

SISÄLLYS

Lukijalle	3
Tekijät	8

OSA I | PUUTUOTETEOLLISUUS 9

1 Puuteollisuus toimialana	11
Puuteollisuus Suomen teollisuudessa	12
Puun merkitys Suomen historiassa	13
Puutuoteteollisuuden osa-alueita	17
Puualan tulevaisuus	20
Yritystoiminta puualalla	22
2 Puuteollisuuden ympäristövaikutukset	27
Maapallo ja energiankulutus	27
Mitä ympäristötermit tarkoittavat?	28
Ympäristöystävällinen puu	31
Tuotteen elinkaari ja ympäristövaikutukset	33
Ympäristömerkit	35
3 Metsätalous ja puun hankinta	37
Metsien kehittyminen ja kasvu	37
Metsäekosysteemi	38
Metsien kestävä hoito ja käyttö	40
Puunhankinta	45

OSA II | Puu materiaalina 49

4 Puun rakenne ja ominaisuudet	51
Yleistä puuaineksen anatomia	51
Puuaineksen kemia	54
Puuaines muodostuu puun kasvaessa	56
Puuaineksen ominaisuudet	63
Puulajien esittely	71

5 Puun kuivaaminen	78
Miksi puuta kuivataan?	79
Kosteuteen ja kuivumiseen liittyviä käsitteitä	80
Vesi puusolukossa	83
Kuivaustapahtuma	85
Kuivaamotyypit ja kuivauskaavat	86
Kuivausvirheet	92
Kuivaamon rakenteet, laitteet, valvonta ja huolto	95
Kuivaamisessa tarvitaan energiaa	98
6 Puun kyllästämisen ja modifiointi	100
Kyllästys	101
Modifiointi	102

OSA III | Sahatavara ja levytuotteet 113

7 Piensahaus ja -höyläys	115
Puun hankinta – oikeaa puuta oikeaan paikkaan	116
Yksilöllinen sahaustapa antaa enemmän mahdollisuuksia	116
Piensahauksen tuotannon vaiheet	118
Sahaustyö piensahauksessa	120
Mittatarkkuus piensahauksessa	123
Piensahaus ja sen sahakoneet	124
Puutavaran ilmakeuhkaus	126
Höyläys jatkojalostuksena	129
Raaka-aineen laatu sahauksessa ja höyläyksessä	131
Piensahaus ja -höyläys yrittäjyytenä	134
8 Levytuotteet	135
Vaneri	135
Kertopuu	140
Rimalevy ja sälelevy	142
Lastulevy	142
OSB-levy	144
MDF- ja HDF-levyt	145
Kuitulevyt	146
Liimapuulevy	147
CLT-levyt	148
Erikoislevyt	148

9 Mittaaminen ja piirustukset	155
Mittaustarkkuus	155
Kalusteen suunnittelu ja piirustukset	158
Huonekalujen mitoitus	164
Raaka-aineiden menekki ja hukka	166
10 Teknisiä perusteita	170
Pneumatiikka	170
Hydrauliikka	174
Puusepän peruskoneet	175
CNC-tekniikka	180
Sähkötekniikka	184
Puun rinnalla käytettävät muut materiaalit	187
11 Purunpoisto	191
Purunpoistojärjestelmän osat ja toiminta	191
Purunpoiston suunnittelu	193
Riittävä ja oikein sijoitettu purunpoisto	194
ATEX ja Ex	194
Turvajärjestelmät	196
Huolto	197
Puupölyn terveysvaikutukset	198
12 Terästekniikka	199
Puusepänteollisuuden koneiden terät	199
Terien rakenne ja työstöjälki	205
Teräaineet	210
Teräaineen valinta	212
Terien kiinnitys	212
Hiomatuotteet	213
Terähuolto	214
Käsityövälineiden terät	215
13 Puuliitokset, helat, ovet, ikkunat	216
Erilaisia liitoksia	216
Helat	223
Ovet ja ikkunat	228
14 Liimaus	233
Liimat puualalla	234
Liimasauman muodostuminen	234
Erilaisia liimoja	237
Liimauskoneet	242
Liimausvirheet	244
Työturvallisuus liimauksessa	246

15 Pintakäsittely	249
Mille pinnalle maalataan?	250
Hionta	250
Erilaiset pintakäsittelyaineet	252
Kuivuminen ja kovettuminen	255
Pintakäsittelylaitteet ja pinnoitusmenetelmät	258
Ruiskutuskaapit	260
Erilaiset pintakäsittelyautomaatit	261
Pintakäsittelyn kokonaiskustannukset	263
Työturvallisuus	265
16 Valmistuksen vaiheet	267

17 Työturvallisuus	279
Työtapaturmat puusepänteollisuudessa	279
Henkilönsuojaimet ja työturvallisuus	280
Vastuu työturvallisuudesta on kaikilla	284
Työhön perehdyttäminen ja työnopastus	284
Työsuojelu	286
Kohti hyvää työterveyttä	290
18 Laatuajattelu ja -järjestelmät	291
Laadunhallinta ja laatukäsikirja	292
Laatua täytyy valvoa	293
Laatu tuotannon eri vaiheissa	293
Tehokkuutta työvaiheisiin	294
Hyvä ammattitaito	295
Tuotekehitys	295
Tuotteen laatu	296
Palvelun laatu	297

Sanasto	299
Kirjallisuutta	300
Valokuvat	303
Hakemisto	304
Puusepän tavallisimpia mittamuunnoksia	310

SUOMEN METSÄT

- Kokonaispinta-ala 26 miljoonaa hehtaaria
- Metsätaloudellisesti hyvää metsämaata 20 miljoonaa hehtaaria
- Suota kokonaispinta-alasta 8,9 miljoonaa hehtaaria (34 prosenttia)
- Suopinta-alasta 4,8 miljoonaa hehtaaria ojitettu
- Puuston tilavuus 2 200 miljoonaa kuutiometriä
- Metsien kasvu vuodessa hiukan yli 100 miljoonaa kuutiometriä

Nykyisin erityyppiset metsät peittävät 31 prosenttia maapallon maapinta-alasta eli noin neljä miljardia hehtaaria. Suomi on maailman metsäsimpiä maita: Suomen maapinta-alasta 86 prosenttia on metsää.

Metsien merkitys maapallon ekosysteemille on elämän säilymisen kannalta ratkaiseva. Siksi metsiä ja erityisesti joitakin puulajeja on suojeltava ja käytettävä säästeliäästi. Metsien uudistumista on myös tuettava istutuksin.

