali
1.	teräkulmat ja lastunmuodostus	lastuamisen perusteet
2.	pinnanlaatu	pinnanlaatu
3.	tehontarve	puuntyöstöterät
4.	teräaineet	
5.	tylsyminen	
6.	teroitus	
7.	pölyn ja melun vähentäminen	
8.	laser- ja vesisuihkutyöstö	

Vanhassa oppimateriaalissa oli paljon hyviä kuvia, joita haluttiin käyttää myös uudessa oppimateriaalissa. Kuviin oli kuitenkin saatettu kirjoittaa tekstejä tai piirtää nuolia, jotka haluttiin päivittää nykyaikaisiksi. Moni kuvista kokikin Paint -käsittelyyn, jossa vanhat käsin kirjoitetut tekstit poistettiin ja kirjoitettiin uudelleen tietokoneella. Kuviossa 14 on havainnollistettu edellä kuvailtu kuvankäsittely. Alkuperäisen kuvan alareunassa on kuvaa selittävää

tekstiä ruotsiksi, minkä takia siihen on kirjoitettu käsin vastaavat kohteet suomeksi. Nämä käsin kirjoitetut tekstit kirjoitettiin tietokoneella päälle ja poistettiin alkuperäinen ruotsinkielinen teksti. Päivitetty kuva on selkeämpi kuin alkuperäinen kuva.



KUVIO 14. Vasemmalla puolella on vanhassa oppimateriaalissa ollut kuva, joka pienellä muokkauksella selkeytettiin ja päivitettiin uuteen oppimateriaaliin.

Kuvien lisäksi materiaali sisältää muutaman laskukaavan. Kaavojen yhteyteen haluttiin selkeä listaus kaavassa esiintyvistä tekijöistä, jotta niitä ei tarvitsisi arvailla tai etsiä monen sivun takaa. Seuraavissa kaavoissa mahdollisesti samat tekijät toistettiin uudelleen tavoitteeseen pääsemiseksi. Kuviossa 15 on malli yhdestä oppimateriaalissa esiintyvistä kaavasta.

Aallonpituus

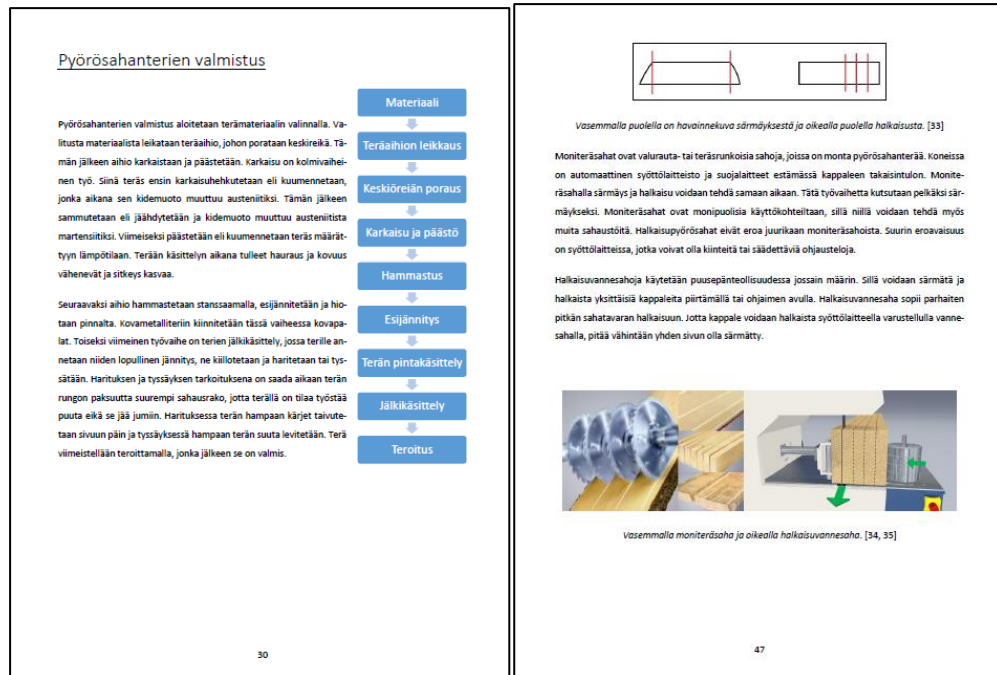
Aallonpituus voidaan laskea syöttönopeuden kaavalla

$$e = \frac{v_s}{n \cdot z}$$

jossa

- e = aallonpituus
- v_s = syöttönopeus (mm/min)
- n = terän pyörimisnopeus (1/min)
- z = kurson leikkaavien terien määrä (kpl)

KUVIO 15. Malli oppimateriaalista löytyvästä kaavasta.



KUVIO 16. Havainnekuvat oppimateriaalista löytyvästä valmistuskaaviosta ja kuvien lähdeviitteistä.

Oppimateriaalin teksti ei sisällä lähdeviitteitä. Oppimateriaalin teon alkuvaiheessa lähdeviitteet merkittiin tekstiin, mutta ne tekivät tekstistä raskaammin luettavan ja viitteet päätettiin poistaa. Etenkin, kun lähdeviitteissä toistuivat jatkuvasti samojen vanhojen oppikirjojen tekijöiden nimet. Kurssin vanhassa oppimateriaalissa häiritsevää oli lähdetietojen puuttuminen, minkä takia uudessa materiaalissa käytetyt lähteet on merkitty, opinnäytetyön tavoin, teoksen loppuun, tosin ilman viittauspäivämääriä. Tekstin sijaan kuviin on merkitty numerot hakasuluissa, joiden avulla niiden alkuperäiset lähteet löytyvät lähdeluettelosta numerojärjestyksessä. Numero voi olla merkitty kuvan alle, kuvatekstin yhteyteen tai siihen voidaan viitata tekstissä. Kuviossa 16 oikeanpuoleisessa kuvassa lähdeviitteet on merkitty kuvatekstin perään. Vasemman puoleisessa kuvassa halutaan havainnoida tekstistä löytyvää valmistuskaaviota.

4.5 20 kysymyksen harjoitustyö

Oppimateriaalin tueksi tehtiin 20 kysymyksen tehtäväpaketti, johon opiskelijoiden tulee vastata kurssin aikana. Harjoitustyöstä saatu arvosana riippuu

vastausten laajuudessa ja sen painoarvo kurssin arvosanasta on puolet. Tehtävät etenevät samassa järjestyksessä tekstin kanssa ja jokaisesta luvusta on pyritty esittämään vähintään yksi kysymys. Tehtävät oli tarkoitus jakaa tasan molempien pääotsikoiden kesken, mutta lopullisista kysymyksistä kahdeksan liittyy työstötekniikkaan ja kaksitoista tuotantotekniikkaan. Osaan kysymyksistä vastaus löytyy helposti oppimateriaalista ja aiheesta on myös saatavilla netissä tietoa. Osa kysymyksistä edustaa puolestaan eri ääripäitä: toisiin löytyy vastaus ainoastaan materiaalista ja toisiin ei ole materiaalisissa vastausta ollenkaan. Harjoitustyön kysymykset on kirjattu opin- näytetyön liitteeseen yksi.

Työstötekniikan kysymyksissä (kysymykset 1-8) on tarkoitus, että opiskelijat tutustuisivat asioihin luku kerrallaan ja kokoaisivat vastaukseen luvun teemaan vaikuttavat keskeiset tekijät. Tällaisia kysymyksiä ovat muun muassa kysymykset yksi, viisi ja kuusi, joissa kysytään miten eri leikkuusuunnat vaikuttavat lastun muodostukseen; pyydetään vertailemaan kovametallia, timanttia ja pikaterästä terämateriaalina sekä miettimään, miten eri teräkulmat vaikuttavat puun työstämiseen. Kysymys 7 pyrkii siirtämään opiskelijan ajatukset työelämään ja omaan toimintaan. Kysymys kuuluu, kuinka omilla toimillaan voi vaikuttaa terän käyttöiän pidentämiseen.

Tuotantotekniikan kysymykset ovat selkeämmin aiheittain. Niiden tavoitteena on, että opiskelija ymmärtää kunkin tuotantomenetelmän toimintaperiaatteen ja miten menetelmä eroaa muista menetelmistä. Kysymyksissä pyydetään esimerkiksi kertomaan eri höyläystapojen eroavaisuuksia, kerto- maan esimerkkejä joihinkin työvaiheeseen käytettävistä koneista ja luette- lemaan tuotteita, jotka on valmistettu tietyllä tuotantomenetelmällä. Jouk- koon on lisätty myös kysymys, josta olisi haluttu kertoa oppimateriaalissa, mutta siitä ei löytynyt riittävästi tietoa. Kysymyksessä (9) pyydetään selvit- tämään kameranäön käyttöä katkaisusahauksessa. Tämä lienee materiaa- lin hankalimpia kysymyksiä, sillä aiheesta on vaikea löytää tietoa.

