

PUUN MONET MAHDOLLISUUDET



Me tiedämme, että Suomi on metsien maa.

Me tiedämme, että meillä on paljon puunjalostusteollisuutta.

Me tiedämme, että Suomessa valmistettua paperia viedään ympäri maailmaa.

Mutta tiedämmekö, kuinka monipuolinen raaka-aine puu todella on?

Mitä kaikkea puun eri aineosista voidaan valmistaa?

Millainen merkitys suomalaisille on tämän kotimaisen raaka-aineen hyödyntämisellä?

Mitä on maailmankuulu, suomalainen osaaminen metsäsektorilla?

Kuinka ympäristöystävällinen on puuperäinen tuote nykyisin?

Mitä voisivat olla metsäteollisuutemme tulevaisuuden tuotteet?

Tämän kirjan tarkoitus on vastata edellä esitettyihin kysymyksiin. Kirjassa on päivitetty vuoden 1990 *Puusta jalosteeksi* vihon tiedot puunjalostuksen menetelmistä ja tuotteista. Liikelle lähdetään metsistä ja niiden käyttöä ohjaavista tekijöistä. Alkuosassa selvitetään myös puun rakennetta ja ominaisuuksia. Samalla kerrotaan metsänhoidon ja puunkorjuun keinoista tuottaa halutunlaista puuta. Kirjan eri osissa tuodaan esille myös puun käytön vaikutuksia aina paikallistasolta globaaliin ilmasto-ongelmaan.

Kirja on tarkoitettu ensisijaisesti peruskoulun ja toisen asteen opettajille taustamateriaaliksi ja tietojen päivytykseen. Kirja käy myös puu- ja metsäalan opiskelijoille. Kirjaa voi käyttää hyvin hakuteoksena. Jokaisen aiheen alussa on tiivistelmä, joka kertoo nopeasti lukijalle jakson pääasiat. Kirjaan on tehty eri aiheista sivun kokoisia visuaalisia koosteita, joiden tarkoitus on olla apuna käytännön opetustilanteissa. Koostesivut ja kirjan päivitykset ovat Metsäyhdistyksen koulumateriaaleissa osoitteessa www.smy.fi. Kirja tarjoaa myös jokaiselle suomalaiselle yleissivistävää luettavaa.

Kirjan tekeminen on avannut silmäni huomaamaan puun hienoudet ja mahdollisuudet. Mikä voisi olla parempi luonnonvara kuin uusiutuva, kotimainen puu. Metsäsektorilla on toki parannettavaa mm. metsien monimuotoisuuden säilyttämisessä ja lisäämisessä, mutta Suomi on siinäkin yksi edelläkävijöistä. Toivon, että kirja innoittaa sinua tuomaan esille opetuksessasi metsiemme mahdollisuudet ja metsäosaamisemme.

Suuret kiitokset Aili ja Yrjö Rasin säätiölle, jonka tuella *Puusta Jalosteeksi* -kirjanen voitiin uudistaa, taistaa ja painaa tähän muotoon. Kirjan sisällön muotoilemisessa ovat auttaneet asiantuntemuksellaan lukuisat henkilöt ympäri Suomen – kiitos heille kaikille. Erityinen kiitos Puumiesten Liiton toiminnanjohtajalle Ritva Varikselle, SYKE:n erikoistutkija Jari Liskille, Woodpoliksen Tuulikki Huuskolle, VTT:n useille tutkijoille, Metsäteollisuus ry:n, Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion, Puuteollisuusyrittäjät ry:n, Puuinfo Oy:n, Metsäteho Oy:n, UPM-Kymmene Oyj:n, Stora Enso Oyj:n eri asiantuntijoille sekä Kuhmon kaupungin useille virkamiehille.

sisällys:

1	Metsät ovat tärkein luonnonvaramme	4
	Elämäntapamme kuluttaa luonnonvaroja	6
	Suomi on Euroopan metsäisin maa	6
	Suomen metsävarat tunnetaan	7
	Metsäluonnon käyttöä ohjataan Suomessa	7
	Lait Suomen metsien turvana 7	
	Metsäohjelma kertoo mitä haluamme metsiltämme 7	
	Metsäsuunnitelma opastaa metsänomistajaa 7	
	Metsäsertifikaatti on näyttö kestävydestä 8	
	Jokamiehenoikeudet ohjaavat luonnossa liikkujaa 8	
	Puun kansantaloudellinen merkitys on Suomessa suuri	8
2	Puun rakenne ja ominaisuudet raaka-aineena	10
	Mitä puu on?	12
	Puun rakennusaineet 12	
	Puun uuteaineet 12	
	Puusolun muodostuminen 12	
	Puun rakenne	14
	Vuosilustot 14	
	Kuori 14	
	Manto ja sydänpuu 14	
	Puun ominaisuudet materiaalina	14
	Puusta on myönteinen mielikuva 14	
	Puu on lujaa ja kevyttä 16	
	Puu elää kosteuden mukaan 17	
	Puun akustiset ominaisuudet 18	
	Puu eristää hyvin 18	
	Puu kestää palamista 18	
	Puu on ympäristömyönteinen 18	
	Puu ilmastonmuutoksen hillitsijänä 19	
	Puu jalostuu pienemmällä energialla 21	
3	Puun jalostaminen alkaa metsässä	22
	Millainen metsä sellainen puu	23
	Kasvupaikka ratkaisee puulajin ja metsänhoidon 23	
	Metsänhoidon vaikutus puun laatuun 24	
	Suomi kehittää tekniikkaa avuksi metsiin	25
4	Metsäteollisuus jalostaa puusta tuotteita	31
	Metsäteollisuutemme on kansainvälistä huippua	34
	Suuri Suomessa ja maailmalla 34	
	Metsäteollisuuden alat 34	
	Ympäristöasioiden edelläkävijä 35	
	Energiaa kulutetaan ja tuotetaan 36	
	Tulevaisuus pitää tehdä 36	
5	Puutuoteteollisuus on monipuolista – talotehtaista soitinverstaisiin	40
	Sahateollisuus tuottaa muille rakennusaineita	45
	Sahatavaran valmistus 45	
	Höyläämöt jalostavat puuta edelleen 47	
	Pylväät, parrut ja pölkyt ovat vientituotteitamme 49	
	Painekyllästyksellä kestoja puulle 50	
	Lämpöpuu on suosittu vaihtoehto 51	

Insinöörirakentamisen tuotteet monipuolistavat puun käyttöä.....	53
Puulevyt	53
Sahatavarapohjaiset tuotteet	59–60
Rakenteelliset yhdistelmäpalkit ja -tuotteet	61
Puusepänteollisuudessa tarvitaan laatua, muotoilua ja yhteistyötä.....	62
Huonekalu- ja erikoispuusepänteollisuus kalustaa koteja ja julkisia tiloja	62
Puusepänteollisuudesta tuotteita moneen tarpeeseen	68
Puurakentaminen ja puutaloteollisuus myötätuulessa	72
Puun ominaisuudet rakentamisessa	72
Puurakentamisen pitkät perinteet ja nykytila	72
Puutaloteollisuus ja pientalorakentaminen	74
Puu nykyarkkitehtuurissa	77

6

Kemiallinen metsäteollisuus valmistaa erilaisia papereita ja kartonkeja

Massateollisuus tuottaa paperin raaka-aineen.....	82
Kemiallinen massa eli sellu	82
Mekaaninen massa	83
Massan valmistus -kaavio	84
Kemimekaaninen massa	86
Uusiomassa	87
Paperin valmistus -kaavio	88
Paperi – ja kartonkiteollisuudella on tuhansia tuotteita.....	90
Paperin valmistus keksittiin Kiinassa	90
Paperinvalmistusprosessi – yksinkertainen, mutta vaativa	90
Paperilaatuja on karamellikääreistä säkkeihin	91
Kartonkiteollisuudesta pakkausmateriaaleja	94
Äly tulee paperiin ja pakkaukseen	97

7

Puun koostumusta hyödynnetään monin tavoin

Kemikaaleja suoraan puusta.....	102
Mäntyöljyä tislataan moniksi jalosteiksi	102
Kasvistanoleilla ja -steroleilla alennetaan kolesterolia	102
Ksylitoli – koivun lahja hampaalle	103
Puutärpättiä pihkasta	103
HMR-lignaani – suomalaisten palkittu keksintö	103
Pyrolyysin avulla hiiltä, tervaa ja karkotteita	104
Tutkimustoiminta on vilkasta	104
Puun kuituja käytetään monella tavoin	105
Viskoosia selluloosasta	105
CMC:tä on kaikkialla	105
Selluvillaa lämmöneristeeksi	105
Komposiiteissa yhdistellään ominaisuuksia	106
Nanomateriaali syntyy millin miljoonasosasta.....	108

8

Puusta energiaa

Viidennes Suomen energiasta saadaan puusta	113
Puupolttoaineet.....	115
Polttopuut eli klapit eli pilkkeet	115
Pelletti	116
Briketti	116
Metsähake	116
Teollisuuden puutähteet ja mustalipeä	117
Uudet liikennepolttoaineet	118

9

Suomalainen metsäklusteri – vahvuutta yhteistyöstä

Mikä on metsäklusteri.....	121
Metsäklusterin merkitys Suomessa.....	122



1

Metsät ovat tärkein luonnonvaramme

Elämäntapamme kuluttaa luonnonvaroja yhä enemmän. Siksi uusiutumattomien luonnonvarojen korvaaminen uusiutuvilla on entistä tärkeämpää. Metsät ovat maapallon yksi tärkeimmistä uusiutuvista luonnonvaroista ja Suomi on yksi maailman metsäisimmistä maista.