Metsäekosysteemi

Ekosysteemi on tiettyssä paikassa, esimerkiksi metsässä, oleva luonnon järjestelmä. Siihen kuuluvat elollinen osa (kasvit, eläimet, sienet ja mikrobit) ja eloton osa (maaperä ja ilmasto). Ekosysteemissä voidaan erottaa kolmenlaisia eliöitä:

Tuottajat (vihreät kasvit ja eräät mikrobit) pysyvät itse valmistamaan tarvitsemansa ravinnon aineista, eli ne ovat omavaraisia.

► **Kuluttajat** (eläimet ja osa sienistä) ovat toisenvaraisia eliöitä, eli ne eivät kykene itse valmistamaan ravintoaan, vaan käyttävät ravintonaan toisia eliöitä.

► **Hajottajat** (pääosa sienistä ja mikrobeista, osa eläimistä) ovat myös toisenvaraisia eliöitä. Ne hajottavat kuollutta eloperäistä materiaalia ja käyttävät sitä ravinnokseen. Hajottajat muuttavat kuolleen eloperäisen materiaalin sisältämät ravinteet kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Se on tärkeä osa metsän ravinnetaloutta. Sienet muodostavat puiden juuristoon sienijuuria ja parantavat siten puiden veden- ja ravinnonottoa ja puuston kasvua.

Kasvien kasvuun tarvittava energia tuotetaan yhteyttämisen tuloksena lehtien ja neulasten viherhiukkasissa. Kasvit ottavat lehdillään ilmasta hiilidioksidia ja juurillaan maasta vettä ja ravinteita ja tuottavat niistä auringon energian avulla sokeria ja happea. Sokerin sisältämällä energialla kasvi pysyy kasvamaan. Happi vapautuu ilmaan.

Häiriöttömässä ekosysteemissä aine kiertää loputtomasti. Talousmetsän ekosysteemi on puutteellinen: kun runkopuu viedään pois metsästä, osa metsäekosysteemin tuotannosta poistuu kierrosta. Runkopuun mukana ei kuitenkaan poistukaan kovin paljon ravinteita. Mikäli puut kuljetettaisiin pois metsästä neulasineen ja lehtineen, metsästä poistuisi merkittävästi ravinteita. Se köyhdyttäisi maaperää.

Metsäekosysteemi tarvitsee toimiakseen valoa, lämpöä, kosteutta ja ravinteita. Metsien hoitotöiden ja hakkuiden avulla pyritään siihen, että niitä kaikkia on saatavilla sopiva määrä: jos esimerkiksi halutaan kasvattaa puuta suoalueella, suo voidaan ojittaa ja johtaa kasvua haittaava liika vesi pois. Talouskäytössä toimenpiteet tähtäävät yleensä siihen, että järeää runkopuuta eli tukkipuuta olisi mahdollisimman paljon.

Aineellisia ja aineettomia palveluita

Puuraaka-aineen lisäksi metsä tuottaa muun muassa sieniä, marjoja, riistaa ja energiaa. Metsä hillitsee ilmastonmuutosta, kasvit sitovat ilmakehän hiiltä ja juuret estävät maata rapautumasta ja kulkeutumasta pois tuulen ja veden mukana. Metsä muokkaa maisemaa ja tarjoaa toimeentulon lisäksi mahdollisuuksia liikkuu ja virkistyä.

Ekosysteempalveluiden käsitettä käytetään, kun hahmotetaan luonnon monimuotoisuuden merkitystä ja sen taloudellista arvoa. Nämä arviot ovat mukana yhteiskunnallisessa päätöksenteossa sekä luonnonvarojen ja maankäytön suunnittelussa. Kaavoituksessa määritellään esimerkiksi se, onko jonkin metsäalueen ensisijainen tarkoitus olla pohjavesi-, maisema- tai lähivirkistysaluetta vai talousmetsää.

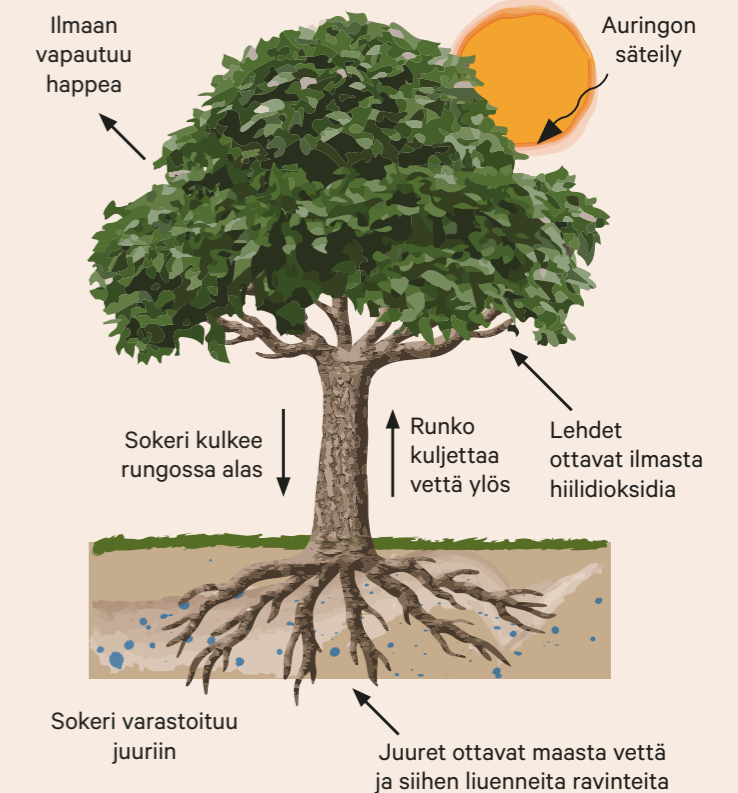
Metsien vaikutus maapallon ilmastoon

Fossiilisten polttoaineiden käytön kasvun vuoksi kasvihuonekaasujen määrä on lisääntynyt. Kasvihuonekaasut estävät maan lämpösäteilyn heijastumista takaisin avaruuteen. Sen seurauksena ilmasto lämpenee.

Metsät vaikuttavat maapallon ilmastoon suuresti. Puiden biomassassa koostuu vedestä, ravinteista ja hiilestä. Hiili on peräisin ilmakehän hiilidioksidista. Maapallon metsät toimivat siten merkittävänä hiilivarastona, ja ne hillitsevät kasvihuoneilmiötä ja ilmaston lämpenemistä. Metsien vuosittain sitoman hiilidioksidin määrä vastaa noin kolmannesta käytettyjen fossiilisten polttoaineiden hiilidioksidipäästöistä.