Erikoisimmat tehtävät ovat kysymykset 3, 8, 18, 19 ja 20, joista kahdeksan- teen, 18:nteen ja 20:nteen ei ole yhtä oikeaa vastausta, vaan tehtävät vaa-

tivat opiskelijan pohdintaa. Kolmannessa kysymyksessä opiskelijoiden tulee laskea annettujen tietojen perusteella aallonpituus ja -syvyys ja päätellä syntyvän tuotteen pinnanlaatu. Kyseinen kaava ja pinnanlaadun määrittämiseen soveltuva taulukko ovat esillä oppimateriaalissa. Kysymys 8 liittyy suoraan kurssin oppimistavoitteeseen. Siinä opiskelijoiden tulee miettiä, mitä asioita tulee tietää, kun ostaa puuntyöstöteriä yrityksen käyttöön. Kysymys 19 on puolestaan tehtävä, jossa opiskelijoiden tulisi koota mahdollisimman laaja taulukko eri puuntyöstökoneiden leikkuunopeuksista. Leikkuunopeuksia ei sellaisenaan käsitelty oppimateriaalissa, mutta koettiin tärkeäksi, etteivät opiskelijat siivuta aihetta kokonaan. Tehtävän suorittamiseksi opiskelijoiden tulee tutustua eri konevalmistajien sivuille ja etsiä sieltä eri koneiden teknisiä tietoja. Tehtävä auttaa myös ymmärtämään eri tuotantomenetelmissä käytettyjen koneiden ominaisuuksia. Kysymyksessä numero 20 lainataan kurssilla aiemmin käytetyn harjoitustyön ideaa. Siinä opiskelijoiden tulee pohtia mitä työvaiheita ja aihioita Artekin Mademoiselle keinutuolin valmistuksessa käytetään. Kysymyksessä 18 opiskelijoiden tulee miettiä eri työstökoneiden työturvallisuusriskejä.

Harjoitustyön kysymysten suunnittelussa haluttiin, että kysymykset liittyisivät koko aineistoon mahdollisimman laajasti. Kysymyksiä laadinnassa pyrittiin ottamaan huomioon jokaisen luvun keskeisimmät asiat, joita opiskelijoiden tulisi aiheesta tietää. Tässä onnistuttiin palautteen perusteella hyvin. Opettajalle nämä kysymykset annettiin ilman oikeita vastauksia. Tarkoituksena on, että harjoitustöitä arvostellessa näkee, kuinka opiskelijat ovat löytäneet aiheesta tietoa ja opiskelijoiden vastauksia voi verrata keskenään niiden laajuuden perusteella. Kuten aiemmin mainittiin, ei muutamiin kysymyksiin edes ole yhtä oikeaa vastausta. Esimerkiksi viimeisessä, Artekin Mademoiselle keinutuolin valmistukseen liittyvässä kysymyksessä, on tärkeintä miettiä erilaisia tuotantomenetelmiä sen käytössä olevan selvittämisen sijaan.

5 PALAUTE OPPIMATERIAALISTA

5.1 Palautekysely

Joulukuussa 2017 syyslukukaudella kurssin suorittaneilta opiskelijoilta pyydettiin palautetta uudesta oppimateriaalista harjoitustöiden palauttamisen jälkeen. Palautekysely toteutettiin verkkotentin muodossa kurssin Reppu - pohjassa ja se nimettiin kurssin kolmanneksi harjoitustyöksi, johon opiskelijoiden oli pakko vastata. Kyselyn saatesanoissa kerrottiin, että kysely koskee erityisesti uutta oppimateriaalia ja 20 kysymyksen harjoitustyötä ja sen tuloksia käytetään oppimateriaalin kehittämiseen sekä opinnäytetyön lähteenä. Näin palaute pyrittiin kohdentamaan juuri opinnäytetyönä tehtyihin materiaaleihin, eikä opettajan tekemään harjoitustyöhön tai itse kurssiin.

Palautekysely koostui 14 kysymyksestä. Näistä 10 ensimmäistä koski oppimateriaalia, seuraavat 3 opiskelijan omaa työpanosta ja lopuksi opiskelijoiden oli mahdollista jättää avointa palautetta. Palautteen antamiseen ei ollut aikarajaa. Palautekyselyssä esitetyt kysymykset ja väittämät olivat:

1. Oppimateriaali oli mielestäni selkeä.
2. Löysin oppimateriaalista riittävästi tietoa.
3. Oppimateriaali tuki oppimistani.
4. Internetistä oli helppoa löytää aiheeseen liittyvää lisätietoa.
5. Harjoitustyön 20 kysymykseen oli helppoa löytää vastaukset.
6. Harjoitustyön 20 kysymystä oli vaikeustasoltaan haastavia.
7. Katsoin Repusta eri tuotantomenetelmien videoita oppimiseni tueksi.
8. Minkä arvosanan antaisit oppimateriaalin sisällöstä (teksteistä)?
9. Minkä arvosanan antaisit oppimateriaalin visuaalisesta ilmeestä ja ulkoasusta?
10. Minkä kokonaisarvosanan antaisit oppimateriaalille?
11. Kurssista saadut opintopisteet vastasivat sen eteen tekemääni työmäärää.
12. Kurssin suorittaminen edisti ammatillista kehittymistäni.
13. Minkä arvosanan antaisit kurssista itsellesi tehdyn työmäärän perusteella?

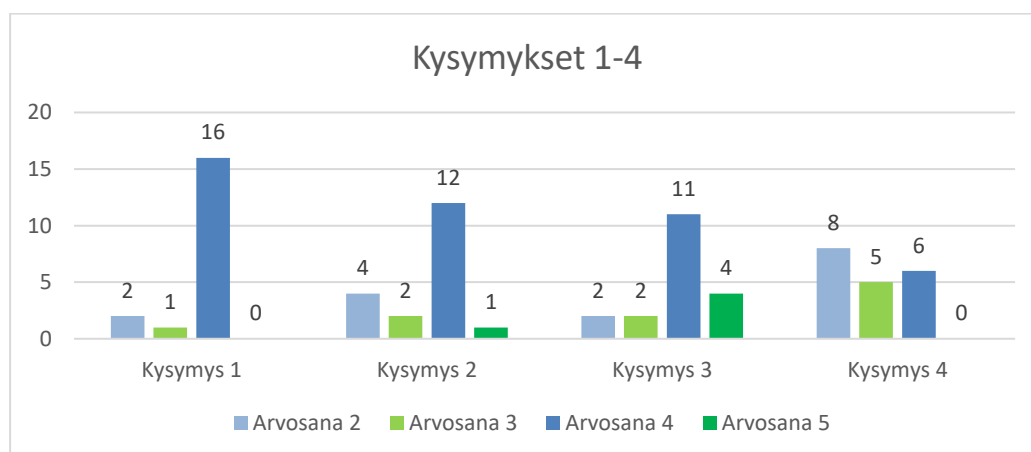
14. Muuta palautetta

Kysymyksiin 1-7 ja 11-12 oli viisi vastausvaihtoehtoa: täysin eri mieltä (1), eri mieltä (2), en osaa sanoa (3), samaa mieltä (4) ja täysin samaa mieltä (5). Kysymysten 8-10 sekä 13 vastausvaihtoehtoina olivat kouluarvosanat yhdestä viiteen. Kysymykseen 14 pystyi vapaaehtoisesti vastaamaan avoimeen kommenttikenttään. Palautekysely on esitelty kokonaisuudessaan liitteessä 2. Vastaaminen tapahtui nimellisesti.

5.2 Tulokset

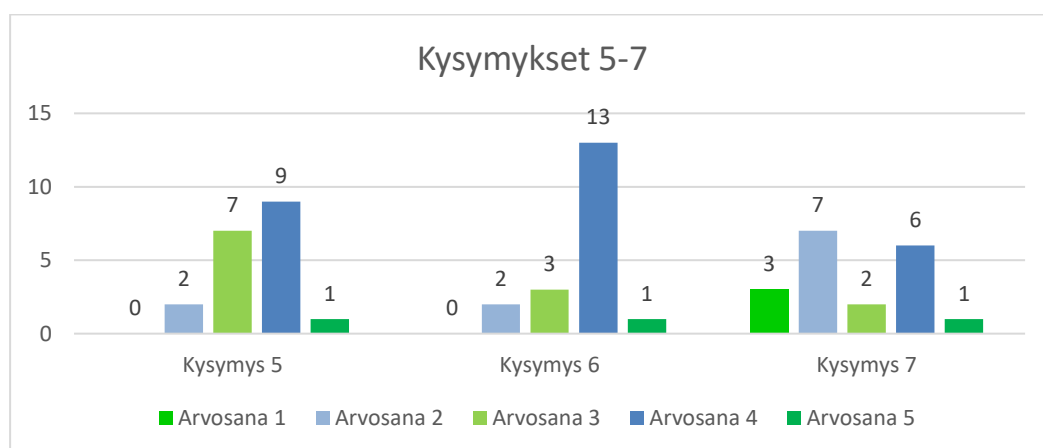
Palautekyselyyn vastasi 19 opiskelijaa, joista 18 oli miehiä ja 1 nainen. Kaikki opiskelijat vastasivat kaikkiin monivalintakysymyksiin, minkä lisäksi 15 opiskelijaa jätti palautetta avoimeen kommenttikenttään. Keskimäärin opiskelijoilla kesti vastaamiseen 10 minuuttia ja 1 sekunti nopeimman suorituksen ollessa vain 55 sekuntia ja pisimmän 52 minuuttia ja 1 sekunti, mikä osaltaan kertoo siitä, kuinka paljon vastauksiin on paneuduttu. Taulukoissa 3 - 5 on esitetty vastausten jakautuminen eri arvosanoille kysymyksittäin. Vain kysymykseen 7 ("Katsoin Repusta eri tuotantomenetelmien videoita oppimisen tueksi.") on annettu vastaukseksi arvo yksi: täysin eri mieltä. Tämän takia kyseinen arvo on merkitty vain taulukkoon 4. Lisäksi taulukossa 6 on esitetty vastausten keskiarvo kysymyksittäin. Kaikkien vastausten keskiarvo on 3,46.