Metsäinventointien ansiosta Suomen metsävarat tunnetaan poikkeuksellisen hyvin. Metsiemme puustoa hyödynnetään voimakkaasti, mutta se kasvaa vuosittain enemmän kuin sitä hakataan. Näin metsiemme puuston määrä kasvaa koko ajan.

Suomessa metsien käyttöä säädelään laeilla. Metsälaki muun muassa velvoittaa uudistamaan hakatun metsän. Laki vaatii myös huomioimaan metsäluonnon monimuotoisuuden ja monikäytön.

Kotimaisen puun käytöllä on suuri kansantaloudellinen merkitys: se työllistää, tuo vienti-, palkka- ja kantorahatuloja suomalaisille sekä tuottaa uusiutuvaa bioenergiaa.

Metsä on tärkein luonnonvaramme



- ★ Suomi on yksi maailman metsäisimmistä maista.
- ★ Suomen maapinta-alasta metsää on 86 %.
- ★ Suomessa puuta kasvaa vuodessa enemmän kuin sitä hakataan.
- ★ Suomen puuvarat kasvavat siten vuosi vuodelta.
- ★ Suomessa hakatun metsän tilalle on kasvatettava uusi metsä.

METSÄN MERKITYS SUOMESSA



Elämäntapamme kuluttaa luonnonvaroja

Elämä maapallolla perustuu ja on aina perustunut luonnonvarojen hyödyntämiseen. Nykyinen elämäntapamme on kuitenkin lisännyt merkittävästi niiden käyttöä. Esimerkiksi suomalaisten käyttämien luonnonvarojen määrä on kasvanut noin kuusikymmentä prosenttia kolmessa vuosikymmenessä ja tämä ei selity väestönkasvulla. Jokaista suomalaista kohti kuluu vuodessa noin satatuhatta kiloa luonnonvaroja. Monet luonnonvarat ovat rajallisia. Jotta luonnonvarojen käyttö saataisiin kestävämmälle pohjalle, pyritään Suomessa, Euroopassa ja kansainvälisin sopimuksin edistämään uusiutuvien luonnonvarojen hyödyntämistä. Metsät ovat yksi maapallon tärkeimmistä luonnonvaroista ja oikein hoidettuina ne kasvavat auringon voimalla jatkuvasti. Puuta tarvitaan korvaamaan uusiutumattomia raaka-aineita.



SUOMEN PUUSTON PÄIVÄKASVU

Kasvukausi on Suomessa noin 80 päivän mittainen

- = Miljoona kuutiota puuta
- = Metrin leveä ja korkea puupino, joka on 1000 km pitkä
- = 1 rekalle työtä 14 vuodeksi (jos ajaa 4 kuormaa päivässä)
- = 400 oppilaan koululle monistepaperia 195 000 vuodeksi

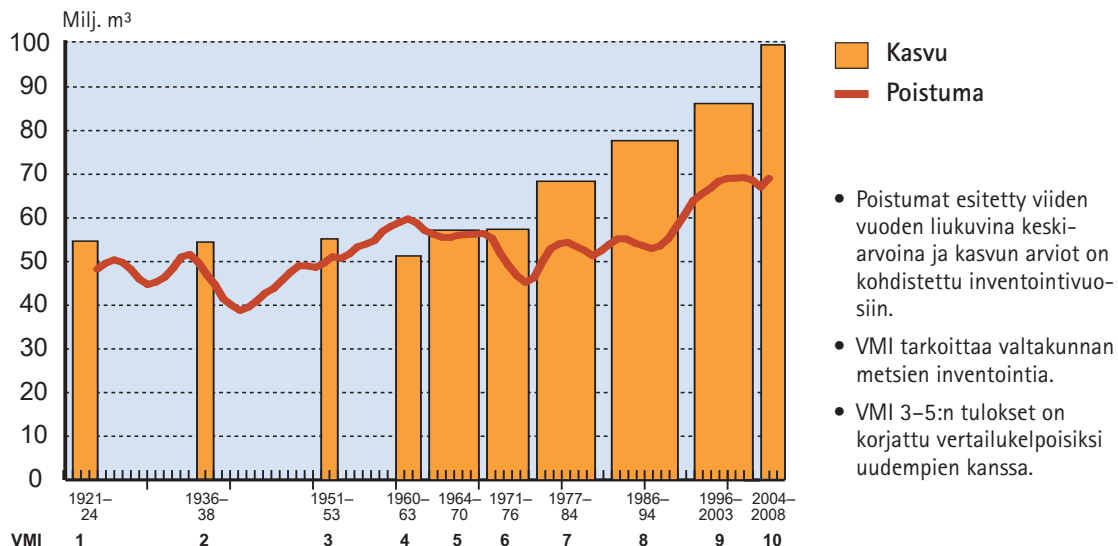


Suomi on Euroopan metsäisin maa

Pinta-alaan suhteutettuna Suomi on yksi maailman metsäisimmistä maista ja Euroopan maista metsäisin. Metsät peittävät Suomen maapinta-alasta 86 prosenttia, kun mukaan otetaan myös heikompi kasvuiset kitu- ja joutomaat. Vaikka metsiämme on hyödynnetty teollisesti 1800-luvun lopulta asti, on Suomen metsissä puuta tällä hetkellä enemmän kuin koskaan yli 200 vuoteen. Suomen metsät kasvavat vuodessa enemmän kuin niitä hakataan, joten puuvaramme kasvavat vuosi vuodelta. Hakkuita tehdään vuosittain noin kahdella prosentilla metsäpinta-alasta.

Vuonna 2007 ilmestyneen eurooppalaisen metsäraportin mukaan Suomen suojeltu metsäala on Euroopan suurin ja suojelu tiukinta. Uhanalaisten lajien määrä on maassamme kuitenkin suurin metsäluonnon ja siksi luonnon monimuotoisuuden huomioimista metsänhoidossa on vielä parannettava.

PUUSTON KASVU JA POISTUMA SUOMESSA 1920–2008



- Poistumat esitetty viiden vuoden liukuvina keskiarvoina ja kasvun arviot on kohdistettu inventointivuosiin.
- VMI tarkoittaa valtakunnan metsien inventointia.
- VMI 3–5:n tulokset on korjattu vertailukelpoiksi uudempien kanssa.

Suomen metsävarat tunnetaan

Suomi on metsäntutkimuksen suurvalta ja siksi Suomen puustonkin tila tunnetaan hyvin. Tiedot perustuvat muun muassa valtakunnan metsien inventointeihin, jotka Suomi aloitti ensimmäisenä maailmassa jo 1920-luvulla. Inventoinnit tuottavat ajantasaista tietoa muun muassa puun riittävydestä, kasvusta, hiilivarastoista ja energiapuun määrästä. Inventoinnit perustuvat monipuolisiin maastomittauksiin, satelliittikuviin ja numeerisiin tietoihin. Metsäluonnon monimuotoisuuden tutkimus ja tiedon menestyksellinen liittäminen metsänhoidon käytänteisiin vaatii vielä lisää työtä. Monet maat ovat vasta käynnistämässä metsiensä inventointeja.



Suomen metsissä oli vuonna 1970 puuta 1500 milj. m³. Sen jälkeen metsistämme on hakattu tämä määrä puuta. Silti Suomen metsissä on puuta tänä päivänä enemmän kuin sataan vuoteen, yli 2 000 milj. m³. Kuinka tämä on mahdollista?

Metsäluonnon käyttöä ohjataan Suomessa

Lait Suomen metsien turvana

Metsien käsittelyä ohjaavat muun muassa metsälaki, luonnonsuojelulaki ja metsien käsittelysuositukset. Suomessa yksityiset omistavat suurimman osan metsistä, mutta metsät katsotaan niin tärkeäksi kansallisomaisuudeksi, että niiden hoitoa ja käyttöä on haluttu säädellä laeilla jo 120 vuotta. Metsälainsäädännön perusajatuksena on ollut ensimmäisestä, vuoden 1886, metsälaista lähtien metsän hävittämiskielto: Suomessa on perustettava uusi metsä hakatun tilalle. Pitkään metsälait kantoivat huolta vain puun uusiutumista. Vasta 1990-luvulla nostettiin esiin voimakkaasti metsien monikäyttö ja ympäristöarvot. Tuolloin koko metsälainsäädäntö uusittiin ja metsänhoidon ekologinen ja sosiaalinen kestävyys nostettiin taloudellisen kestävyuden rinnalle. Useissa maissa ei ole metsän käyttöä koskevia lakeja.