Eriaiset metsät vaikuttavat ilmaston lämpenemiseen eri tavoin. Ne voivat pienentää auringon säteilyn heijastumista takaisin avaruuteen sekä viilentää ilmastoa haihdutuksen avulla. Metsäisyys ja metsien puumäärät vaikuttavat maapallon ilmastoon merkittävästi. Metsiä on hakattu esimerkiksi viljelysten ja asutuksen tieltä varsin paljon. Metsäpinta-ala pienenee edelleen jonkin verran, mutta

YHTEYTTÄMINEN



Puu tuottaa yhteyttämällä sokeria ja ottaa maasta ravinteita. Näiden aineiden avulla puu kasvattaa rungon, juuriston ja oksiston, joihin se varastoi merkittävän määrän energiaa. Puu toimii siten eräänlaisena aurinkokennona.

toisaalta jäljellä olevissa metsissä olevan puuston määrä on kääntynyt kasvuun.

Hiiltä on sitoutunut puiden lisäksi myös puusta valmistettuihin tuotteisiin ja rakenteisiin. Esimerkiksi hirsitalo varastoi hiiltä jopa useaksi sadaksi vuodeksi. Samaan aikaan metsässä on kasvanut uusi puuvarasto, joka sekin on sitonut hiiltä. Puurakenteet voidaan niiden alkuperäisen käyttötarteen loputtua käyttää uudelleen tai muuttaa lämpöenergiaksi polttamalla.



OPETUSHALLITUS
UTBILDNINGSTYRELSEN

5

PUUN KUIVAAMINEN

Sahatavaraa ei voi käyttää tuoreena, vaan se on kuivattava ennen käyttöä sopivan kuivaksi käyttötarkoituksen mukaan. Jos puuta ei kuivata kunnolla, siitä aiheutuu haittaa valmiiseen tuotteeseen. Puun rakenne ja mitat muuttuvat, kun puu kuivuu. Kuivauksessa pyritään hallitsemaan sahatavarakappaleen pinnan ja sisäosan välistä kosteuseroa eli niin sanottua kosteusgradienttia. Kosteusero ei saa nousta liian suureksi kuivauksen aikana, sillä etenkin silloin puuhun voi tulla kuivausvikoja.

Yleensä ei riitä, että sahatavaran annetaan kuivua ulkona (ilmakuivaus), vaan se on kuivattava teollisesti. Silloin päästään riittävän alhaiseen kosteuteen riittävän nopeasti. Pitkä, jopa kaksi vuotta kestävä alkukuivaus ulkona lautataapelissa vähentää kuitenkin puuhun jääviä jännityksiä ja siten muodonmuutoksia, kun puuta työstetään ja tuote on valmis. Kuivauksen jälkeen sahatavara on syytä varastoida niin, että sen kosteus säilyy haluttuna. Tässä luvussa kerrotaan sahatavaran

teollisesta kuivaamisesta. Puun ilmakehän kuivauksesta kerrotaan lisää luvussa 7.

Kuivaaminen on usein sahatavaran valmistuksen kallein vaihe, varsinkin kun halutaan puusepäнкуivaa puuta. Alle 10 prosentin kosteussuhteeseen kuivattaessa kuivaus voi kuluttaa jopa lähes 70 prosenttia kaikesta energiasta, jonka sahatavaran valmistus vie raaka-aineen hankinnasta aina valmiin tuotteen kuljetukseen. Siksi on tärkeää lajitella sahatavara ennen kuivausta käyttökohteen mukaan. Siten pelkkä dimensiolajittelu (mittalajittelu) ei riitä, vaan lajittelu on tehtävä myös laadun mukaan.

Dimensiolajittelu tehdään siksi, että paksuudeltaan ja leveydeltään erikokoiset sahatavarakappaleet kuivuvat eri nopeudella. Niiden kuivaaminen samassa erässä tuottaisi kosteudeltaan hyvin vaihtelevan lopputuloksen. Sahatavarakappaleen pituudella ei ole kuivauksessa juurikaan merkitystä.

Miksi puuta kuivataan?

Yksi tärkeimmistä syistä puun kuivaukseen on puun **hygroσκοoppisuus** eli se, että puu imee tai luovuttaa kosteutta ympäristön olosuhteiden mukaan ja asettuu **tasapainokosteuteen**. Kuivumisen aikana tapahtuu kutistumista ja muodonmuutoksia. Näitä muutoksia voidaan jossain määrin hallita, kun puu kuivataan hallitusti.

Kun puu on kuivattu käyttökosteuteen ennen rakenteiden ja liitosten tekemistä, se ei enää kutistu tai väännä tuotteessa ja valmiista tuotteesta tulee kestävä. Lisäksi kostean puun **työstö** on hankalaa ja työstöjälki on huonoa. Valtaosa **liimoista** ja **pintakäsittelyaineista** ei myöskään toimi kovin kosteassa puussa.

Kostea puu on hyvä kasvuympäristö **sinistäjä- ja lahottajasienille sekä homeille**. Jos puu otetaan käyttöön kuivaamatta, ei-toivotut organismit voivat päästä märkään puuhun ja aiheuttaa ongelmia tuotteen käytössä. Laho ja home heikentävät puun

Kosteustasoja		
Nimitys	Kosteussuhde	Miksi kuivataan tähän kosteuteen?
Laivauskuiva	15–24 %	Kosteus on riittävän alhainen, jotta home- ja sieni-itiöt eivät pääse kasvamaan ja kuljetus (esimerkiksi vienti ulkomaille) onnistuu ilman näitä vaurioita. Laivauskuivaa puuta voidaan käyttää sellaisenaan muun muassa trukkilavoissa, betonivalumuoteissa, rakentamisen aikaisissa tukirakenteissa, kulkusilloissa, telineissä ynnä muissa. Näihin kohteisiin tarkoitettun puun kuivaaminen pidemmälle kuluttaisi turhaan energiaa suhteessa sen käyttöarvoon. Lisäksi kuivempi puu kostuisi käytössä joka tapauksessa tähän kosteuteen.
Rakennuspuusepäнкуiva	10–14 %	Käytetään pääasiassa puurakentamiseen käyttökohteissa, joissa olosuhteet vastaavat tätä kosteussuhdealuetta. Kosteus vaihtelee sääolojen ja sisäilman olosuhteiden vaikutuksesta jonkin verran (talojen kantavat rungot, ikkunan karmit ja puitteet, ovet ja niiden karmit, ulkoseinälaudoitukset ynnä muut).
Puusepäнкуiva	6–9 %	Tarkoitettu huonekaluihin ja muuhun sisäkäyttöön ympäri vuoden lämmitetyissä rakennuksissa, sillä tälle kosteussuhdealueelle puu joka tapauksessa kuivuu sisätiloissa.



OPETUSHALLITUS
UTBILDNINGSTYRELSEN



Piensahalla voi sahata puuta joustavasti asiakkaan tarpeiden mukaan.

Puun hankinta – oikeaa puuta oikeaan paikkaan

Puunhankinnalla on tärkeä rooli, jotta piensaha pystyy toimimaan markkinoilla kannattavasti. Virheellinen hankinta voi olla pienen yrityksen mittakaavassa suuri taloudellinen tappio. Oikeanlainen raaka-aine antaa mahdollisuuden palvella asiakkaita ja vastata heidän tarpeisiinsa puunhankinnassa.