TAULUKKO 3. Vastausten jakautuminen kysymyksissä 1-4.



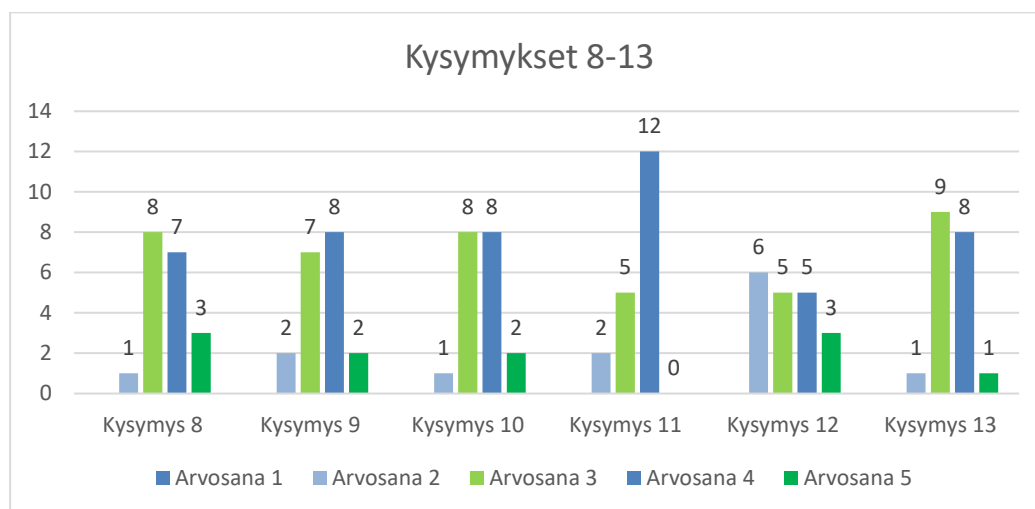
Uuden oppimateriaalin yksi toistuvimmista tavoitteista on ollut selkeys, minkä takia asiaa kysyttiin ensimmäisessä kysymyksessä. 16 opiskelijaa on ollut tästä samaa mieltä ja vain 2 eri mieltä. Väite 2 ”löysin oppimateriaalista riittävästi tietoa” jakoi mielipiteitä enemmän. 13 opiskelijaa on ollut asiasta samaa mieltä ja 4 eri mieltä. Vastausten keskiarvo oli 3,5. Parhaan keskiarvon (3,9) kaikista kysymyksistä sai kysymys 3, jonka mukaan oppimateriaali tuki oppimista. Heikko keskiarvo tuli väitteeseen 4: ”Internetistä oli helppoa löytää aiheeseen liittyvää lisätietoa”, vain 2,9. 8 opiskelijaa on kokenut tiedon löytämisen hankalaksi ja 5 ei ole osannut vastata kysymykseen. 6 opiskelijan mielestä tietoa oli löytynyt helposti.

TAULUKKO 4. Vastausten jakautuminen kysymyksissä 5 - 7.



Kysymykset 5 ja 6 liittyvät 20 kysymyksen harjoitustyöhön. Näistä ensimmäisessä väitettiin, että harjoitustyöhön oli helppoa löytää vastaukset ja jälkimmäisessä, että kysymykset olivat vaikeustasoltaan haastavia. 14 opiskelijan mielestä kysymysten vaikeustaso oli haastava ja vain 2:n opiskelijan mielestä ne olivat helppoja. Kuitenkin 10 opiskelijan mielestä kysymyksiin oli helppoa löytää vastaukset vain 2:n ollessa eri mieltä. Kysymyksessä 7 tiedusteltiin, kuinka moni opiskelija oli katsonut verkkokurssiin oppimisen tueksi lisättyjä tuotantomenetelmien videoita. Vastausten keskiarvo (2,7) on huonoin kaikista vastauksista. 10 opiskelijaa oli katsonut videoita vain vähän tai ei lainkaan. Vain 7 opiskelijaa kertoi katsoneensa videoita.

TAULUKKO 5. Vastausten jakautuminen kysymyksissä 8 - 13.



Loput kysymykset keskittyivät oppimateriaalin arviointiin ja oppimiskokemuksiin. Oppimateriaalin sisällön kouluarvosanan keskiarvo on 3,7; visuaalisen ilmeen ja ulkoasun 3,5 ja koko oppimateriaalin 3,6. 10 opiskelijaa, eli yli puolet opiskelijoista, on antanut kuhunkin kysymykseen joko arvosanan 4 tai 5. Kysymyksessä 11 väitettiin, että kurssista saadut opintopisteet vastasivat sen eteen tekemää työmäärää. 12 opiskelijaa on tästä samaa tai täysin samaa mieltä ja 2 eri mieltä. 5 opiskelijaa ei ole osannut vastata kysymykseen. Siitä, edistikö kurssin suorittaminen ammatillista kehittymistä, opiskelijat eivät olleet samaa mieltä. Vastausten keskiarvo on 3,3, eli kallistumassa kehittymisen kannalle. Kuitenkin 6 opiskelijaa on sitä mieltä, että kurssin suoritus ei kehittänyt ammatillisesti. 8 opiskelijaa on ollut kehittymisen kannalla ja 5 ei ole osannut vastata. Kurssin eteen tehdyn työmäärän perusteella opiskelijat antaisivat itselleen keskimäärin arvosanan 3,5.

TAULUKKO 6. Vastausten keskiarvot kysymyksittäin.



Viimeiseen kysymykseen opiskelijoiden oli mahdollista jättää vapaata palautetta. Vastauksia kertyi 15. Opiskelijoiden antamat palautteet on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 3.

Oppimateriaali sai positiivista palautetta selkeydestä, johdonmukaisuudesta, monipuolisuudesta ja helppolukuisuudesta. Tietomäärää pidettiin laajana ja kattavana, ja kuvia keuhuttiin hyviksi ja havainnollistaviksi. Kritiikkiä opiskelijat antoivat tekstiin eksyneistä kirjoitusvirheistä, tekstien ja kuvatekstien epäselvyydestä sekä asioiden pinnallisesta läpikäynnistä. Eräässä palautteessa pyydettiin nöyrympää lähestymistä aiheeseen ja siten yksinkertaisempaa selostusta. Toisessa puolestaan toivottiin kattavampaa tietoa joihinkin mainitsemattomiin aiheisiin. Kehitys- ja korjausideoitakin tuli. Yksi opiskelija oli viitannut palautteessaan oppimateriaalin virkkeeseen, johon oli oikoluvusta huolimatta päässyt kaksi samaa verbiä. Toinen toivoi oppimateriaalin keskittyvän enemmän oikeisiin leikkuu- ja syöttönopeuksiin ja tiivistämään terien valmistustekniikan osiota.

20 kysymyksen harjoitustyö sai myös oman osansa palautteesta. Osa opiskelijoista piti sitä hyvänä ratkaisuna tentin korvaajana. Kun oppimateriaalista ei löytynyt suoraan vastauksia kaikkiin kysymyksiin, oli opiskelijoilla tilaa omatoimiselle tiedon haulle ja pohtimiselle. Tämän uskottiin parantavan oppimistuloksia. Lisätiedon löytäminen internetistä oli koettu haastavaksi ja

joku opiskelija osasi kertoa hakeneensa lisätietoa muista oppikirjoista. Yksi opiskelija kritisoi kysymysten olleen liian ympäröityä.

Palautteissa oppimateriaalin todettiin soveltuvan yhden kurssin tarpeisiin ihan hyvin, mutta kurssille tarvittaisiin tätä uutta oppimateriaalia parempi ja laadukkaampi oppikirja, niin kuin vuonna 2017 on saatu saha- ja levyteollisuuden opintoihin. Uuden materiaalin todettiin olevan hyvä lähtökohta, josta materiaalia voidaan lähteä parantamaan. Oppimateriaalista on erään palautteen mukaan paikoin havaittavissa, että siinä on käytetty vanhoja lähdemateriaaleja eikä hän käyttäisi materiaalia tutkimuksen tai projektin lähteenä. Samainen opiskelija kertoo myös ymmärtävänsä, että nykytilanteesta on vaikea saada ajankohtaista tietoa kootusti.