Metsäohjelma kertoo mitä haluamme metsiltämme

Mitä haluamme metsiltämme, miten niitä tulisi hoitaa? Suomessa on 1950-luvulta alkaen laadittu erilaisia metsätaloutta edistäviä metsätalousohjelmia, mutta vuodesta 1999 alkaen ne ovat muuttuneet laajoiksi metsän monikäytön huomioiviksi kansallisiksi metsäohjelmiksi. Niiden tavoitteena on pitkällä aikavälillä ohjata metsien käyttöä ja tilaa Suomessa. Vuoden 2008 alussa hyväksytyssä "Kansallinen metsäohjelma 2015" on tavoitteiksi kirjattu muun muassa turvata metsiin pohjautuva toimeentulo, metsien monimuotoisuus ja elinvoimaisuus sekä metsien antama virkistys. Ohjelmia valmistelevat työryhmät, joissa on laajasti edustettuina eri tahot, kuten metsänomistajat, metsäteollisuus, metsäalan ammattiryhmät, matkailu ja luonnonsuojelujärjestöt.

Metsäsuunnitelma opastaa metsänomistajaa

Metsänomistajat voivat halutessaan laatia asiantuntijan avulla metsäänsä metsäsuunnitelman, joka opastaa tulevaa metsien hoitoa ja käyttöä. Suunnitelma laaditaan 10–20 vuodeksi kerrallaan. Se sisältää tietoa muun muassa metsän kasvupaikoista, puustosta, hoitotöistä, hakkuista ja niiden aikataulusta sekä arvokkaista luontokohteista. Metsäsuunnitelmien monimuotoisuutta koskeva tieto on lisääntynyt uusien paikkatietojärjestelmien ja säännöllisten päivitysten ansiosta. Suunnitelma tehdään omistajan metsänkäytön

tavoitteiden sekä lakien ja suositusten mukaisesti. Metsäkeskukset keräävät perustiedot ns. aluesuunnittelulla ja nämä tiedot ovat metsänomistajien käytettävissä tilakohtaisia suunnitelmia tehtäessä. Tilakohtaiset metsäsuunnitelmat kattavat runsaat 50 prosenttia yksityismetsien pinta-alasta ja tavoitteena on 75 prosentin peittävyys.

Metsäsertifikaatti on näyttö kestävydestä

Metsäsertifioinnin tavoitteena on kertoa puutuotteiden kuluttajille, että raaka-aine on metsästä, jota käytetään ja hoidetaan kestävästi. Sertifioinnissa tarkistetaan, täyttääkö metsien hoito ja käsittely sovitut vaatimukset. Tarkastuksen tekee kolmas, riippumaton osapuoli, joka myöntää sertifikaatin. Suomen metsistä noin 95 prosenttia on sertifioinnin piirissä, kun taas noin 90 prosenttia maailman metsistä on edelleen sertifioimatta. Suomelle metsäsertifiointi on tärkeä, koska valtaosa metsäteollisuuden tuotteista viedään ympäristötietoisille Euroopan markkinoille, missä asiakkaalla ei ole muuta keinoa tutustua Suomen metsätalouden kestävyteen. Meillä vallitseva sertifiointijärjestelmä on kansainväliseen PEFC-järjestelmään kuuluva PEFC-Finland.

Jokamiehenoikeudet ohjaavat luonnossa liikkujaa

Jokainen Suomessa oleskeleva saa käyttää metsää ja muuta luontoa virkistykseen siitä riippumatta, kuka alueen omistaa. Tämä tapa pohjautuu jokamiehenoikeuksiin. Oikeuksien ohella nämä myös velvoittavat käyttäytymään metsässä niin, ettei siitä aiheudu häiriötä ja haittaa luonnolle ja muille ihmisille. Jokamiehenoikeudet ovat laajimmat Pohjoismaissa, muualla EU-maissa oikeudet ovat huomattavasti rajatummat mm. metsien vähyyden, suuren väentiheyden sekä erilaisen maanomistusperinteen johdosta.

Puun kansantaloudellinen merkitys on Suomessa suuri

Puu on tärkeä Suomen taloudelle. Se on merkittävin kotimainen raaka-aine ja energianlähde. Metsäteollisuus on ainoa teollisuuden ala, joka voi hyödyntää mittavasti tuotannonsaan tätä raaka-ainetta ja energiaa.

Metsäsektorin eli metsätalouden ja metsäteollisuuden työllistämisaikutus on Suomessa Euroopan suurimpia. Joka kymmenes suomalainen saa elantonsa metsäteollisuudesta tai sitä palvelevilta aloilta. Koko metsäklusteri työllistää suoraan tai välillisesti lähes 200 000 suomalaista. (metsäklusteri s. 121)

Koska metsäteollisuuden tuotantopanoksista tulee suuri osa kotimaisesta puusta, sen vaikutus näkyy koko kansantalouden lisäksi aluetaloudessa. Suomessa joka viides perhe omistaa metsää ja teollisuus ostaa heiltä kaksi kolmasosaa käyttämästään puusta. Näin puunmyyntitulot leviävät ympäri Suomea, koska yksityismetsien kantorahatuloista kaksi kolmasosaa jää metsän sijaintikuntaan. Metsäsektori tuottaa reilut viisi prosenttia Suomen bruttokansantuotteesta. Useissa maakunnissa metsäsektori on ensisijainen toimeentulon lähde ja elinvoimaisuuden perusta. Sen merkitys on suurin Etelä-Karjalassa, Kymenlaaksoissa, Kainuussa ja Keski-Suomessa. Metsäteollisuus vaikuttaa yli 50 suomalaisen paikkakunnan tulevaisuuteen.

Metsäteollisuuden osuus maan teollisuustuotannosta on noin viidennes ja vientituloista neljännes. Vientitulot ovat yli 2000 euroa jokaista suomalaista kohti.



Kuhmo elää metsästä



LÄHTÖKOHDAT

Suomen 11. suurin kunta pinta-alaltaan.
Metsämaata 406 600 ha. Suojeltu 7 % metsästä.
Yli puolet metsistä omistaa valtio ja kolmasosan yksityiset.
Metsänomistajia 2804 kpl. (v. 2006)
Metsävarat 31,5 milj. m³, joista hakataan noin 2 % vuodessa.
Metsäenergiaa korjataan noin 15 000–20 000 m³/v.

PUU ANTAA TYÖTÄ

- * Kunnan kaikista työpaikoista 10 % on metsälalla.
- * Teollisuuden työpaikoista 70 % on metsälalla.
- * Kunnassa on 74 metsä- ja puualan yritystä.
- * Metsäluontoon perustuvat luonto- ja metsästysmatkailuyritykset lisääntyvät.

PUU JÄTTÄÄ RAHAA OMAAN KUNTAAN

- * palkkatuloina
- * puunmyyntituloina
- * verotuloina
- * energiarahoina

PUU LUO OSAAMISTA

Woodpolis on puurakentamisen osaamiskeskittymä, joka tähtää alan osaamisen parantamiseen – erityisesti energia- ja tehokkuuden suhteen.

Se tuottaa yritysälähtöisesti koulutusta, tuotekehityspalveluja sekä tutkimus- ja kehittämishankkeita. Kansainvälisyys on lähtökohta.

Puuperäisen energian käyttö kasvaa kunnassa. Lämpö- ja bioenergia-yritykset yleistyvät. Metsäenergian korjuuketju työllistää.

Kuhmo Oy:n sivutuotteilla tuotetaan kaukolämpöä Kuhmon taajamaan – yli 85 % rakennuksista lämpiää näin.

Biopolttoaineiden tuottamalla tuhalla voidaan terveyslannoittaa alueen metsiä 170 ha vuodessa.

Puunmyyntitulot noin 8–9 milj. euroa/v.
Metsäalan liikevaihto 590 milj. euroa/v

KUHMO OY:n SAHA

74 miljoonan liikevaihto paikallisin panoksin. Tuotteiden myynti muualle Suomeen ja ulkomaille tuo rahaa Kuhmoon.

Työllistää noin 135 henkilöä.
Välillinen vaikutus on suuri mm. kuljetusyrittäjille: sahan yhden työpäivän tavaraliikenne on 70 rekkaa tukkeja, 32 rekkaa sahatavaraa, 19 rekkaa haketta ja 13 rekkaa puupolttoainetta.

Saha käyttää 800 000 k-m³/v lähiseutujen puuta. Energia tehtaalle tuotetaan omilla sivutuotteilla.

Sahatavaraa jatkojalostavia yrityksiä

Ikkunoita
Hirsitaloja
Paneeleita
Puulementtejä
Pellettejä jne.

Puun korjuu sekä lähi- ja kauko- kuljetus on luonut Kuhmoon noin 35 yritystä; suomalaisittain myös hyvin suuria esim. yli 30 henkilöä työllistäviä puunkorjuuyrityksiä.

Yritysten ja oppilaitosten käytössä on **koulutus-tehdas**, jossa on huippu-nykyaikainen tekniikka. Woodpoliksessa koulutus ja kehitys tapahtuvat aidossa tuotantoympäristössä.

Woodpolis edistää **yritysten verkostoitumista** yliopistojen, korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten kanssa. Näin saadaan tutkijoiden tieto yritysten toimintojen kehittämiseen.