Piensahojen tuotteet valmistetaan pääasiassa yksilöllisellä sahaustavalla. Se tarkoittaa sitä, että tukista sahataan saheet eli sahattavat tuotteet viipale kerrallaan. Jokaisen viipaleen sahaustuksen jälkeen voidaan tarvittaessa tarkastella tuotetta ja arvioida silmämääräisesti, millainen seuraavasta saheesta on tulossa. Näin tukista on mahdollista saada runsaasti erilaisia tuotteita. Samalla tukin saanto paranee, eli tukista saadaan käyttöön suurempi osa.

Kun puun sisäiset laatuerot huomioidaan tarkasti, on mahdollista saada huomattavasti parempia tuotteita tai aihioita. Tällaiset tuotteet voivat olla kalliita, sillä niiden teossa tarvitaan erityistä käsityötä. Paras lähtökohta hyvälle

sahaustulokselle on kuitenkin se, että hankitaan oikeanlaista puuta. Lopputuotteen laatu ohjaa puun hankintaa, jota ammattitaitoinen sahaaja voi omalla työpanoksellaan viedä eteenpäin. Vene-teollisuuteen valitaan sellaisia puuta, jotka täyttävät venevalmistajien toiveet parhaiten. Puusepänteollisuuteen taas valitaan puuta, josta on hyvä tehdä laadukkaita puusepäntuotteita. Ammattitaitoinen sahaaja hallitsee myös puun hankinnan osa-alueet ja pystyy valitsemaan sopivat tukit.

Piensahalla voidaan sahata asiakkaan tuomia puuta, tai sahayrittäjä voi hankkia puut itse. Sahayrittäjän hankkimien puiden sahausta kutsutaan nimellä **myyntisahaus**. Myyntisahauksessa puun hankintaa ohjaa lisäksi myynnin ja varastojen tilanne: mitä ja miten paljon myydään sekä paljonko varastossa on tukkeja ja valmista tavaraa.

Jos kysyntää on vaikkapa 2/4-tuuman mäntylankulle, niin sanotulle ”kakkosneloselle”, tutkitaan, paljonko varastossa on tukkeja ja valmiita tuotteita. Sen jälkeen hankitaan oikea määrä sellaista tukkikokoluokkaa, josta saadaan tarvittavaa tuotetta parhaiten. Näin pystytään vähentämään muiden sahaustavaruokkien kerääntymistä varastoon makuuttamaan yrityksen pääomaa. On siis tärkeää, että myös pienillä sahoilla pystytään seuraamaan, paljonko tukkeja ja valmiita tuotteita on varastossa ja kuinka paljon puutavaraa on tuotannossa.

Yksilöllinen sahaustapa antaa enemmän mahdollisuuksia

Tukkipuun eri osat ovat erilaatuisia. Piensahalla sahaustuksen voi tehdä yksilöllisesti, ja sahaustavaraa voi saada yhdestä tukista enemmän kuin suurilla sahoilla, jotka on suunniteltu nopeaan ja määrätehokkaaseen massatuotantoon. Piensahojen valtti ei olekaan suuri tuotantomäärä, vaan tarkka, monipuolinen ja yksilöllinen tuotanto. Yksilöllinen sahaustapa mahdollistaa sen, että puun erilaatuiset

osat voi käyttää tehokkaasti. Myös tuotannon joustavuus on markkinointietu: piensahalla voi siirtyä nopeasti sahaamaan erikokoisia tuotteita.

Piensahojen toiminnan etu on myös investointien kohtuullisuus sekä koneiden ja laitteiden helppo huollettavuus. Näin erikoistuotteiden sahaustuksen kustannukset pysyvät kohtuullisina ja tuotteet on mahdollista saada markkinoille kannattavalla hinnalla.

Käytösuhdeluku on sahaustuksessa käytetyn tukin tilavuuden suhde saatuun sahaustavaraan. Keskiarvoinen luku sahausteollisuudessa on havusahaustavaraalla 2,2. Sahaustavara tuotannossa se tarkoittaa sitä, että tuotettua yhden kuution sahaustavaramäärää varten on käytettävä 2,2 kuutiota tukkia.

Luku 2,2 muutetaan prosenttiluvuksi laskutoimituksella $\frac{1}{2,2} \times 100$, jolloin prosenttiluvuksi tulee 45,45. Tämä luku kertoo, että purun, kuoren, hakkeen ja muiden sivutuotteiden osuus sahaustavara tuotannossa on suurempi kuin tuotteeksi päätyneiden saheiden. Oikeanlaisella ja ammattimaisella sahaustasetteen suunnittelulla voi saada sahaustetun tukin käytösuhdeprosentiksi hyvinkin korkean luvun.

Piensahoilla prosenttiluku voi olla huomattavasti suurempi, sillä sahaustavassa pystytään käyttämään puu tarkemmin hyödyksi. Käytösuhdeluku voi olla jopa 1,9 tai pienempi. Silloin käytösuhdeprosentti saattaa olla yli 50 prosenttia, jopa 70 prosenttia.

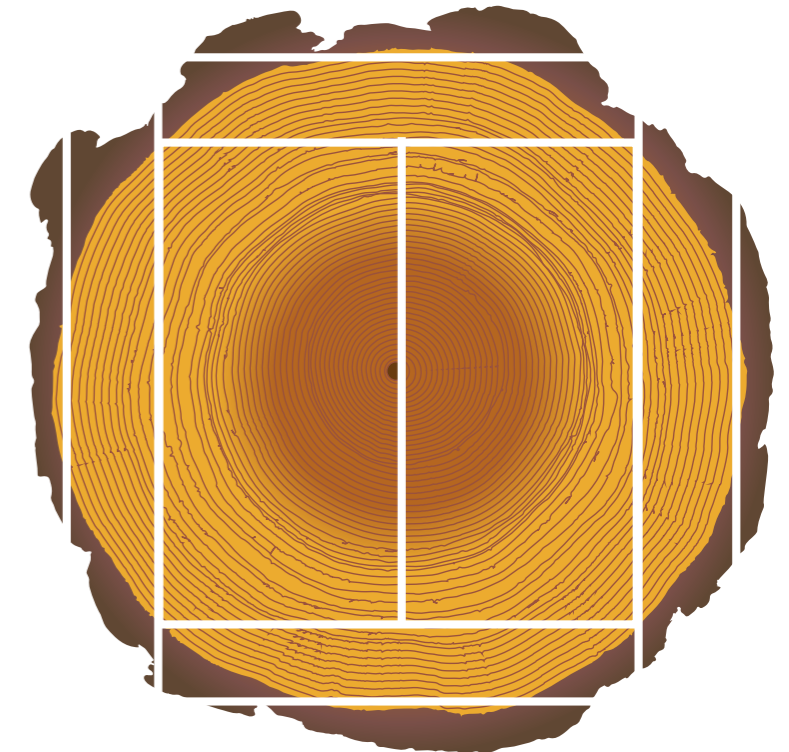
KIINTOKUUTIO

Kiintokuutio puuta tarkoittaa määrää, jonka koko on 1 m x 1 m x 1 m yhtenäistä puuta. Tällainen puumäärä saadaan, kun esimerkiksi katkotaan 50 mm x 100 mm sahaustavaraa 200 kappaletta yhden metrin pituisia pätkiä ja ladotaan ne pinoon 10 kappaletta vierekkäin ja 20 päällekkäin.