Osa palautteesta oli selkeästi kohdistettu kurssiin ja sen toteutustapaan verkko-opetuksena, eikä oppimateriaaliin tai harjoitustyöhön. Kurssilla ei ollut lähiopetusta, mikä sai erään opiskelijan miettimään, oppivatko kurssilaiset aiheesta riittävästi. Toinen puolestaan kohdisti kritiikkinsä kurssin sijoittamista vasta kolmannelle vuosikurssille, sillä hänen mielestään se olisi ollut hyödyllistä käydä jo ensimmäisenä lukuvuotena. Yksi opiskelija toivoi tehtäville aikataulutusta, jossa kaikkien tehtävien palautuspäivät eivät osuisi lukukauden loppuun. Palautteesta ei ilmennyt, tarkoittiko opiskelija kaikkien kurssien vai ainoastaan tämän yhden kurssin tehtäviä. Lisäksi kurssille toivottiin oppimisen tueksi käytännön harjoituksia, esimerkkejä ja yritysvierailua.

5.3 Tulosten analysointi

Uudelle oppimateriaalille oli asetettu korkeat tavoitteet ja siitä toivottiin hyviä arvosteluja sen eteen tehdyn työn ja panostuksen takia. Yleisesti ottaen oppimateriaalista saatu palaute on ollut hyvää, kehittävää ja kannustavaa. Eriytyisen iloiseksi tekee ne 15 sanallista vastausta, jotka opiskelijat ovat jättäneet avoimeen kenttään. Koska palautteita on vain 19, näkyvät yksittäiset äärimielipiteet tilastoissa helpommin sekä laskien että nostamalla tulosten keskiarvoja. Palautteiden joukosta on selkeästi havaittavissa, että muutamat opiskelijat eivät ole pitäneet kurssin toteutustavasta ja tämän takia antaneet

oppimateriaalille huonompia arvosteluja. Toisaalta osa opiskelijoista saattaa kehua oppimateriaalia kohteliaisuudesta.

Palautekyselyn kaikkien vastausten keskiarvo on 3,46, mihin voidaan olla tyytyväisiä. Kysymyksiä 4 ja 7 lukuun ottamatta kysymyksiin odotettiin hyvinä vastauksina arvoja samaa ja täysin samaa mieltä tai numeroarvosteluja 4 ja 5. Kysymykseen 4: ”Internetistä oli helppoa löytää aiheeseen liittyvää lisätietoa.” odotettiin vastauksia eri tai täysin eri mieltä, mikä tukisi oppimateriaalin kirjoittamisessa koettuja tuntemuksia tiedon etsinnästä. Samoja vastauksia odotettiin kysymykseen 7: ”Katsoin Repusta eri tuotantomenetelmien videoita oppimiseni tueksi”. Videot oli lisätty kurssin verkkototeutukseen vaihtoehtoisena oppimateriaalina, mutta niiden katsominen oli vapaaehtoista. Kun vastausten keskiarvosta jätetään huomioimatta nämä kaksi kysymystä, tulosten keskiarvo nousee hieman, ollen 3,57.

Materiaalin selkeyttä on korostettu koko ajan (kysymys 1) ja 16:n opiskelijan ollessa samaa mieltä, ja neljän kehuessa materiaalia selkeäksi vielä avoimessa kommenttikentässä, voidaan tulokseen olla tyytyväisiä – yksi tavoite on saavutettu. 13 opiskelijaa on kokenut saaneensa oppimateriaalista riittävästi tietoa (kysymys 2), mutta 4 opiskelijaa ei kokenut tiedon määrää riittäväksi. Kolme näistä neljästä opiskelijasta oli jättänyt avointa palautetta, joista selvinnee taustoja heidän vastauksiin. Yhdellä oli aiemmin suoritettu puusepän koulutus ja hän ei kokenut saaneensa kurssilta uutta tietoa, toisen mielestä materiaalin teoriaosuus jäi liian pinnalliseksi ja kolmas kritisoi kurssin toteutusta itsenäisenä verkko-opetuksena. Opiskelijat olivat samaa mieltä 3,9 keskiarvolla, että oppimateriaali tuki oppimista (kysymys 3). Kysymysten yksi ja kolme vastauksiin ollaan tyytyväisiä, mutta vaikei toisen kysymyksen vastausten keskiarvo (3,5) ole huono, olisi lopuillekin opiskelijoille haluttu tarjota riittävästi tietoa.

Kysymys numero 4, joka käsitteli tiedon löytämisen vaikeutta, oli toinen niistä kysymyksistä, johon odotettiin arvosanoja eri mieltä ja täysin eri mieltä. Vastausten perusteella opiskelijat eivät kuitenkaan olleet kokeneet tiedon etsintää kovin hankalana, sillä samaa ja eri mieltä olevia opiskelijoita

oli lähes yhtä paljon. Tätä tukee myös seuraavat vastaukset, sillä opiskelijoiden mielestä 20 kysymyksen harjoitustyöhön oli helpohkoa löytää vastaukset (kysymys 5), vaikka itse kysymykset olivat haastavia (kysymys 6). Kysymys numero 7 oli toinen niistä kysymyksistä, johon osattiin odottaa vastauksia eri mieltä ja täysin eri mieltä. Tämä on sinänsä ymmärrettävää, sillä kuten aiemmin mainittu, videoiden linkit oli lisätty kurssialustalle vaihtoehtoisena oppimateriaalina, eikä niihin viitattu oppimateriaalissa tai harjoitustyössä. Opiskelijat ovatkin jakautuneet selkeästi kahteen ryhmään, niihin, jotka ovat katsoneet videot, ja niihin, jotka eivät ole niitä katsoneet. Avoimessa palautekentässä videoita kiiteltiin oivallisena lisänä kurssimateriaaliin.

Oppimateriaalin sisältö (kysymys 8) sai arvosanakseen 3,7. Avoimessa palautteessa eniten käytetty, oppimateriaalia kuvaava, adjektiivi oli ”kattava”, mikä varmasti selittää hyvää arvosanaa. Visuaalinen ilme ja ulkoasu (kysymys 9) saivat hieman heikomman arvosanan, 3,5. Muutama opiskelija oli kirjoittanut palautteeseen, että tekstissä oli hyviä ja havainnollistavia kuvia, mutta niihin liittyvät selitykset ja kuvatekstit kaipaisivat selvennystä. Koko oppimateriaalin saama arvosana on näidenkin keskiarvo (kysymys 10), 3,6. Se on hyvä arvo, mutta sitä voi vielä oppimateriaalia päivittämällä pyrkiä parantamaan.

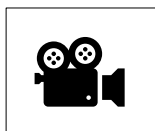
Suurin osa opiskelijoista koki, että heidän kurssin eteen tekemä työ vastasi kurssista saatuja opintopisteitä (kysymys 11). Kahden eri mieltä olevan opiskelijan palautekyselystä ei selviä kokeeko opiskelijat saaneensa opintopisteet liian helpolla vai joutuneensa tekemään turhan paljon töitä kurssin eteen. Toinen heistä on avoimessa palautteessa kertonut kaivanneensa 20 kysymyksen harjoitustyöhön tarkempia tehtävänkuvauksia. Kurssin tarjoama ammatillinen kehittyminen (kysymys 12) ei tyydyttänyt opiskelijoita täysin ja he olisivat kaivanneet kurssille lähiopetusta, konkreettisia harjoituksia tai yritysvierailua. Omasta työpanoksestaan (kysymys 13) he antaisivat itselleen keskimäärin arvosanan 3,5.

Aiemmin todettiin, että jokainen opiskelija on oma yksilönsä omine oppimistapoineen, joten jokainen oppimateriaali on varmasti hyvä ja huono jollekin.

Tämä oli huomattavissa myös saadun palautteen perusteella, sillä samalla kun toinen kehui oppimateriaalin harvinaisen hyväksi ja selkeäksi, niin toinen sanoo sen olleen suppea ja kaipaavansa lisää tietoa. Kaikkia miellyttävää materiaalia on vaikea tehdä, mutta materiaalin nyt saama arvosana 3,6 voidaan pitää hyvänä ja siihen voidaan olla tyytyväisiä parannusten tekemisen jälkeen. Mikäli palautekyselyä voisi muuttaa vielä jälkikäteen, siihen lisättäisiin kysymys aiemmasta koulutustaustasta. Palautteista oli nimitäin havaittavissa, että aihe oli tuttu puusepän koulutuksen suorittaneille ja kurssi oli heille vain aiemmin opitun kertausta. He odottivat kurssilta selkeästi enemmän uutta tietoa kuin opiskelijat, joille asia oli täysin uutta.