Metsään liittyvä yritys-toiminta **ylläpitää palveluja** esim. raskaskonekorjaamoita, huolto-asemia sekä majoitus- ja ravitsemuspalveluita.



2

Puun rakenne ja ominaisuudet raaka-aineena



Puun kemia ja rakenne määräävät sen ominaisuuksia ja käyttömahdollisuuksia. Eri puulajit ovat tässä suhteessa erilaisia ja siksi niitä käytetäänkin eri kohteisiin.

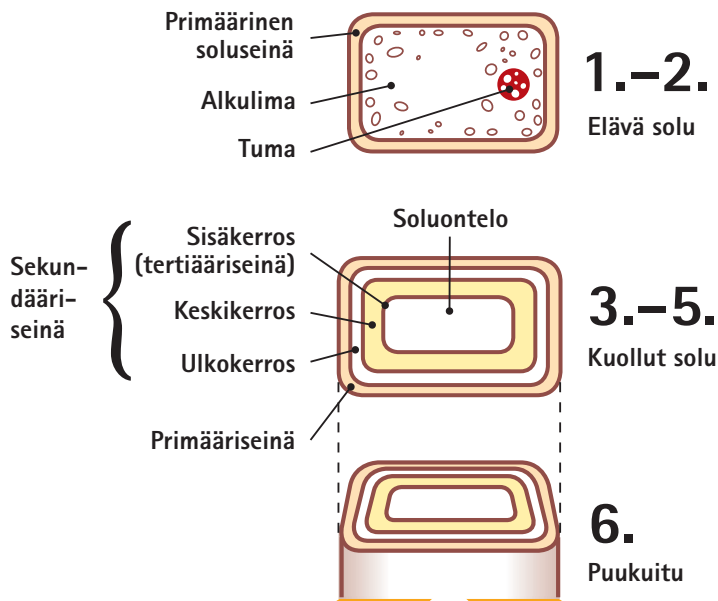
Puun eniten hyödynnetty ominaisuus on sen rakentuminen pitkistä soluista eli kuiduista, joiden seinämästä noin puolet on selluloosaa. Puun muiden osien parempaa hyödyntämistä tutkitaan nykyisin paljon.

Puutuotteiden käyttö sitoo hiiltä varastoon ja siten hidastaa ilmaston muutosta. Pitkällä aikavälillä puu on hiilineutraali: uudet puusukupolvet sitovat edellisten vapauttaman hiilen.

Puulla on materiaalina monia etuja:

- * kotimainen ja uusiutuva
- * helppo kierrättää
- * monipuolinen
- * painonsa verrattuna luja
- * hyvä lämmön ja sähkön eriste
- * pinnaltaan elävä materiaali
- * helppo työstää
- * energiataseeltaan edullinen
- * kevyt ja halpa kuljettaa
- * massiivisena kestää palamista hyvin

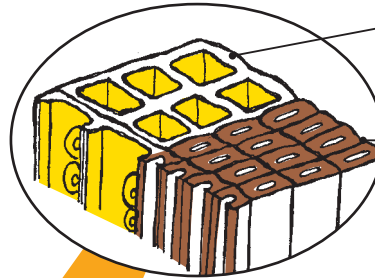
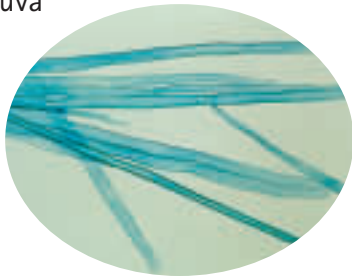
Mitä puu on?



MITEN KUITUSOLU SYNTYY?

1. Jälsolu jakautuu – syntyy uusi puusolu
2. Solu on ohut ja joustavaseinäinen
3. Seinämä paksuuntuu sisäänpäin – siihen muodostuu selluloosaa ja hemiselluloosaa
4. Solu puutuu eli sen seiniin tulee ligniiniä
5. Kuitusolu (vettä kuljettava ja puuta tukeva solu) yleensä kuolee puutuessaan
6. Solu erikoistuu – kuitusolusta tulee pitkänomainen rungon suunnassa

Mikroskooppikuva kuitusoluista

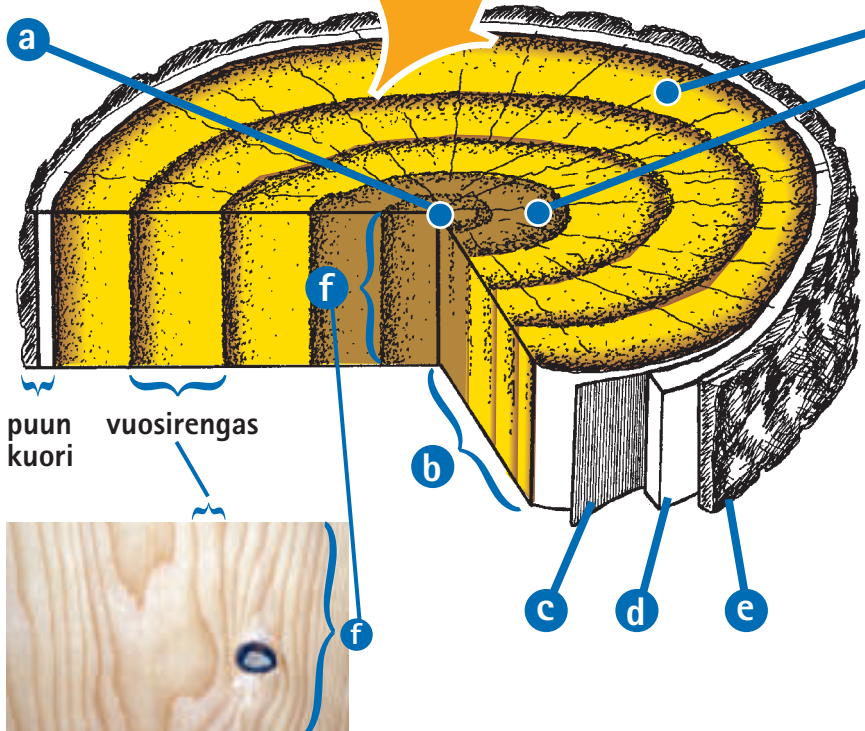


kevätpuu

(suuret solut, ohuet seinämät)

kesäpuu

(pienet solut, paksut seinämät = tiheää puuta)



Mantopuu

Sydänpuu

PUUN POIKKI-LEIKKAUS

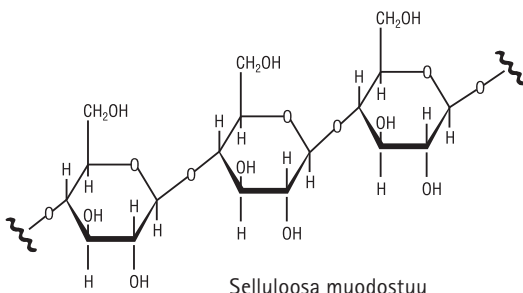
- a = ydin
- b = puusolukko
- c = jälsi
- d = nila
- e = kaarna
- f = puun syy

Mitä puu on?

Puun rakennusaineet

Maapallolla on noin 60 000 kasvia, jotka muodostavat puuta. Näistä ihminen hyödyntää muutamaa tuhatta lajia. Puuvartisilla kasveilla solujen seinät puutuvat ligniinin ansiosta. Ruohovartisilla kasveilla ligniiniä ei ole.

Puuaines koostuu pääasiassa rungonsuuntaisista, pitkänomaisista soluista eli kuiduista, soluvälejä on vain vähän. Esimerkiksi havupuilla kaikista soluista 90–95 % on kuitusoluja ja koivulla 60–75 %. Puun kuivapainosta 95 % on solun seinärakenteita. Puun soluseinien



Selluloosa muodostuu glykoosiyksiköistä.

runkoaineena on **selluloosa**, jota on puolet seinärakenteesta. Selluloosa on kaupallinen nimitys ja oikeastaan kyse on hiilihydraatista, joka muodostuu tuhansista peräkkäin liittyneistä glukoosimolekyyleistä (polysakkaridi). Selluloosamolekyylit ovat pitkiä suoria ketjuja.

Kaikkien kasvien soluseinämät ovat jäykkiä. Puuvartisilla kasveilla tätä jäykkyyttä lisää **ligniini**. Ligniini täyttää soluseinämän välit, liimaa kuidut toisiinsa ja saa seinän puutumaan. **Hemiselluloosa** on ligniinin ohella soluseinän toinen täyteaine, joka vahvistaa seinän rakennetta.

Puun uuteaineet

Kasvisolut sisältävät erilaisia uuteaineita. Ne eivät kuulu solurakenteeseen, mutta vaikuttavat puun ominaisuuksiin ja käyttöön. Uuteaineita on n. 1 % pintapuussa ja jopa 20 % sydänpuussa. Uute-

aineita ovat mm. vahat, rasvat, hartsihapot, fenoliset yhdisteet (esim. lignaani, tanniini, stilbeeni) ja terpeenit (pihka).