MIKÄ ON ASETTE?

Asete tarkoittaa sitä, mitä sahaustavarakokoja tukista sahataan. Asete on tukin latvapoikkeileikkauksessa näkyvä leikkauskuvio, jossa ovat sahausturaot ja sahaustavaran paksuus- ja leveysmitat sekä kuivumisvara.

Tukin keskeltä saatavat sahaustavarakappalet eli sydänsahaustavara näkyy asetteessa täydellisenä (paksuus ja leveys), mutta tukin reunoista sahaustavien lautojen kohdalla riittää vain tieto paksuudesta. Tukin muodosta riippuu, kuinka leveää lautaa näistä reunakappaletta saadaan.

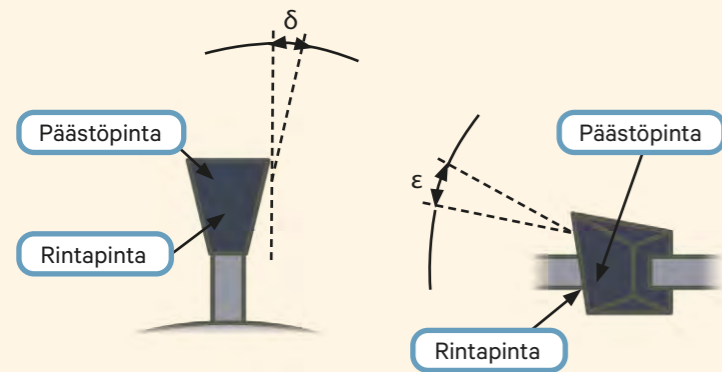


Sahaustasetteen muodostama suorakaide. Kuvassa sahataan kaksi 50 mm x 100 mm:n kokoista lankkua sekä 19 mm paksut pintalaudat.



OPETUSHALLITUS
UTBILDNINGSTYRELSEN

PYÖRIVIEN TERIEN SIVUPÄÄSTÖKULMAT

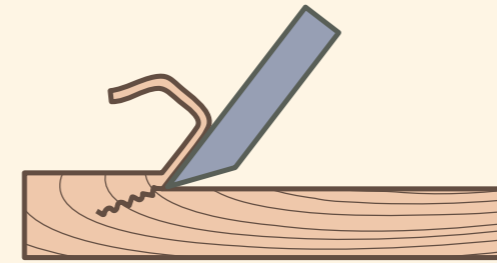


δ = säteen suuntainen sivupäästökulma
 ϵ = tangentin suuntainen päästökulma

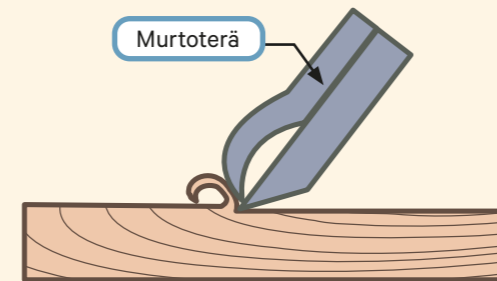
Pyörösahanterissä sekä sellaisissa terissä, joilla työstetään uria, tarvitaan päästökulmia myös terän säteen ja tangentin suunnassa, etteivät terän runko ja kovametalliset leikkaavat osat hankaa sahausraon tai uran reunaan. Näitä kulmia esittää alla oleva kuva. Aiemmin pyörösahanterät haritettiin eli taivutettiin hieman sivulle vuorotellen molempiin suuntiin. Silloin käytettiin hiiliterästeriä, joissa ei ollut kovametallipaloja. Nykyään kovametallipala on leveämpi kuin terän rungon paksuus, ja siksi haritusta ei tarvita.

Kun puuta työstetään syysuuntaan, kuten höyläyksessä ja jrsinnässä, työstettävä pinta voi repeillä, varsinkin jos puu ei ole suorasyistä. Tämä johtuu siitä, että irtaantuva lastu nousee terän rintapinnalle ennen murtumistaan. Lastu irtoaa murtaa heti terän suun jälkeen lastunmurskaimella.

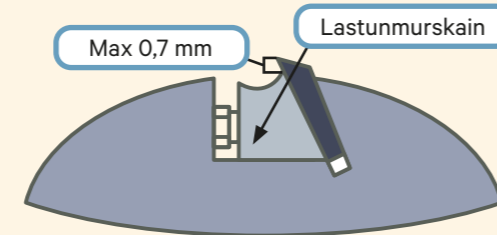
LASTUNMURSKAIMEN TOIMINTA



Lastu nousee rintapinnalle, ja työstöpintaan tulee repeämiä.



Murtoterä/lastunmurskain pilkkoo lastun, jolloin pintaan ei tule repeämiä. Käsihöylässä murskaimen on oltava noin 0,5 mm:n päässä terän suusta.



Pyörivän kurson lastunmurskain

Terän liikkuminen ja työstöjälki

Työstöjälkeen vaikuttaa se, miten terä liikkuu suhteessa työstettävään pintaan. Siinä tärkeitä muuttujia on kaksi: kuinka nopeasti itse terä liikkuu ja kuinka nopeasti työstettävä kappale liikkuu kohti terää.

Leikkuunopeus tarkoittaa sitä, kuinka nopeasti leikkaava terä liikkuu. Leikkuunopeuden valintaan vaikuttavat monet tekijät, kuten työstettävä materiaali (puulaji), syysuunta sekä toivottu työstöjälki. Pääsääntö on, että mitä suurempi on leikkuunopeus, sen parempi on työstöjälki. Silloin terä kuitenkin tylsyy nopeammin.

Puun työstössä leikkuunopeudet vaihtelevat välillä 20–80 m/s. Leikkuunopeuden valinnassa on syytä noudattaa terän valmistajan ohjeita.