5.4 Omaa pohdintaa

Saadun palautteen perusteella oppimateriaalia voidaan päivittää korjaamalla palautteessa viitattu virke ja oikolukemalla koko oppimateriaali vielä kerran. Kirjoitusvirheiden ohella oikoluvussa pyritään kiinnittämään huomiota lauserakenteisiin, korjaamaan epäselviä kohtia selvemiksi ja parantamaan kuvatekstien ymmärrettävyyttä. Oppimateriaalin otsikot aiotaan myös numeroida. Vaikka oppimateriaalista onnistuttiin palautteen mukaan tekemään selkeä, kukaan opiskelijoista ei ollut siitä täysin samaa mieltä, ainoastaan samaa mieltä. Muutoksen myötä oppimateriaali selkeytyy entistään ja opiskelijoiden on helpompaa ymmärtää otsikoiden väliset suhteet. Neljäs päivitys on kuvion 17 mukaisen videokamera -symbolin lisääminen oppimateriaaliin niiden tuotantomenetelmien kohdalle, joista on videot. Symbolin merkitys selitetään oppimateriaalin alussa. Tämän muutokset myötä opiskelijoiden toivotaan huomaavan videot, katsovan niitä enemmän ja ymmärtämään niiden kautta eri tuotantomenetelmiä paremmin. Nämä ovat pieniä muutoksia, joilla oppimateriaalista pyritään hiomaan vielä parempi.



KUVIO 17. Oppimateriaalin lisättävä symboli niiden tuotantomenetelmien kohdalle, joista on tarjolla oppimista tukeva video. Symboli on saatavilla Microsoft Word -ohjelmistossa.

Oppimateriaalin kirjoittamisen yksi selvimmistä haasteista oli päätös siitä, kuinka syväälle kuhunkin aiheeseen uppoudutaan. Uuden oppimateriaalin työstötekniikan osuus on tiedoiltaan pitkälti samanlainen kuin kurssin vanha oppimateriaali, kun taas tuotantotekniikan osuus on luotu alusta asti ilman vastaavaa mallia. Vanha oppimateriaali määrittikin hyvin pitkälle sen, minkä verran työstötekniikan asioita käytiin läpi. Saadun palautteen perusteella terien työstötekniikan sisällössä voitaisiin keskittyä enemmän terien asentamiseen ja vaihtamiseen, terissä ilmeneviin vikoihin ja niiden tunnistamiseen sekä terien huoltamiseen. Osaa näistä aiheista käsitellään oppimateriaalissa pinnallisesti.

Oppimateriaalin aihealue on hyvin laaja ja se sisältää paljon yksityiskohtaista tietoa. 20 kysymyksen harjoituspaketti tuntuu tämän takia hyvältä kurssin osasuoritukselta. Verrattaessa tenttiin, opiskelija joutuu vastauksia etsiessään perehtymään oppimateriaaliin aihealue kerrallaan ja etsimään lisätietoa aiheesta. Tällöin monet yksityiskohtaiset asiat voivat jäädä paremmin mieleen kuin tenttiin lukiessa. Monet opiskelijat lukevat tenttiä varten materiaalin kerran suurissa erissä, jolloin osa yksityiskohtaisista asioista unohtuu. Kysymyspaketin vastaamiseen käytettiin todennäköisesti enemmän aikaa kuin tenttiin lukemiseen. Harjoitustyön kysymykset saivat pääasiassa hyvää palautetta. Opiskelijat kokivat ne haastaviksi, mutta olivat silti sitä mieltä, että vastausten löytyminen oli helpohkoa. Saadun palautteen perusteella kysymyksiin ei tehty muutoksia.

Lähes jokainen opiskelija aloittaa uransa tuotannon töistä, minkä takia heidän olisi hyvä oppia seuraamaan ja ymmärtämään työstöjälkeä, ymmärtää mistä viat johtuvat ja toimimaan tilanteen edellyttämällä tavalla. Tämä taito karttuu työkokemuksen myötä ja tapaukset ovat teollisuudessa työosasto-

ja konekohtaisia. Olisi hienoa, jos kurssille voitaisiin jatkossa sopia yritysvierailu tai koulun omassa puuverstaassa järjestettäisiin mahdollisuus päästä seuraamaan terän vaihtoa ja huoltoa, vaikkei opiskelijat pääsisikään tekemään vaihtoa tai huoltoa itse. Mahdollinen yritysvierailukohde Lahden alueella voisi olla esimerkiksi iso tuotantotehdas (Koskisen Oy, Versowood Oy), jossa opiskelijat pääsisivät seuraamaan määräaikaishuoltoa; koneita valmistava tehdas (Raute Oy) tai koneita jälleenmyyvä yritys (Penope Oy, Olsa Ay).

Palautteissa viitattiin uusiin Sahateollisuus ja Puulevyteollisuus -oppikirjoihin, jotka on julkaistu vuonna 2017. Molemmat teokset ovat kirjoittaneet alan ammattilaiset, joilla on työkokemusta alalta niin kotimaasta kuin ulkomailta. Kirjat ovat kustantaneet Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys ry ja Suomen Puuteollisuusinsinöörien Yhdistys ry. Molemmat teokset ovat laajoja, lähes 300 sivun teoksia aloiltaan ja sisältävät kattavasti alojen nykyaikaista tietoa. Niiden pohjalta julkaistaan sähköiset oppimateriaalit vuoden 2018 aikana. (Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys ry 2017.) Uusiin ammattilaisten tekemiin oppikirjoihin verrattaessa useat käytössä olevat oppimateriaalit tuntuvat vanhoilta, niin kuin myös tämä nyt valmistunut oppimateriaali. Yhdessä palautteessa kirjoitettiin osuvasti, että tämä oppimateriaali on tehty oikeaan tarpeeseen ja se on hyvä lähtökohta, josta parempaa materiaalia voidaan lähteä rakentamaan. On hienoa huomata, että uusiin oppimateriaaleihin panostetaan. Toivottavasti myös muihin opiskeltaviin aiheisiin saataisiin yhtä hienot teokset.

Uuden oppimateriaalin kirjoittaminen oli avartava kokemus. Kirjoittaessa joutui koko ajan tekemään valintoja: kuinka paljon haluaa noudattaa alkuperäistä oppimateriaalia, mitä tietoja oppimateriaalissa haluaa kertoa, mikä tieto on tärkeää sekä arvioida ja vertailla tietojen lähteitä ja ajantasaisuutta. Kurssilla läpikäytävien asioiden perustiedot ja toimintaperiaatteet eivät ole muuttuneet juurikaan edellisistä oppikirjoista 30 vuoden takaa, mutta koneiden käyttö ja huoltaminen ovat kehittyneet huimasti tekniikan ja automaation kehittyessä. Tämä oppimateriaali noudatti hyvin tarkasti edeltäjänsä

sisällöllisesti eikä sitä kirjoittaessa uskallettu lähteä tekemään suuria sisällöllisiä muutoksia. Oppimateriaaliin ollaan tyytyväisiä ja sen toivotaan palvelevan opiskelijoita käyttötarkoituksessaan.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyönä Lahden ammattikorkeakoululle syntyi uusi oppimateriaali Puuntyöstö- ja tuotantotekniikka -kurssille. Kurssi on suunnattu puuteknii-
kan opiskelijoille ja se toteutettiin ensimmäisen kerran verkko-opetuksena
syyslukukaudella 2017. Uuden oppimateriaalin tueksi kurssille luotiin oppi-
materiaaliin pohjautuva 20 kysymyksen harjoitustyö ja koottiin eri tuotanto-
tekniikoita esitteleviä videoita. Kurssin arvosana määräytyi tentin sijaan
kahden harjoitustyön perusteella, joista toinen oli aiemmin mainittu kysy-
myspaketti ja toinen opettajan laatima. Näiden lisäksi opiskelijoiden tuli an-
taa kurssista palautetta. Palautteen anto suoritettiin kurssin Moodle-alus-
tassa verkkotentinä.

Uuden oppimateriaalin sisältö ja järjestys noudattavat pitkälti kurssilla
aiemmin käytettyä oppimateriaalia. Molemmissa on ensin esitelty puun-
työstö- ja tämän jälkeen tuotantotekniikka. Puuntyöstötekniikan osiossa
asioiden esitysjärjestystä on hieman muutettu ja aiheet on jaoteltu kol-
meen lukuun vanhan oppimateriaalin kahdeksan luvun sijaan. Tuotanto-
tekniikan osiota ei ollut kirjoitettu vanhaan oppimateriaaliin ollenkaan, joten
se luotiin uuteen oppimateriaalin ilman mallia. Tuotantotekniikan osiossa
aiheet on esitelty kronologisessa järjestyksessä tukin sahaamisesta reu-
nalistoitukseen ja hiontaan. Jo materiaalin kirjoittamisen alkuvaiheessa il-
meni, että aiheesta on vaikeaa löytää tieteellistä tekstiä. Lähteenä käytet-
tiin vanhan oppimateriaalin lisäksi muita aiheeseen liittyviä vanhoja oppi-
kirjoja, internettiä ja sitä varten haastateltiin yhtä puualan ammattilaista.
Tekstiä on elävöitetty graafisesti muun muassa kuvilla, taulukoilla ja val-
mistuskaavioilla.