Puusolun muodostuminen

Puun rungossa uusia soluja syntyy jälsikerroksessa jälsisolusta jakautumalla. Syntyneen solun seinämä on aluksi ohut ja joustava. Jakaantumisen jälkeen solut erilaistuvat kasvamalla pituutta tai leveyttä sen mukaan millainen tehtävä niillä on. Useimmat kasvavat pitkänomaisiksi kuitusoluiksi, kuiduiksi. Sitten soluseinä paksuntuu sisäänpäin, kun siihen muodostuu selluloosaa ja hemiselluloosaa. Lopuksi tapahtuu muutamia viikkoja kestävä solun puutuminen eli lignifikaatio. Tällöin useat solut samalla kuolevat.

Kuitusolun pituus on monien papereiden lujuuden kannalta tärkeää, mutta käytännössä monet asiat, kuten paperin käyttötarkoitus ja kuidun valmistustapa, vaikuttavat siihen millaista on hyvä kuitu. Havupuilla kuidut ovat pituudeltaan kolminkertaisia lehtipuihin verrattuna.

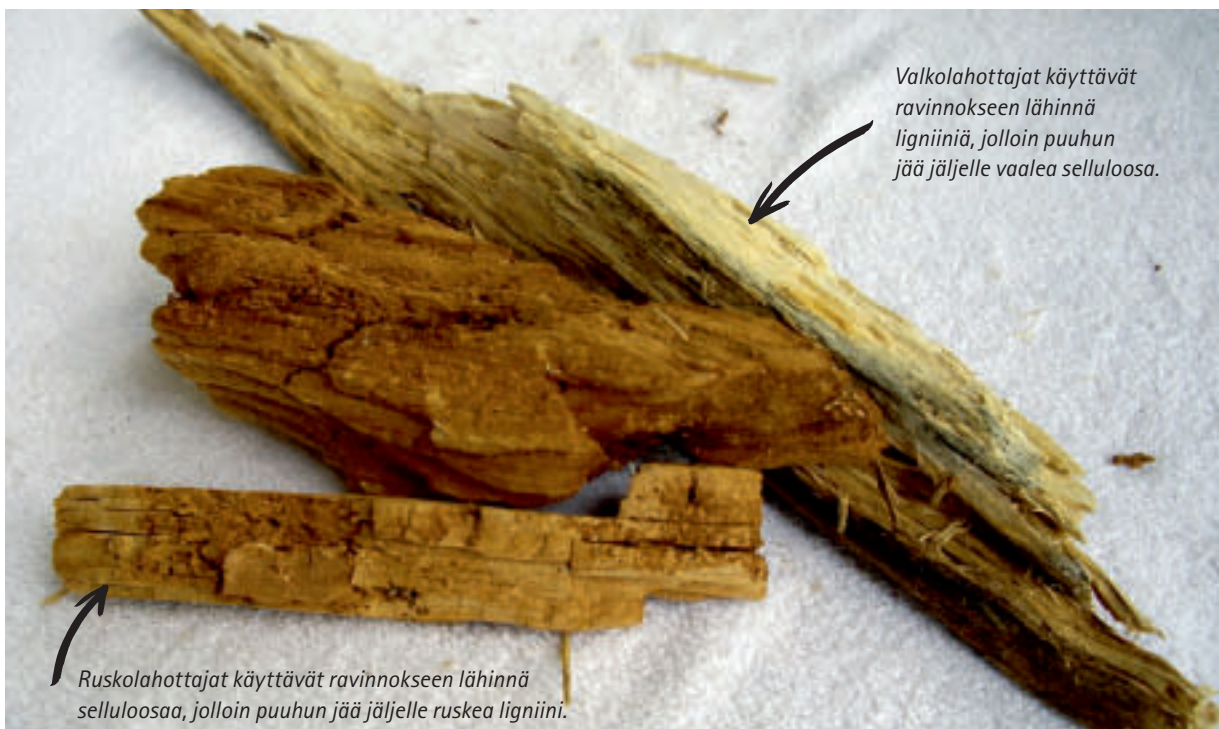
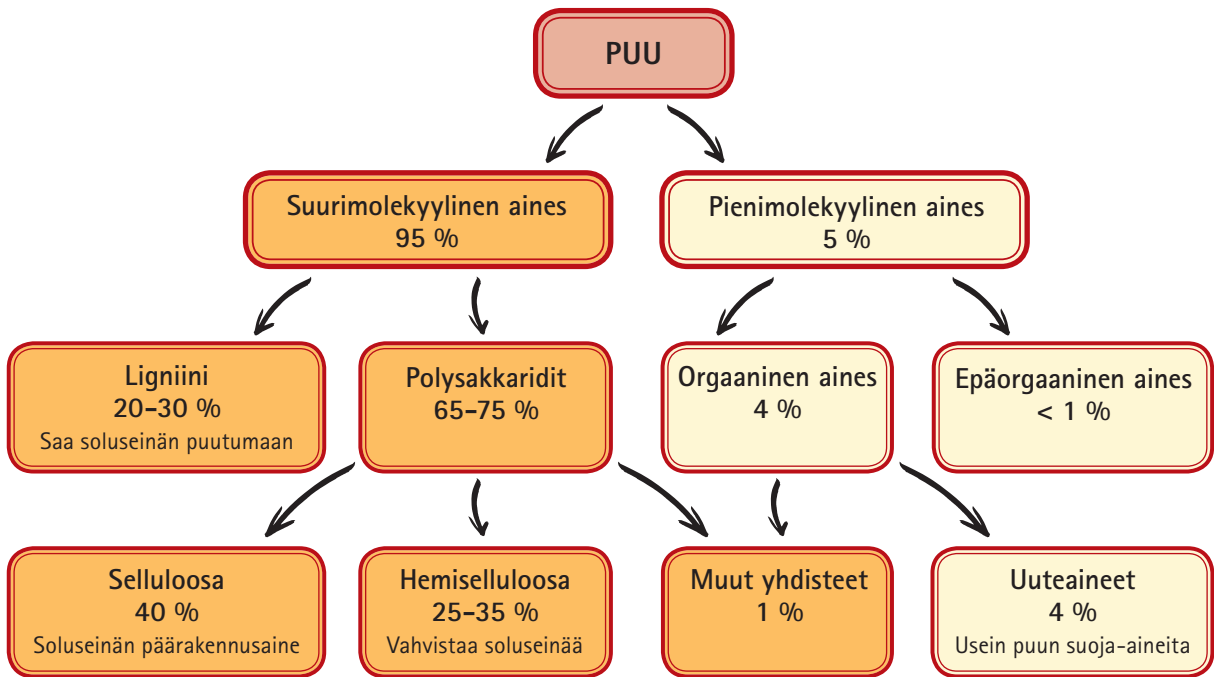


Selluloosamolekyylit ovat pitkiä suoria ketjuja, joista kasvit muodostavat kuituja. Tähän selluloosan ominaisuuteen voit helposti tutustua tutkimalla talouspaperin ominaisuuksia. Repimällä talouspaperia sekä pitkittäis- että poikittaissuuntaan huomaat repäisyjäljessä eron. Mistä ero johtuu?

■ ERI PUULAJIEN KUITUJEN MITTOJA (mikrometri on millimetrin tuhannesosa)

Kuitujen mittoja	Eukalyptus	Koivu	Mänty kesäpuu	Mänty kevätpuu	Kuusi kesäpuu	Kuusi kevätpuu
Leveys, mikrometriä	16	22	20	35	19	33
Pituus mm	0,9	1,1	3,0	3,0	3,2	2,3
Seinämän paksuus, mikrometriä	3	3	5,5	2,1	4,5	3,2

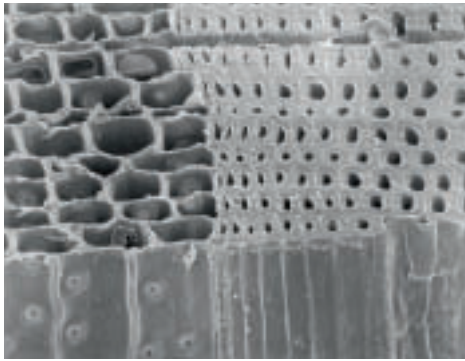
■ SUOMALAISEN PUUAINEKSEN KEMIALLINEN KOOSTUMUS



Puun rakenne

Vuosilustot

Varsinkin havupuiden poikkileikkauksessa näkyy selvästi samankeskisiä kehii, joita kutsutaan **vuosilustoiksi** tai **vuosirenkaiksi**. Yhden vuosiluston muodostaa yksi vaalea ja tumma rengas. Vaalea **kevätpuu** (eli varhaispuu) muodostuu kasvukauden alussa, kun solun jakaantuminen on nopeaa ja tumma **kesäpuu** (eli myöhäispuu) kasvun jo hidastuttua myöhemmin kesällä. Värierot johtuvat siitä, että kevätpuun solut ovat suurempia ja ohuempiseinäisiä kuin kesäpuun paksuseinäiset solut. Sahatun ja höylätyn havupuun pinnassa vuosilustot näkyvät viivamaisina kuvioina, **puusyinä**. Lehtipuilla syiden ja vuosilustojen erottaminen on vaikeaa, koska kesä- ja kevätpuun raja ei ole niin selvä kuin havupuilla.