Syöttönopeus tarkoittaa nopeutta, jolla työstettävä kappale liikkuu terää vasten. Siitä käytetään yleensä yksikköä m/min, joskus myös yksikköä m/s. Yksikkö m/s vastaa 60 m/min.

$$v = \frac{\pi d n}{60}$$

d = terän halkaisija metreinä
n = terän kierrosluku minuutissa
v = leikkuunopeus m/s

Esimerkiksi alajyrsinkutterin halkaisija on 120 mm ja kierrosluku 6 000 1/min.

Sijoitetaan luvut kaavaan:

$$\frac{\pi \times 0,12 \times 6\,000}{60} = 38 \text{ m/s}$$

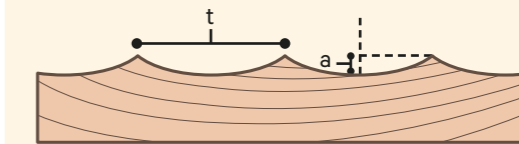
Kuten kaavasta havaitaan, leikkuunopeuteen vaikuttaa kaksi tekijää: kierrosluku ja terän halkaisija. Mitä pienempi terän halkaisija on, sitä suurempi kierrosluvun on oltava, jotta saataisiin riittävän suuri leikkuunopeus.

Työstettävän pinnan muoto

Pyörivän terän jättämä leikkuupinta ei ole täysin suora. Terän pyöreiden vuoksi jälki on loivan aallon muotoinen. Aallon profiili ei kuitenkaan ole samanmuotoinen kuin terän kaari, vaan loivempi. Se johtuu siitä, että työstettävä puukappale liikkuu höylättäessä terää kohti. Matemaattisesti tätä käyrää kutsutaan nimellä **evolventtikäyrä**.

AALLON VÄLI JA SYVYYS

t = aallon väli
a = aallon syvyys



Aallon väli on merkittävä tekijä, kun määritetään pinnan laatua. Aallon väli voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$\frac{v}{nz} = t$$

t = aallon väli (mm)
v = syöttönopeus (mm/min)
n = kierrosluku (1/min)
z = terien määrä kursossa

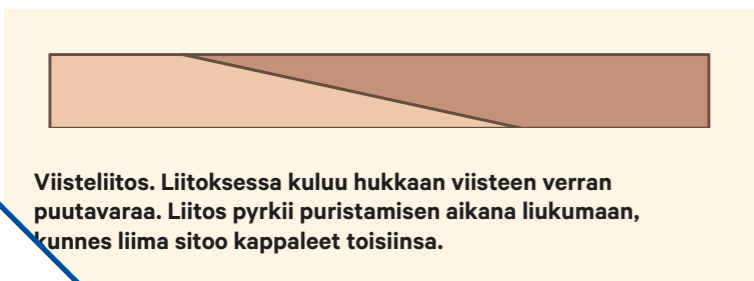
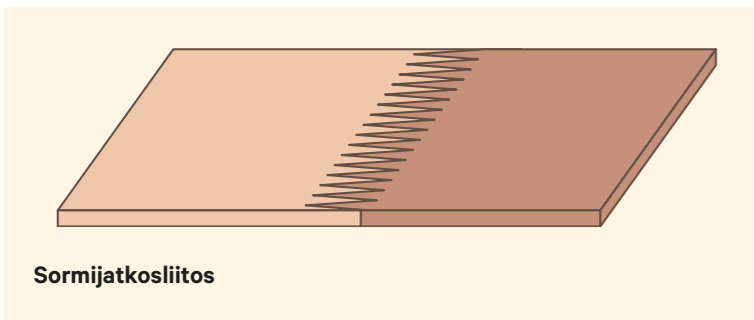
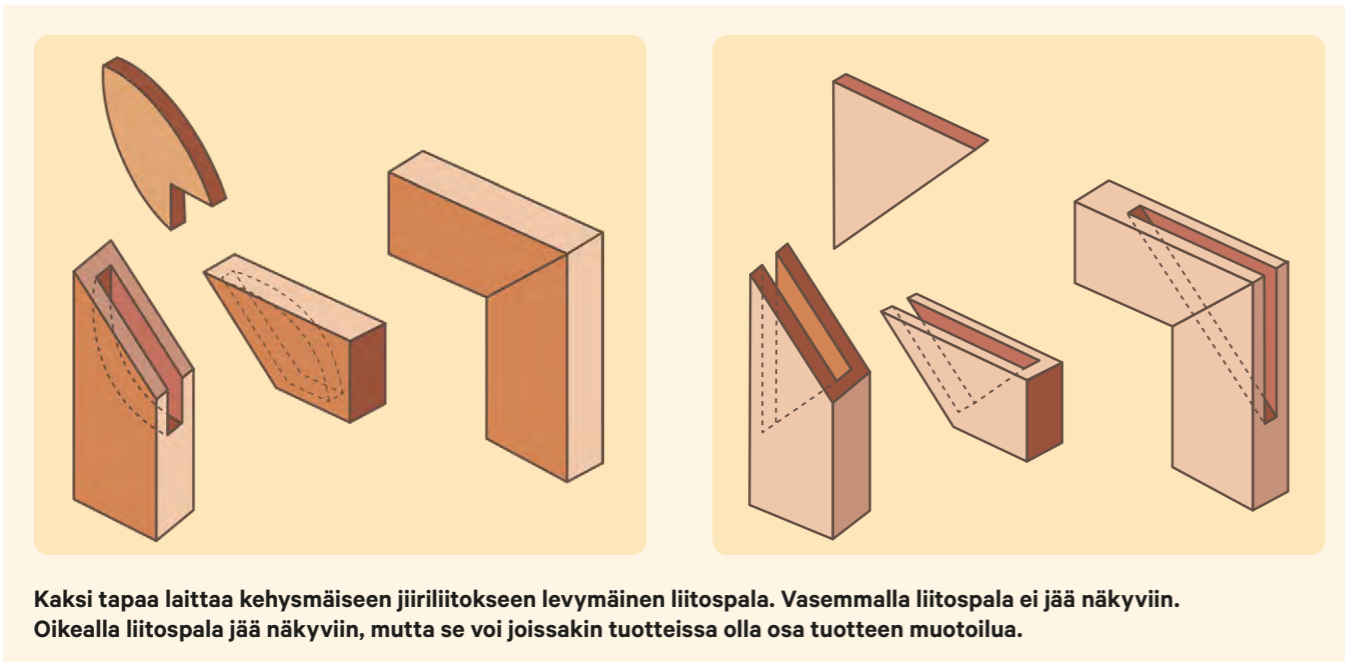
Jos esimerkiksi syöttönopeus on 20 m/min, kierrosluku 3 000 ja terien määrä 4, muodostuu kaava:

$$\frac{20\,000}{3\,000 \times 4} = 1,67 \text{ mm}$$

Aallon väliä paremmin pinnan sileyttä kuvaa aallon syvyys, jota kuvataan yllä olevassa kuvassa. Aallon syvyys riippuu kierrosluvusta, syöttönopeudesta