Kurssin oppimistavoitteisiin oli kirjattu (opetussuunnitelma 2016 - 2017),
että opiskelijan tulisi kurssin jälkeen hallita puuntyöstön perusasiat, kyetä
valitsemaan sopivat työstömenetelmät tuotevalmistuksen eri vaiheisiin,
tuntea terien työstöjälki ja osata valita työstötapa siten, että työ on talou-
dellista ja jälki on laadukasta. Lisäksi opiskelijan tulee kurssin jälkeen
kyetä keskustelemaan teristä ja niiden materiaaleista terätoimittajan

kanssa. (LAMK 2017.) Oppimateriaalin sisältö käsitteli kaikkia näitä aiheita. Puuntyöstön perusasioina materiaalissa käsiteltiin lastuamista ja pinnanlaatua sekä niihin vaikuttavia tekijöitä. Kaikki perinteiset tuotantomenetelmät esiteltiin kattavasti ja puuntyöstöteriin tutustuttiin niin terämaateriaalien, teräkulmien, tylsymismekanismien ja yleisten huolto-ohjeiden avulla. Noin puolet opiskelijoista (8/19) uskoi kurssin parantaneen heidän ammatillista kehitystä.

Uutta oppimateriaalia kirjoittaessa tavoitteena oli luoda selkeä, hyvin jäsenneilty ja kattava tietopaketti. Kurssista saadun palautteen perusteella 16/19 opiskelijaa piti materiaalia selkeänä. Palautekyselyssä ei kysytty suoraan opiskelijoiden mielipidettä oppimateriaalin tiedon kattavuudesta tai jäsentelystä, mutta materiaalin sisältö sai opiskelijoilta hyvän arvostuksen, 3,7. Avoimessa kommenttikentässä lähes puolet palautetta antaneista, 7/15 opiskelijaa, kehui materiaalia omatoimisesti kattavaksi. Opiskelijat pitivät selkeyden lisäksi materiaalin johdonmukaisuudesta, helppolukuisuudesta ja monipuolisuudesta. Kehittämistä oli tekstien selkeydessä ja asioiden syvällisemmässä läpikäynnissä. Kehityskohteista huolimatta oppimateriaalin voidaan todeta päässeen tavoitteisiinsa. Muutamien korjaustoimenpiteiden myötä siitä pyrittiin tekemään entistä parempi seuraaville opiskelijoille.

Harjoitustyön ja oppimateriaalin lisäksi kurssin Moodle -alustaan lisättiin eri tuotantotekniikan videoita. Näihin ei kuitenkaan viitattu oppimateriaalissa tai harjoitustyössä, minkä takia yli puolet opiskelijoista (10/19) oli katsonut videoita vain vähän tai ei lainkaan. Palautekyselyssä ilmeni, että osa opiskelijoista ei ollut edes huomannut videoita. Jotta opiskelijat ymmärtäisivät jatkossa katsoa videoita, lisättiin oppimateriaalin niiden tuotantomenetelmien kohdalle, joista on videot, videokameran symboli. Symbolin merkitys selitetään oppimateriaalin alussa. Muita oppimateriaaliin tehtyjä päivityksiä kurssin jälkeen olivat oikolukeminen, lauserakenteiden ja epäselvien kohtien selventäminen, kuvatekstien ymmärrettävyyden parantaminen ja otsikoiden numerointi.

LÄHTEET

Painetut lähteet

Koponen, H. 1989. Puusepänteollisuuden tuotteet. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Koponen, H. 1991. Puutuotteiden jalostus ja kehitys. Helsinki: Kyriikki Oy.

Markkanen, I. 2012. Puuntyöstötekniikka ja tuotantotekniikka -kurssin oppimateriaali.

Jussila, A., Kuikka, K., Mononen, M., Voutilainen, M. & Vuorenmaa M. 1994. Puutekniikka 3: Tuotantotekniikka. Keuruu: Otava.

Suulliset lähteet

Rannos, A. 2017. Tuoteryhmäpäällikkö. Penope Oy. Haastattelu 19.1.2017 ja 18.7.2017.

Elektroniset lähteet

Eurotech 2017. Höyläkone Holytek MH-sarja [viitattu 17.8.2017]. Saatavissa: http://www.eurotec.fi/uudet_koneet/hoylakoneet?&shop_pid=368

Kostiainen, T. 2011. Hirsirakentamisen teollistuminen – Pro Gradu -tutkimus teollistumisen vaikutuksista työn tehokkuuteen hirsirakentamisessa [viitattu 24.7.2017]. Jyväskylän yliopisto, Historian ja etnologian laitos. Gradu. Saatavissa: <https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/26999/URN%3ANBN%3Afi%3Aju-2011051710839.pdf?sequence=1>

Kovametalli-IN 2017a. Kovametallin ominaisuudet [viitattu 14.3.2017]. Saatavissa: <https://kovametalliin.sharepoint.com/Pages/Kovametallinominaisuudet.aspx>

Kovametalli-IN 2017b. Kovametallin valinta [viitattu 14.3.2017]. Saatavissa: <https://kovametalliin.sharepoint.com/Pages/Oikealaatu.aspx>

Kärkkäinen, A. & Laine, J. 2009. Sahausten optimointi – Yksiulotteinen aiheeseen pakkaus sahaushukan minimoimiseksi [viitattu 20.3.2015]. Kajaanin ammattikorkeakoulu, Yhteiskuntatieteiden, liiketalouden ja halinnon ala. Opinnäytetyö. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/4938/KHL5AAnttiKJaakkoL.pdf?sequence=1>

LAMK 2017. Prosessi- ja materiaalitekniikan opetussuunnitelma 2016–2017 [viitattu 7.2.2017]. Lahden Ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://opinto-opas.lamk.fi/index.php/fi/68177/fi/68141/TEMAT16/88/year/2016>

Mirka Oy 2012. Tehokasta puunhiointaa [viitattu 12.4.2015]. Saatavissa: <http://www.mirka.com/SharePoint/MSF%20Printed%20material/Wood%20Sanding/Wood%20Sanding%20brochure%20Finnish.pdf>

Penope Oy 2017a. Maggi Junior, Big, Best -säteissahat [viitattu 24.7.2017]. Saatavissa: https://www.penope.fi/fi/Tuotteet/MAGGI-JUNIOR-BIG-BEST---SATEISSAHAT_5?CategoryId=522&Filters=categoryid%3D553%26

Penope Oy 2017b. Raimann Unirip 310 -moniteräsaha [viitattu 14.8.2017]. Saatavissa: https://www.penope.fi/fi/Tuotteet/RAIMANN-UNIRIP-310--MONITERASAHA_405?CategoryId=554&Filters=

Pikkarainen, P. 2013. Puuntyöstökoneiden ohjeita lyhyesti [viitattu 28.2.2015]. Saatavissa: http://pekkapikkarainen.fi/puukoneet_2013.pdf

Puuinfo 2015. Puun työstäminen: työkalut ja välineet [viitattu 4.3.2015]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/puun-tyostaminen.pdf>

PuuProffa 2012a. Puun ominaisuudet [viitattu 4.3.2015]. Saatavissa: http://www.puuproffa.fi/PuuProffa_2012/7/puun-liitokset/puun-ominaisuudet

PuuProffa 2012b. Rakennusliitokset [viitattu 4.3.2015]. Saatavissa: http://www.puuproffa.fi/PuuProffa_2012/7/rakennusliitokset/rakennusliitokset

PuuProffa 2012c. Sormijatkoliitoksen suunnittelu [viitattu 19.3.2015]. Saatavissa: http://www.puuproffa.fi/PuuProffa_2012/7/puusepan-liitokset/sormijatkoliitoksen-suunnittelu

Rummakko Oy 2016. Puuntyöstöterät [viitattu 8.2.2017]. Saatavissa: <http://rummakko.fi/index.php/puuntyostoterat/>

SCM woodworking technology 2017a. Minimax ad 21 [viitattu 29.8.2017]. Saatavissa: https://www.scmgroup.com/en_US/scmwood/products/joinery-machines.c884/semi-automatic-boring-machines.888/minimax-ad-21.646

SCM Woodworking technology 2017b. SCM Minimax CU410 ES [viitattu 17.8.2017]. Saatavissa: https://www.scmgroup.com/en_US/scmwood/products/joinery-machines.c884/universal-combined-machines.887/minimax-cu-410es.583

Seinäjoen koulutuskeskus 2005. Työturvallisuuden opettaminen puualan perustutkinnossa [viitattu 28.2.2015]. Saatavissa: <http://www.sedu.fi/tyoturvallisuus/pdf/puu.pdf>

Stén & Co Oy AB 2017. Pikateräkset [viitattu 7.10.2017]. Saatavissa: <http://www.sten.fi/fin/tuotteet/tyokaluterakset/pikaterakset/>

Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys ry 2017. Puulevyteollisuuden uudet oppikirjat ja niiden sähköiset versiot ovat ilmestyneet [viitattu 6.1.2018]. Saatavissa: <http://www.stmy.fi/ajankohtaista/puulevyteollisuuden-uudet-oppikirjat-ja-niiden-sahkoiset-versiot-ovat-ilmestyneet>

LIITTEET

LIITE 1. 20 kysymyksen harjoitustyön tehtävänanto ja kysymykset

LIITE 2. Palautekysely

LIITE 3. Palautekyselyn vastaukset

PUUNTYÖSTÖ- JA TUOTANTOTEKNIikka -KURSSIN 20 KYSYMYKSEN HARJOITUSTYÖ

Tehtävän ohjeistus:

- Tehtävä on henkilökohtainen ja sen arvosana perustuu siihen, miten hyvin ja laajasti olette osanneet vastata annettuihin kysymyksiin. Lähdeaineiston käyttöä ei ole rajattu koskemaan pelkästään lukupakettia, vaan se on minimitaso, jolla saa maksimissaan arvosanan 3. Käyttäkää siis muuta laadukasta lähdemateriaalia mahdollisimman laajasti.
- Suorat lainaukset ovat kiellettyjä, joten unohtakaa copy-paste ja kirjoittakaa omin sanoin. Tehtäväpaperit ajetaan urgundin, eli plagioinnintunnistusohjelman kautta, joka tunnistaa, jos teksti on kopioitu suoraan lähteestä tai kaverin vastauksista. Suhtautukaa tähän tehtävään kuten henkilökohtaiseen kokeeseen.
- Lähteiden käyttö: (kirjallisuus, opinnäytetyöt, nettilähteet, ammattilehdet, haastattelut yms.) Merkitse käytetyt lähteet tekstiin näkyviin ja käytä lähdeluettelossa opinnäytetyön ohjeistusta. <http://reppu.lamk.fi/course/view.php?id=7412§ion=6>
- Käytä opinnäytetyöpohjaa (ks. edellinen linkki) ja sen asetuksia. Palautukset repun palautuskansioon DOC-tiedostoina. Vastauksissa on oltava vähintään kansilehti, sisällysluettelo ja lähdeluettelo.
- Tehtävän vastaukset arvioidaan asteikolla 1-5.

Kysymykset:

1. Miten eri leikkuusuunnat vaikuttavat lastun muodostukseen?
2. Miten lastun paksuus vaikuttaa pinnanlaatuun?
3. Weinig Unimat 200 -höyläkoneen syöttönopeus on 15 m/min, terän pyörimisnopeus on 6000 1/min ja kurson leikkaavien terien määrä on yksi. Soveltuuko pinnanlaatu rakennuslistaan vai rakennuspuutavaaraan, kun terän läpimitta on 40mm? Kuinka suuri terän läpimitan tulisi olla, jotta päästäisiin huonekaluille kelpaavaan pinnanlaatuun? Muiden arvojen oletetaan pysyvän samoina.
4. Millä tavoin puuntyöstöterät vaikuttavat pinnanlaatuun?
5. Vertaile kovametallia, timanttia ja pikaterästä terämateriaaleina.
6. Miten eri teräkulmat vaikuttavat puun työstämiseen?
7. Millä toimilla terien käyttöikä voidaan pidentää?

8. Mitä asioita sinun tulee tietää ostaessasi uusia puuntyöstöteriä yrityksen käyttöön?
9. Selvitä kameranäön käyttöä katkaisusahauksessa.
10. Kuvaile miten sormijatkos valmistetaan teollisesti.
11. Miten oiko-, taso- ja muotohöyläys eroavat toisistaan? Minkälaisiin töihin koneita käytetään?
12. Miten mittaan sahaaminen eroaa katkaisusahauksesta? Mitä yhteisiä piirteitä näillä työstömenetelmiä on?
13. Minkälaisia töitä jyrsimillä voidaan tehdä?
14. Etsi netistä kaksi erilaista poraamiseen tai talttaamiseen käytettävää konetta, jotka soveltuvat teollisuuskäyttöön. Kerro näiden koneiden ominaisuuksista.
15. Mitä materiaaleja reunalistoissa käytetään? Entä mitä muita töitä reunalistoituskoneilla voidaan tehdä?
16. Mihin eri hiomakarkeuksia käytetään?
17. Mieti ja kerro kolme tuotetta, joiden valmistukseen käytetään sorvausta.
18. Mitä työturvallisuusriskejä on eri koneilla työskennellessä?
19. Tee taulukko eri puuntyöstökoneiden leikkuunopeuksista.
20. Mieti kuinka Artekin Mademoiselle keinutuoli valmistetaan. Mitä työvaiheita ja aihioita se voisi pitää sisällään?

PALAUTEKYSELY

Tämä palautekysely koskee erityisesti kirjamaista oppimateriaalia ja siihen liittyvää 20 kysymyksen harjoitustyötä. Palautekyselyn tuloksia käytetään oppimateriaalin kehittämiseen ja opinnäytetyön lähteenä, joten vastaathan kysymyksiin ajatuksella. Kiitos jo etukäteen antamastasi palautteesta!

Kuinka hyvin seuraavat väittämät pitävät paikkansa?

1. Oppimateriaali oli mielestäni selkeä.
 - 1 Täysin eri mieltä
 - 2 Eri mieltä
 - 3 En osaa sanoa
 - 4 Samaa mieltä
 - 5 Täysin samaa mieltä

2. Löysin oppimateriaalista riittävästi tietoa.
 - 1 Täysin eri mieltä
 - 2 Eri mieltä
 - 3 En osaa sanoa
 - 4 Samaa mieltä
 - 5 Täysin samaa mieltä

3. Oppimateriaali tuki oppimistani.
 - 1 Täysin eri mieltä
 - 2 Eri mieltä
 - 3 En osaa sanoa
 - 4 Samaa mieltä
 - 5 Täysin samaa mieltä

4. Internetistä oli helppoa löytää aiheeseen liittyvää lisätietoa.
 - 1 Täysin eri mieltä
 - 2 Eri mieltä
 - 3 En osaa sanoa
 - 4 Samaa mieltä
 - 5 Täysin samaa mieltä

5. Harjoitustyön 20 kysymykseen oli helppoa löytää vastaukset.
 - 1 Täysin eri mieltä
 - 2 Eri mieltä
 - 3 En osaa sanoa
 - 4 Samaa mieltä
 - 5 Täysin samaa mieltä

6. Harjoitustyön 20 kysymystä oli vaikeustasoltaan haastavia.
 - 1 Täysin eri mieltä
 - 2 Eri mieltä
 - 3 En osaa sanoa
 - 4 Samaa mieltä

5 Täysin samaa mieltä

7. Katsoin Repusta eri tuotantomenetelmien videoita oppimiseni tueksi.

- 1 Täysin eri mieltä
- 2 Eri mieltä
- 3 En osaa sanoa
- 4 Samaa mieltä
- 5 Täysin samaa mieltä

8. Minkä arvosanan antaisit oppimateriaalin sisällöstä (teksteistä)?

1 - 5

9. Minkä arvosanan antaisit oppimateriaalin visuaalisesta ilmeestä ja ulkoasusta?

1 - 5

10. Minkä kokonaisarvosanan antaisit oppimateriaalille?

1 - 5

11. Kurssista saadut opintopisteet vastasivat sen eteen tekemääni työmäärää.

- 1 Täysin eri mieltä
- 2 Eri mieltä
- 3 En osaa sanoa
- 4 Samaa mieltä
- 5 Täysin samaa mieltä

12. Kurssin suorittaminen edisti ammatillista kehittymistäni.

- 1 Täysin eri mieltä
- 2 Eri mieltä
- 3 En osaa sanoa
- 4 Samaa mieltä
- 5 Täysin samaa mieltä

13. Minkä arvosanan antaisit kurssista itsellesi tehdyn työmäärän perusteella?

1 – 5

14. Avoin sanallinen palaute oppimateriaalista

PALAUTEKYSELYN VASTAUKSET

Opiskelijoiden vastaukset kysymyskohtaisesti.