*Mikroskooppikuva puusolukosta.
Oikealla kesäpuuta, vasemmalla kevätpuuta.*

Kuori

Uloinna puussa on kuori, jonka jälsikerros erottaa puuaineksesta. Se jakautuu elävään, yhteyttämistuotteita kuljettavaan **nilaan** ja kuolleeseen **ulkokuoreen esim. kaarnaan**. Ulkokuori estää puun kuivumisen, suojaa tuholaisilta ja toimii lämpöeristeenä. Kuoren uuteainepitoisuus on yleensä korkeampi kuin puun. Kuoren uuteaineiden hyödyntämistä tukitaan (s. 104).

Manto ja sydänpuu

Kuoren alla **pintapuussa eli mannessa** on eläviä soluja, joissa vesi siirtyy juurista latvukseen. Puun vanhetessa rungon sisemmät osat kuolevat. Tämä kuollut osa on nimeltään **sydänpuuta** ja sitä on etenkin vanhoissa havupuissa. Sydänpuussa solujen kemiallinen sisältö muuttuu mm. sinne kertyvien uuteaineiden ja pihkan takia. Tämä puolestaan voi muuttaa puun ominaisuuksia, kuten parantaa lahonkestävyyttä ja vähentää vedenjohtokykyä. Lisäksi sydänpuuhun kertyvät aineet voivat värjätä sydänpuun tummemmaksi kuin pinta-puun. Kuiva ja kova sydänpuu toimii kantavana "pilarina" elävälle pintapuulle. Sydänpuu on yleensä rungon arvokkain osa. Rungon keskellä on puun **ydin**, joka varastoi latvaosassa ravintoa seuraavaa vuosikasvainta varten. Puuaineksessa on myös **pihkatiehyitä** eli kanavia, joiden reunoilla on pihkaa erittäviä rauhasia

Puun ominaisuudet materiaalina

Puusta on myönteinen mielikuva

Puu on materiaali, joka synnyttää useimmissa ihmisissä myönteisiä mielikuvia. Puun tuoksua, lämpöä ja kosketeltavuutta pidetään miellyttävinä. Puulla on elävä pinta ja sitä on

Puun ominaisuudet materiaalina

PUUN OMINAISUUKSIA

- * kevyttä mutta lujaa
- * hyvä lämmön eriste
- * hyvä sähkön eriste
- * helppo työstää
- * masiivisena palonkestävä
- * elää kosteuden mukaan
- * ympäristöystävällinen
- * ei ime ääntä – huono äänieriste
- * ääntä heijastavia pintoja – hyvä akustiikka
- * miellyttävä kosketuspinta
- * elävä ulkonäkö

SUOMALAINEN PUUTUOTE ON YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLINEN



Puu on uusiutuva luonnonvara.

Puuta on lähellä ja se on kevyttä, mikä säästää kuljetusenergiaa.



Puu maatuu takaisin luonnon kiertokulkuun.

Tuotteen voi uusikäyttää, kierrättää tai polttaa bioenergiana.

Puu parantaa sisäilman laatua.

Tuote pärjää hyvin elinkaarivertailussa.

Tuote kestää usein pitkään ja sitä voi korjata.

Puunjalostusteollisuus toimii energiatehokkaasti ja käyttää enimmäkseen puuperäistä energiaa.

Tuote ei lisää pitkällä aikavälillä ilman hiilidioksidia = hiilineutraali.

CO₂



helppo työstää ja muokata edelleen. Puu vanhenee arvokkaasti. Puun suosio rakentamisessa on aina perustunut sen monipuolisiin käyttömahdollisuuksiin.

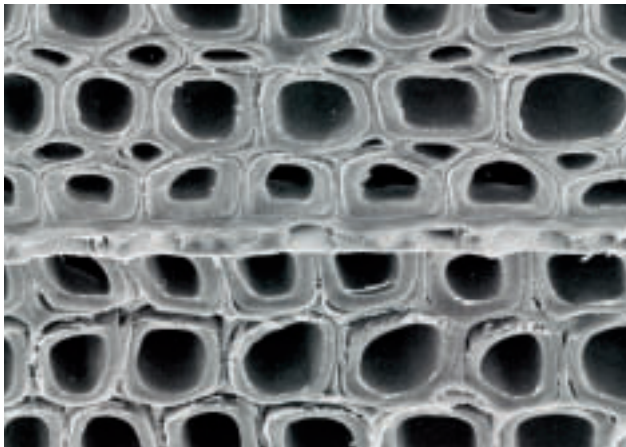


Puun lujin ainesosa on kiteinen selluloosa. Sen vetolujuus ylittää kaikkien muiden luonnon- ja teknisten kuitujen lujuuden.

Puu on lujaa ja kevyttä

Puun lujuusominaisuudet vaihtelevat paljon mm. puulajin, iän, kasvuolosuhteiden ja rungon osan mukaan. Tämä on haaste suunnittelijoille ja rakentajille. Rakennuksissa käytettävän puutavaran lujuusominaisuuksia ovat muuan muassa kimmoisuus (kestokyky ilman muodonmuutosta), puristus-, taivutus- ja vetolujuus sekä kulutuksenkestävyys. Myytävälle rakennus-sahatavaralle on olemassa määritellyt lujuusluokat.

Puuaineeskoostuu vierekkäisistä putkimaisista soluista. Tällainen putkimainen rakenne antaa puulle suuren lujuuden suhteessa sen painoon. Näin mitattuna puu on lujempaa kuin mikään muu raaka-aine. Lujuus lisääntyy puuta kuivattaessa. Kevyen rakenteen vuoksi myös puun kuljetuskustannukset ovat pienet.



Puun putkimaiset solut tekevät sen kevyeksi, mutta kestäväksi.

Puun tiheys vaikuttaa eniten sen lujuuteen. Puun tiheys tarkoittaa kuution kokoisen kappaleen painoa 15 % kosteustilassa. Tiheyden määrää sen sisältämien soluseinien paksuus. Raskaassa puussa on paksut soluseinät ja pienet soluontelot. Puu on silloin tiheää. Soluseinän paksuuden takia kesäpuu on tiheämpää ja kestävämpää kuin kevätpuu. Siten kesäpuun määrä puussa vaikuttaa huomattavasti puun kestävyysominaisuuksiin.

Yleensä Suomessa kasvavilla puulajeilla tiheys lisääntyy iän mukana. Puun tiheyteen vaikuttaa myös kasvunopeus. Hidaskasvuinen puu on yleensä tiheämpää, kuin nopeakasvuinen.



Oksaisuus vaikuttaa puun lujuuteen. Syysuunta muuttuu oksan kohdalla, mikä heikentää puun kestävyttä.

Puun lujuus vaihtelee eri suunnissa. Puu joutuu kasvunsa aikana oman painonsa lisäksi vastustamaan muun muassa tuulen ja lumen taivuttavia voimia. Puu kestääkin tavutusta pituussuunnassa eli syyn suunnassa 15 kertaa enemmän kuin poikkisuunnassa. Taitavat puusepät ovat oppineet valmistamaan tuotteensa niin, että puun syysunta on pitkittäin sellaisissa osissa, jotka joutuvat alttiiksi taivutukselle.

ERI PUULAJEILLA ON ERILAISIA OMINAISUUKSIA

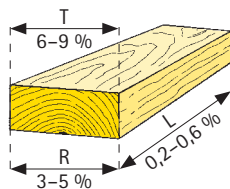
Puulaji	Tiheys kg/m ³	Kovuus	Taivutus- lujuus	Vetolujuus N/mm ²	Puristuslujuus N/mm ²		Kimmo- moduuli N/mm ²
					syiden suunta	syitä vastaan	
Tammi	690	kova	heikko	90	60	11	11 500
Koivu	600	keskiverto	keskiverto	80	40	11	16 200
Kuusi	440	erit. pehmeä	heikko	90	50	5,5	10 500
Haapa	490	erit. pehmeä	erit. heikko	60	40	–	10 500
Ebenholz		erit. kova	erit. hyvä	–	–	–	–

Puu elää kosteuden mukaan

Puu on hygroskooppinen eli vettä imevä aine. Puun kostuessa sen soluseiniin sitoutuu vettä ja ne turpoavat – kuivussa käy päinvastoin. Puutavara asettuu aina tasapainokosteuteen ympäristönsä kanssa. Tämä on puun **kosteuselämistä**. Kyllästämisellä ja lämpökäsittelyllä puun kosteuseläminen vähenee. Koska puumateriaalit tasaavat kosteuseroja huone-tilassa, on puun merkitys sisäilman laadussa ja energian käytössä arvaamattoman suuri. Yleisesti ottaen puun lujuusominaisuudet paranevat, kun kosteuspitoisuus pienenee.

Puu turpoaa ja kutistuu eri suuntiin eri tavoin. Puun pitkittäissuuntainen kosteuseläminen on vähäistä, mutta poikittainen kosteuseläminen voi olla voimakasta. Se on huomioitava rakenteita suunniteltaessa.