OPETUSHALLITUS
UTBILDNINGSTYRELSEN



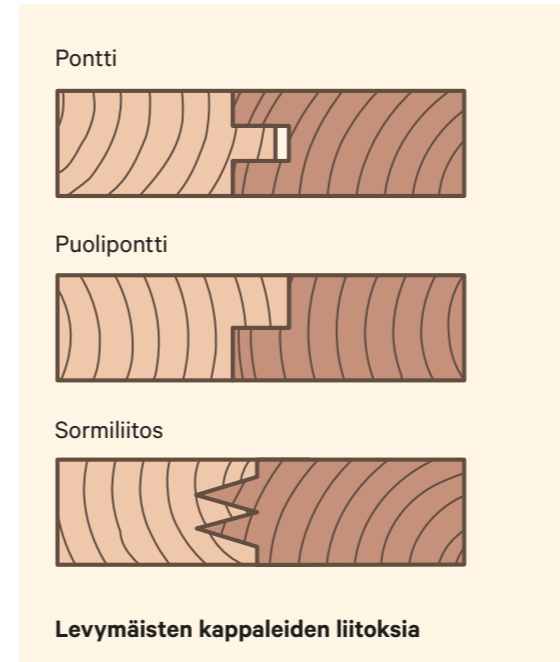
lastu- tai MDF-levyyn. Kokoamisen helpottamiseksi ja lujuuden lisäämiseksi liitoksessa on oltava poratappeja tai ohut levymäinen liitospala eli lamello.

Jiiriliitoksen voi tehdä myös sitä varten tehdyllä profiiliterällä. Silloin ei tarvita erillistä liitospalaa, mutta liitoksen profiili jää näkyviin.

Kun jiiriliitosta käytetään taulun kehyksen tyyppisissä tuotteissa, voidaan käyttää poratappeja tai levymäistä liitospalaa, mutta silloin niiden suunta suhteessa liitettävään kappaleeseen on erilainen kuin kaapin runkoa tehtäessä.

Saumaliitokset

Yleisimmin saumaliitoksia käytetään laudan tai levyn muotoisten kappaleiden liittämiseen toisiinsa. Puutavaran jatkamiseen pituussuunnassa käytetään pääasiassa sormijatkosliitosta. Liitoksesta tulee luja, koska liimapintaa on paljon. Pienimuotoisessa tuotannossa voidaan käyttää myös viisteliitosta. Viisteen pituuden on oltava 7–10 kertaa kappaleen paksuus. Kun esimerkiksi jatketaan



10 mm:n paksuista puuta, viisteen on oltava noin 70–100 mm pitkä, jotta liitoksen lujuus vastaisi ehjän puun lujuutta.

Levymäiset kappaleet kootaan lähes aina tasaumaan. Sauman lujuuden ja liimaamisen helpottamiseksi saumaan voi koneistaa erilaisia liitoksia.

Helat

Helalla tarkoitetaan puusepänteollisuudessa toiminnallista osaa, joka on yleensä valmistettu metallista tai muovista. Heloja ovat muun muassa saranat, lukot, liukukiskot, vetimet, jalat, salvat ja kokoonpanohelat.

Erilaisia heloja on markkinoilla lukematon määrä eri tarkoituksiin. Yksittäisen yrityksen kannattaa valita tuotantoonsa sopiva määrä malleja. Kun helavalikoima on rajattu, säästyy kustannuksia ja tuotanto on toimintavarmaa ja tehokasta.

Helat kehittyvät koko ajan. Uudet laatikot liukuvat herkästi ja lähes äänettömästi, ja vaimennus-

ominaisuus saa ne sulkeutumaan pehmeästi hidastuen. Pikakiinnikkeiset piilosaranat sulkeutuvat nekin hidastuen, paukkumatta. Monet lukot, nostettavat työtasot ja avautuvat laatikot toimivat sähköllä.

Kalustehelojen kiinnitysruuvien ruuvijako eli ruuvien välinen etäisyys on usein 32 mm. Ruuvijako on sama kuin monikaraporakoneissa, CNC-koneissa ja porausautomaateissa. Tämä helpottaa monen helan mitoittamista paikoilleen. Esimerkiksi piilosaranan aluslevyn ruuvijako on 32 mm.

Aluslevyn ruuvien paikat ovat tavallisesti 37 mm:n etäisyydellä kaapin rungon etureunasta 32 mm:n ruuvijaolla. Tämä sama ruuvijako on myös laatikon sivuissa olevissa liukukiskoissa. 37 mm:n päässä kaapin etureunasta on kiskon ensimmäisen ruuvin paikka, ja siitä eteenpäin reikiä on 32 mm:n välein kiskon mallista riippuen. Vetimissä toistuu sama 32 mm:n ruuvijako kerannaisena.

Helatoimittajilla on usein kuvastoissa tai netissä helojen mitoituspiirustukset, joista selviävät tarvittavat poraukset tai muut työtöt. Nämä tiedot sujuvoittavat tuotantoa ja helpottavat helan asennusta, koska työtöt joudutaan usein tekemään jo ennen kuin tilattu hela on tullut.

Rakennuspuusepäntuotteissa helat ovat keskeisessä asemassa. Ovilla ja ikkunoissa tarvitaan aina heloja. Rautakaupasta ostetussa ulko-ovessa on tavallisesti valmiina isot lehtisaranat ja takalukittava lukkorunko. Painike eli ovenkahva sekä lukkopesä pitää ostaa erikseen, ja lukkopesä sarjoitetaan omalle avaimelle sopivaksi lukkoliikkeessä.

Oviin on saatavilla myös sähköllä toimivia lukkoja, jotka voi avata esimerkiksi tunnisteella, kauko-ohjaimella tai koodilla. Suomessa myytävissä ovissa on usein Abloyn lukkopesiin sopiva lukkorunko, johon löytyy osia ja tarvikkeita lähes kaikista lukkoliikkeistä ja rautakaupoista. Ikkunoissa kaikki helat ovat usein valmiina.



OPETUSHALLITUS
UTBILDNINGSTYRELSEN

Vastuu työturvallisuudesta on kaikilla

Työnantajan vastuut

Työnantaja on alansa asiantuntija, ja hänen oletetaan olevan selvillä siitä, millaisia vaara- ja haittatekijöitä omalla toimialalla ja työpaikalla on sekä miten niitä torjutaan. Jos työnantajalla ei ole tätä asiantuntemusta, hänen on hankittava se ulkopuolisilta asiantuntijoilta. Työnantajalla on työturvallisuuslain nojalla yleinen laaja huolehtimisvelvollisuus. Jos työturvallisuus laiminlyö-dään, työnantaja tai hänen edustajansa voi joutua rikosvastuuseen.