KYSYMYS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Aika
Opiskelija 1	4	4	5	3	2	3	4	3	4	4	3	4	4	0.16.43
Opiskelija 2	4	4	4	2	3	4	2	4	2	3	4	5	4	0.10.34
Opiskelija 3	4	4	5	3	4	4	4	5	4	5	4	5	4	0.05.03
Opiskelija 4	4	2	4	4	3	2	1	4	5	4	3	2	4	0.08.34
Opiskelija 5	4	3	4	2	5	4	2	4	4	4	3	2	2	0.08.40
Opiskelija 6	4	5	5	4	4	4	4	5	5	5	4	4	3	0.03.39
Opiskelija 7	4	4	4	4	4	4	2	3	3	3	4	3	3	0.01.29
Opiskelija 8	4	4	4	2	4	4	1	5	4	4	4	4	5	0.52.01
Opiskelija 9	4	2	2	2	4	2	1	3	3	3	4	2	4	0.05.35
Opiskelija 10	4	4	3	2	3	4	2	3	2	3	4	3	3	0.00.55
Opiskelija 11	2	4	3	3	4	4	4	3	3	3	2	2	3	0.02.24
Opiskelija 12	3	2	4	2	3	4	4	3	4	4	4	2	4	0.02.41
Opiskelija 13	4	4	4	2	4	4	2	4	3	4	3	2	3	0.06.25
Opiskelija 14	2	2	2	4	2	5	3	2	3	2	3	4	3	0.02.19
Opiskelija 15	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4	0.06.49
Opiskelija 16	4	3	4	2	3	4	2	3	4	3	2	3	3	0.04.42
Opiskelija 17	4	4	4	3	4	3	2	4	4	4	4	4	4	0.05.28
Opiskelija 18	4	4	4	4	3	4	4	4	3	3	4	3	3	0.27.54
Opiskelija 19	4	4	5	4	4	4	5	3	3	3	4	5	3	0.18.24
KESKIARVO	3,7	3,5	3,9	2,9	3,5	3,7	2,7	3,6	3,5	3,6	3,5	3,3	3,5	0.10.01

Avoimeen kenttään jätetyt palautteet:

”Oppimateriaali oli laaja ja kattava, selkeästi useista eri lähteistä etsittyä tietoa ja monipuolista sellaista. Videot koneiden toiminnoista olivat oiva lisä

oppimateriaaliin. Useat kuvat, esim. puuntyöstön leikkuusuunnista, saivat asian helpommin ymmärrettäväksi. Kehitettävää olisi kuitenkin oikeinkirjoituksen suhteen, yllättävän paljon kirjoitusvirheitä iski silmään, joten kieliasu olisi ehkä hyvä tarkastaa. Esimerkiksi sivun 65 lause "Kone voidaan jälkeen tämän jälkeen esimerkiksi muoto- ja pyöristyskursoilla..." on hieman epäselvä. Kuitenkin kaikin puolin hyvin oppimista tukeva materiaalikokonaisuus on onnistuttu luomaan." (Opiskelija 1)

"Oppimateriaalin kuvat ja niihin liittyvät selitykset olivat välillä huonoja. Kuvat eivät kertoneet tarkasti asiaa, jota tekstissä käsiteltiin. Samoin selostus kuvista ja yleensä käsiteltävästä aiheesta oli välillä epäselvää. Kirjoittajan olisi pitänyt nöyrästi lähteä selittämään kuvia ja joitain aiheita yksinkertaisemmin. Mutta materiaali oli tehty juuri oikeaan tarpeeseen, ja se on hyvä lähtökohta, josta materiaalia voi parantaa. Materiaali kokonaisuudessaan oli hyvä ja kuten sanottu juuri oikealle kohderyhmälle (opiskelijat) tehty ja sopivan pituinen." (Opiskelija 2)

"Oli kyllä harvinaisen hyvä ja selkeä oppimateriaali. Ei tullut oikeastaan mitään negatiivista itselleni mieleen. Paketti olisi voinut sieltätältä olla vähän kattavampi, välillä jäi joku asia mietityttämään, mutta se saattoi olla vain omaa tyhmyyttä." (Opiskelija 3)

"Itselläni on puusepänkoulutus taustalla, joten aika moni asioista oli ennestään tuttuja. Muuten kyllä materiaali oli toimiva. Repusta en itse tajunnut vidoita katsella, mutta muuten netistä katselin vidoita mm sormijatkamiseen ja optiseen katkaisusahaan liittyen." (Opiskelija 4)

"Oppimateriaali (Mona Lindroth) oli sisällöltään oikein kattava paketti kurssiin liittyvistä aiheista. Asiat oli selitetty selkeästi ja mukana oli hyviä, havainnollistavia kuvia. Ihan jokaiseen kysymykseen 20:n kysymyksen tehtävässä en löytänyt vastausta tästä materiaalista, ehkä se oli tehtävän tarkoituskin." (Opiskelija 5)

"Oppimateriaali oli hyvä ja kattava. Tietoa oli tuhdisti ja ulkoasu oli myös hyvä. Oppimateriaalia oli miellyttävä käyttää." (Opiskelija 6)

"Materiaalipaketti oli kattava ja eteni johdonmukaisesti. Mielestäni terien valmistustekniikkaan keskityttiin liikaa ja sen sijaan olisin kaivannut enemmän tietoa oikeista leikkuu- ja syöttönopeuksista. Itse olen aiemmalta koulutukseltani puuseppä ja olen työssäni käyttänyt käyttännössä kaikkia materiaalissa esiteltyjä koneita ja työvälineitä, joten opintomateriaalin läpikäynti oli minulle lähinnä vanhan asian kertausta. Joissakin kohdissa mielestäni huomasi, että työssä on käytetty melko vanhoja lähdemateriaaleja; esimerkiksi kapeanauhahiomakonetta ei enää käsittäkseni käytetä juurikaan ja CNC-jyrsimet ovat nykyään niin yleisiä, että niiden käsittely olisi ollut ehdottoman tärkeää. Puuntyöstö- ja tuotantotekniikasta tulisi mielestäni saada koottua samantasoinen kirja kuin nyt on julkaistu puulevy- ja sahate-

ollisuudesta, eli kirja jossa alalla toimivat todelliset ammattilaiset kirjoittaisivat ajantasaista tietoa omalta ydinosaamisalueeltaan. Tämä kurssilla käytetty oppimateriaali soveltuu yhden kurssin tarpeisiin (eli perusteiden oppimiseen), mutta itse en ainakaan käyttäisi sitä tutkimuksen/projektin lähteenä, koska se perustuu pitkälti jo eläköityneen opettajan kokoamiin laajalti vanhentuneisiin/tuntemattomiin lähteisiin. Nykytilanteessa ajantasaista tietoa on kuitenkin vaikea saada kootusti, joten oppimateriaali toimii ensiapuna mielestäni hyvin.” (Opiskelija 8)

”Yleismaailmallisesti hyvä ja kattava paketti. Teoriassa ei mennä kovin syvälle asiaan, mutta riittävän tarkasti kuitenkin. Joissain kohdissa, kuten terästekniikassa oli sellasta tietoa, jota en kokenut tarvitsevani. Esimerkiksi timanttikiteiden kokoa ja kiinnitys menetelmiä.” (Opiskelija 9)

”Siinäähän se oli, oli hyvä että edes näin komantena vuotena opetettiin edes itseopiskeluna näitä suht tärkeitä puuntyöstön asioita joita jo ensimmäisenä vuonna olis tarvinnut.” (Opiskelija 12)

”Melko suppea kurssi. Opetus täysin sähköisen kurssimateriaalin perustalla, ei minkäänlaisia käytännön harjoituksia tai esimerkkejä. Yritysvierailu-kin olisi antanut paljon lisää kurssille. Kurssilla ei minkäänlaista opetusta. Kuinka oli oppimisen laita?” (Opiskelija 13)

”Oppimateriaali oli hyvin selkeää ja tarpeeksi kattavaa. Osasta aiheista oli vaikea löytää muuta tietoa netistä. Oli hyvä että kurssilla testattiin myös vähän omaa osaamista lukemisen ymmärtämisen lisäksi.” (Opiskelija 15)

”20 kysymyksestä ei selvinnyt oliko kyseessä teollinen vai puusepän vers-taan laitteista kyse. Oppimateriaali oli aikalailla sitä, mitä oli puusepänkou-lutukseen sisältynyt, enkä siten osannut kuvitella kaikkia noita tietoja teolli-nessa mittakaavassa. Jotkut kysymykset olivat myös aivan liian ympäröpyö-reitä.” (Opiskelija 16)

”Ihan asiallinen oppimateriaali.” (Opiskelija 18)

”Oppimateriaali oli selkeä ja sitä oli helppo lukea. Käytin lisämateriaalia hy-väkseni; internetistä löytyvää tietoa ja Puutuoteteollisuuden sarjan teoksia 1 ja 3. Kurssimateriaali sellaisenaankin olisi hyvin riittänyt, mutta teokset syvensivät oppimistani. Tehtävät olivat sopivasti haastavia ja ne hyvällä ta-valla pakottivat paneutumaan kysymysten problematiikkaan. Suoria vas-tauksia ei materiaalista löytynyt, vaan omatoimiselle tekemiselle, tiedon haulle ja pohtimiselle oli hyvin tilaa, mikä varmasti paransi oppimistuloksia. Ainoa asia, mitä toivoisin, olisi se, että tehtäville laadittaisiin aikataulut-teen niin, ettei tekeminen ruuhkautuisi lukukauden lopulle. Se samalla lisäisi op-pimista, kun aiheisiin ikäänkuin palattaisiin uudelleen, Tämä on hyvä alku. Ei muuta kuin lisää tällaisia tenttejä.” (Opiskelija 19)