PUU KUTISTUU KUIVUESSAAN

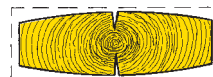


L = syyn suunta
T = vuosirenkaan tangentin suunta
R = vuosirenkaan säteen suunta

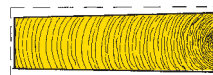
(Maksimikutistuminen puun kyllästymispisteen [30 %] ylittävästä arvosta nollaan.)



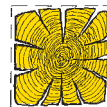
Sydänhalkaistu käyristyy



Ydinkeskeinen halkeilee keskeltä ja ohenee syrjistä



Sydänkeskeinen lauta kutistuu, mutta pitää muotonsa



Ydinkeskeinen parru halkeilee

Puu kutistuu kuivessaan eri suunnissa eri tavalla. Tämä on tärkeää tietää mm. sahatavaraa sahattaessa ja käytettäessä.



Äänen nopeus puussa syiden suunnassa on yli kymmenkertainen verrattuna äänen nopeuteen ilmassa (342 m/s). Esimerkiksi viulunrakennuksessa käytetyssä kuudessa äänen nopeus syiden suunnassa on 5 500 m/s ja poikkisuunnassa 400 m/s.

Puun akustiset ominaisuudet

Puupinta on huono imemään ääntä ja siten vaimentamaan sitä. Kuitenkin usean levykerroksen sisältämän puurakenteen ääneneristyskyky on hyvä. Tiivis puurakenne heijastaa ääntä (esim. kiinteää pintaa vasten asennettu vanerilevy heijastaa 90 % äänienergiasta) ja siitä voidaan helposti muodostaa ääntä

suuntaavia pintoja. Tätä ominaisuutta käytetään hyväksi soittimissa ja musiikkisaleissa. (katso soitinrakennus s. 69, arkkitehtuuri s. 77)

Puu eristää hyvin

Puu eristää hyvin lämpöä. Puu tuntuu miellyttävältä niin kuumassa kuin kylmässäkin. Puset lauteet saunassa eivät ole liian kuumat istua eikä paljas käsi jäädy kiinni puiseen oven kahvaan kovallakaan pakkasella. Puu on myös hyvä sähkön eriste.

Puu kestää palamista

Puu on palava materiaali, mutta myös erittäin hyvä palosuojaja. Yleensä puu syttyy +250–300 °C:ssa. Syttymisen jälkeen puu alkaa hiiltymään 0,8 mm minuutissa. Syntynyt hiilikerros suojaa puuta palotilanteessa ja hidastaa puun sisäosien lämpötilan nousua ja siten palon etenemistä. Tätä käytetään hyväksi kantavien rakenteiden mitoituksessa. Esimerkiksi palomääräysten vaatimus 30–60 minuutin palonkestoajasta saavutetaan 25–50 mm paksulla puutavaralla. Poikkileikkaukseltaan suuret puuosat kestävät siis kantavina melko kauan, vaikka ne palaisivat. Puupalkki säilyttää vielä kantavuutensa siinä lämmössä, missä saman kantavuuden teräspilari menettää muotoaan ja voi sortua.

Puu on ympäristömyönteinen

Puun suurin etu raaka-aineena on sen uusiutuvuus. Näin on harvan suurteollisuuden raaka-aineen kohdalla. Ympäristömyönteisyyttä lisää puutuotteen kestävyys. Puutuotetta voi usein korjata, huoltaa, muunnella tai uudelleen käyttää. Puuperäinen tuote palaa elinkaarensa lopuksi kiertoon. Paperituotteet voidaan kierrättää uusiopaperin raaka-aineeksi. Puun palaessa energialähteenä tai maatuessa aineet palaavat luonnon kiertokulkuun ympäristöä turmelematta.



Lahden Sibelius-taloo on kiitelty maailman yhdeksi parhaimmista konserttitaloista. Sen akustiikka on ainutlaatuinen. Akustisia rakenteita on tehty paljon puusta. Puuta on esiintymislavan päällä olevassa, kannessa sekä kaikkammiioihin aukeavissa 188 akustisessa ovelsa. Salin vanerinen, uritettu seinäpinta hajottaa heijastuvia ääniä. Akustiset ulkoseinäelementit muodostuvat kertopuulevyistä, joiden välissä on paksu kerros kuivattua hiekkaa sekä mineraalivillakerroksesta ja julkisivuvanerista, joilla mm. parannetaan korkeiden taajuuksien eristystä.

Sibelius-taloon käytettiin valtavasti suomalaista puutavaraa:

- liimapuurakenteet: 920 m³ kuusesta
- kertopuurakenteet: 700 m³ kuusesta
- vaneria: 290 m³ koivua ja kuusipuuta
- sahatavaraa: 700 m³ kuusta ja mäntyä
- paneelia: 1200 m² koivua, kuusta, tervaleppää
- parkettia: 2500 m² öljyntyä, lämpökäsiteltyä koivua
- tuohta: 30 m² koivun tuohta

Määrää voi verrata siihen, että yhteen puutavararekkaan mahtuu 47 m³ puuta.

ERI MATERIAALIEN OMINAISUUKSIA

	Puu	Teräs	Betoni	
Tiheys	500	8000	2400	kg/m ³
Vetolujuus	35	500	3	MPa
Puristuslujuus	32	500	30	MPa
Taivutuslujuus	45	500	5	MPa
Kimmokerroin	12	210	25	GPa
Lämmönjohtavuus	0,2	50,0	1,8	W/m °C
Ominaislämpö	1,4	0,5	0,9	kJ/kg °C
Vesihöyrynläpäisevyys	1,3	0,0	5,0	kg/m s Pa x 10 ⁻¹²
Kosteuslaajeneminen	24,0	0,0	0,3	x 10 ⁻⁶
Lämpölaajeneminen	5	12	10	1/ °C x 10 ⁻⁶



Yhden kuution runkopuu on sitonut kasvaessaan ilmasta noin 400 kg hiiltä – 200 kg runkoon ja 200 kg puun muihin osiin.

Yhdellä suomalaisella autolla ajetaan vuodessa keskimäärin 18 300 km. Tämä ajo tuottaa yli kolme tuhatta kiloa hiilidioksidia ilmaan eli hiiltä vajaan tonnin. Tämän hiilimäärän sitomiseen pois ilmasta tarvitaan keski-suomalaista kuivaa kangasmetsää 0,7 hehtaaria.

Kaikkien Suomen henkilöautojen vuosittaisen päästöjen sitomiseen tarvitaan keski-suomalaista kangasmetsää vajaa Kuopion kaupungin kokoinen alue (1729 km²).

Puu ilmastonmuutoksen hillitsijänä

Metsät hillitsevät ilmaston lämpenemistä. Lämpeneminen johtuu ns. kasvihuonekaasujen, etenkin hiilidioksidin, määrän lisääntymisestä ilmakehässä. Suurimmat hiilidioksidipäästöt syntyvät fossiilisten polttoaineiden palamisesta. Fossiiliset polttoaineet, hiili ja öljy, sisältävät muinaisiin kasveihin sitoutunutta hiiltä, joka vapautuu poltettaessa ilmakehään.

Myös puiden palaminen, lahoaminen ja hengittäminen vapauttavat hiilidioksidia ilmaan, mutta tämä saadaan takaisin, kun kasvit yhteyttäessään sitovat hiilidioksidia ja valmistavat rakennusaineita. Kaadetun puun tilalle tulee siis kasvattaa aina uusi puu.

Pohjoisten ja lauhkeiden vyöhykkeiden metsät sitovat tällä hetkellä huomattavasti enemmän hiiltä kuin vapauttavat eli ne ovat hiilinieluja. Trooppisten metsien hävittämisen arvioidaan aiheuttaneen kaksikymmentä prosenttia lisääntyneistä CO₂-päästöistä. Suomen metsien puuston ja maaperän hiilinielut sitovat ilmakehästä hiilidioksidia määrän, joka vastaa yli kolmannesta maamme hiilidioksidipäästöistä.

Elinkaarensa aikana metsikkö toimii vuoroin hiilinieluna ja -lähteenä. Hiilidioksidia sitoo eniten puiden kasvu. Siksi hoidetut, etenkin nuoret, talousmetsät ovat luonnontilaisia metsiä tehokkaampia hiilinieluja. Hakkuuaukko on hiililähde. Luonnontilaisissa vanhoissa metsissä on varastossa enemmän hiiltä kuin talousmetsissä, mutta se vapauttaa yhtä paljon hiilidioksidia kuin sitookin eli se ei toimi nieluna.



YK: ilmastopimuksen ja Kioton pöytäkirjan mukaisesti Suomen tulee raportoida kasvihuonekaasupäästöistään tietyjen kriteereiden mukaan, jotta maa esimerkiksi voi osallistua **päästökauppaan**.