Työnantajalla on velvollisuus huolehtia työntekijöiden turvallisuudesta ja terveydestä työpaikalla. Työnantajan on otettava huomioon seikat, jotka liittyvät työhön, työolosuhteisiin ja muuhun työympäristöön sekä työntekijän henkilökohtaisiin edellytyksiin. Huolehtimisvelvollisuuteen eivät kuulu epätavalliset ja ennalta-arvaamattomat olosuhteet eli sellaiset tilanteet, joihin työnantaja ei voi vaikuttaa.

Työpaikalla on oltava työsuojelun toiminta-ohjelma. Toimintaohjelmaan on listattu työpaikan työolojen kehittämistarpeet ja työympäristöön liittyvien tekijöiden vaikutukset. Toimintaohjelma perustuu arvioon siitä, millaisia riskejä työpaikalla on. Riskit kartoitetaan ja niiden suuruus ja todennäköisyys arvioidaan. Sen jälkeen päätetään, miten riskejä voi poistaa tai hallita.

Työnantajan on nimettävä työsuojelupäällikkö työpaikan työsuojelun yhteistoimintaa varten, ellei työnantaja itse toimi tässä tehtävässä. Työntekijät voivat valita työsuojeluvaltuutetun ja kaksi varavaltuutettua omiksi edustajikseen työnantajaan ja työsuojeluviranomaisiin päin. Työsuojelupäällikkö valittava, jos työpaikalla on vähintään 10 työntekijää. Jos työpaikalla on vähintään 20 työntekijää, työpaikalle tulee valita työsuojelutoimintajärjestäjän ja työntekijöiden edustajista.

TYÖNTEKIJÄN HUONEENTAULU

- Käytä suojavarusteita.
- Pidä työpaikka siistinä ja järjestyksessä.
- Huolehdi omasta ja muiden turvallisuudesta.
- Ilmoita esimiehelle, jos huomaat epäkohtia tai vaaranpaikkoja.

Työsuojelutoimikunnan tarkoitus on edistää työn terveellisyyttä ja turvallisuutta.

Työnantajan on suunniteltava työympäristö ja työ niin, ettei siitä ole työntekijöille terveyshaittaa. Työnantajan on opetettava ja ohjattava työntekijöitä ottamaan huomioon työpaikan haitta- ja vaaratekijät sekä yksintyöskentelyn vaarat. Työnantajan on huolehdittava, että työergonomia on kunnossa ja työntekijät voivat pitää riittävät tauot.

Työntekijän vastuut

Työntekijän on noudatettava työturvallisuuslakia ja työnantajan määräyksiä. Opastuksen ja ohjeiden mukaisesti on myös noudatettava turvallisuus- ja suojeluohjeita, jotta työstä ei aiheudu vaaraa itselle eikä muille työntekijöille.

Työhön perehdyttäminen ja työnopastus

Perehdyttäminen tarkoittaa sitä, että uusi työntekijä opetetaan tuntemaan työpaikkansa, sen tavat, toiset ihmiset ja työhön liittyvät odotukset. **Työnopastukseen** kuuluvat ne asiat, jotka liittyvät itse työn tekemiseen. Niitä ovat esimerkiksi työkokonaisuus, suojaimet, tarvittava tieto ja osaaminen sekä se, mistä osista ja vaiheista työ koostuu.

Jos työpaikalla on käytössä laatujärjestelmä, sen tärkeä osa on työturvallisuus ja uusien työtehtävien



Poistumisopasteet näyttävät, mitä reittiä rakennuksesta pääsee ulos.



Hätätilanteessa mennään kokoontumispaikalle. Siellä varmistetaan, että kaikki ovat päässeet pois vaara-alueelta.

vaatima opastus. Laatujärjestelmään kuuluvasta työturvallisuuskansiossa löytyy myös ohjeistus työterveyshuollosta sekä ohjeet sairastumisten varalle. Laatukäsikirjassa on kartoitettu työpisteiden vaaratekijät, oikeat työtavat, tarvittavat henkilösuojaimet sekä toiminta häiriön sattuessa. Perehdyttämisyhteisössä on tärkeää selvittää työntekijälle, mistä nämä asiakirjat löytyvät myöhempiä tarkastelua varten.

Työnopastus on tärkeä osa ennakoivaa työsuojelua. Työntekijälle on kerrottava, millaisia vaaroja työssä on ja miten tulee menetellä, ettei vaaratilanteita tulisi.

Työnopastaja tarvitsee tietoa työsuojeluun liittyvästä lainsäädännöstä ja määräyksistä sekä erityisesti omaan alaan ja työhön liittyvistä asetuksista, joissa on selkeitä määräyksiä työntekijöiden opetuksesta ja ohjauksesta.

UUDEN TYÖNTEKIJÄN OPASTAMINEN

- **Perehdyttäminen:** tutustuminen yritykseen, työyhteisöön ja talon tapoihin.
- **Työnopastus:** tutustuminen työhön eli työn opettaminen.

SÄHKÖT POIKKI HÄTÄTILANTEESSA

Jos työpaikalla tapahtuu sähkötapaturma, sähköt katkaistaan vetämällä sähköpistoke seinästä tai kääntämällä työstökoneessa oleva turvakytkin nolllille. Joskus sitä ei voi tehdä. Siksi on myös tärkeää pystyä katkaisemaan sähköt nopeasti **sähkökeskuksesta**.

Tehtaalla on tyypillisesti useita sähkökeskuksia, joten on hyvin tärkeää opetella, mihin sähkökeskukseen työpaikan eri työpisteet ja valaisimet kuuluvat. Hätätilanteessa ei saa päästä syntymään sellaista tilannetta, että sähkövirtaa ei saa katkaistua, kun kukaan ei tiedä, mitä työpisteitä ja valaisimia kuuluu eri sähkökeskusten alle.

Sähkökeskukset yhteen kokoava, koko rakennuksen sähköt katkaiseva **sähköpääkeskuksen** pääkytkin löytyy yleensä sähköpääkeskuhuoneesta. Se on turvallisuusyistä usein lukittu.

Koko tehtaalla sähköjen katkaiseminen pääkytkimestä ei ole turvallista. Kun kaikki valot sammuvat, palamaan jäävät vain himmeät turvalat. Hämärässä joku voi kaatua, teloa itsensä työstökoneeseen tai ajaa trukilla jonkun päälle.

Turha katkaisu on vaarallinen työntekijöille, mutta myös kallis tehtaalle. Kun kaikki linjat pysähtyvät, voi tulla suuria taloudellisia vahinkoja. Sähköpääkeskuksen pääkytkintä käytetään vain silloin, kun muita vaihtoehtoja ei ole.



OPETUSHALLITUS
UTBILDNINGSTYRELSEN