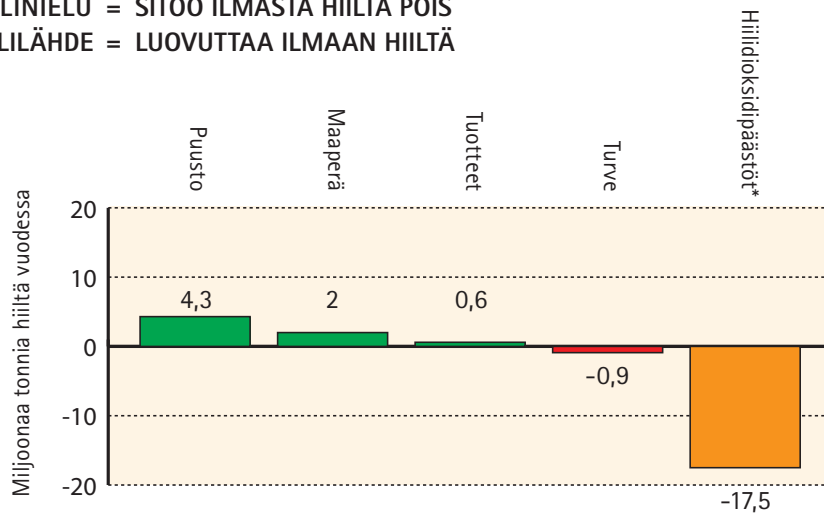
Metsien hiilipäästöjä selvitettyä tulee huomioida metsän kaikki hiilivarastot: puusto, karike, juuret, maaperä ja kuolleet puut sekä niissä tapahtuvat muutokset.

Metsän maaperän hiilinielu on alle puolet puuston hiilinielun verrattuna, mutta maaperän hiilivarasto on lähes kaksinkertainen puustoon verrattuna.

METSIEN ROOLI SUOMEN HIILITASESSA

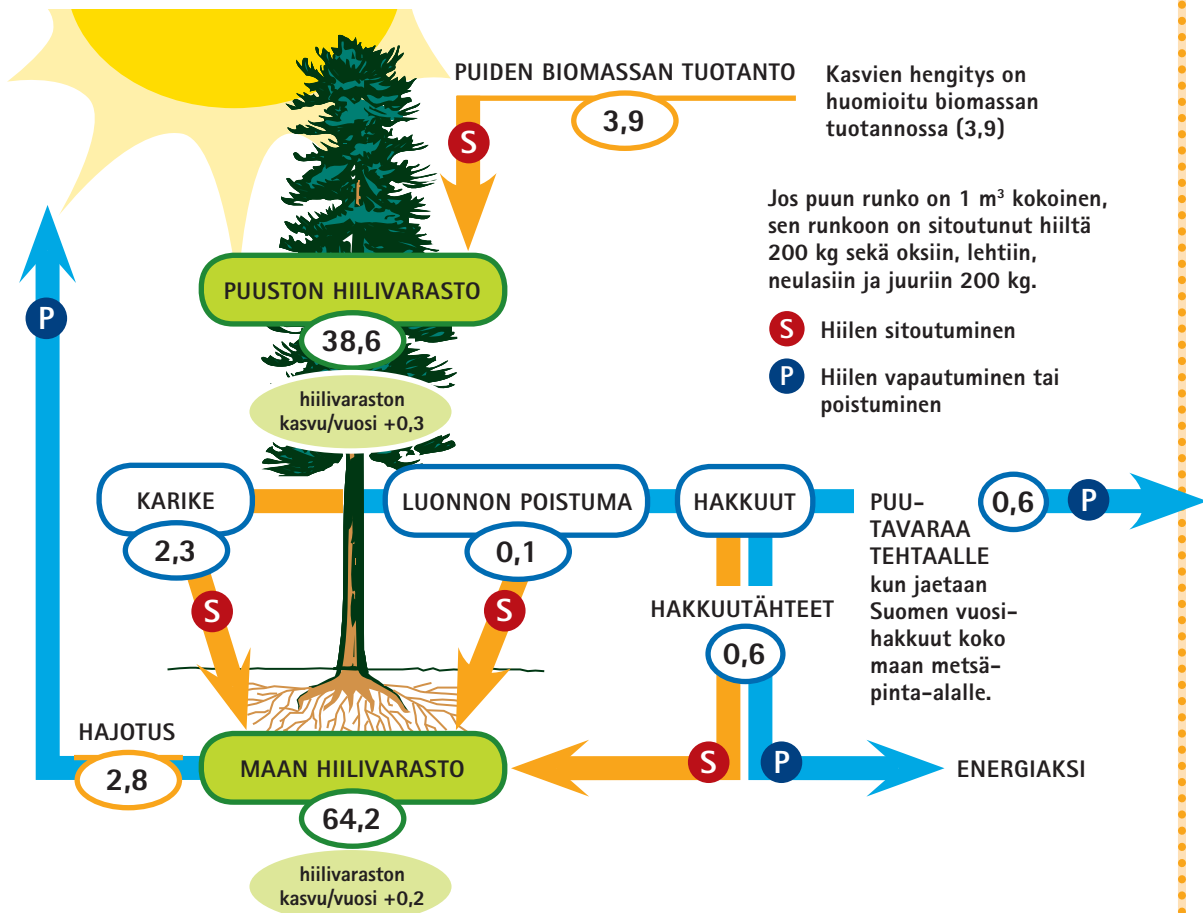
Metsä ja puutuotteet sitovat yli kolmasosan hiilidioksidipäästöistämme

- + HIILINIELU = SITOO ILMASTA HIILTÄ POIS
- HIILILÄHDE = LUOVUTTAA ILMAAN HIILTÄ



* Hiilidioksidipäästöt on tässä laskettu hiilenä: 3,7 tonnissa hiilidioksidia on yksi tonni hiiltä.

MITÄ TAPAHTUU HIILELLE VUODEN AIKANA KESKIMÄÄRÄISELLÄ SUOMALAISELLA METSÄHEHTAARILLA (luvut ovat hiilitonneja)



Talouismetsiä hyödynnettäessä voidaan puiden hiiltä siirtää varastoon puutuotteisiin. Esimerkiksi hyvin tehty puutalo pysyy pystyssä jopa vuosisatoja ja toimii siten pitkäikäisenä hiilivarastona. Puutuotteilla voidaan myös korvata kasvihuonekaasuvaikutuksiltaan haitallisempia tuotteita. Tällöin pitää pyrkiä tuotteisiin, joiden valmistus aiheuttaa mahdollisimman vähän kasvihuonepäästöjä, ja jotka eivät päädy kaatopaikalle aiheuttamaan metaanipäästöjä. Puun käytön lisääminen on siis keino hillitä ilmastonmuutosta.

Jos Suomessa kaksinkertaistettaisiin puun käyttö uusissa rakennuskohteissa, se merkitsisi sitä, että hiiltä sitoutuisi puurakenteisiin 370 000 tonnia enemmän vuodessa. Tämä vastaa lähes Tampereen kokoisen kaupungin päästöjä.

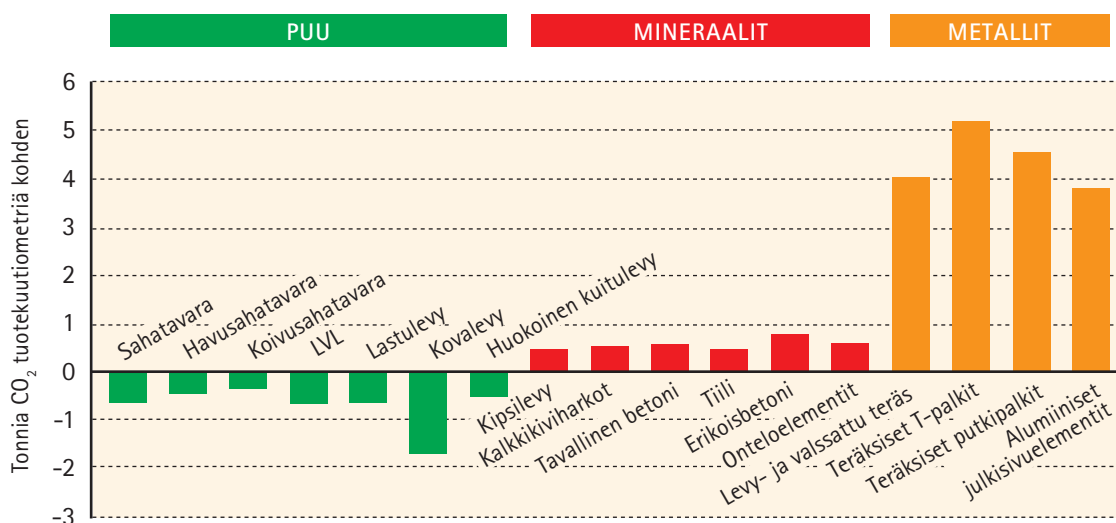
Puu jalostuu pienemmällä energialla

Puutuotteiden jalostamiseen ja puurakentamiseen tarvittava energia on vähäinen verrattuna muihin tavanomaisiin rakennusaineisiin, kuten betoniin, tiileen ja metalleihin. Metsäteollisuuden puuperäisten tuotteiden valmistuksessa käytetään paljon uusiutuvaa ja kotimaista bioenergiaa, joka saadaan samojen tuotteiden valmistuksen yhteydessä sivutuotteena. Metsäteollisuuden tehdaspolttoaineista yli 70 % on puuperäisiä, kivihiilen osuus on vain 1 %. Tällainen toiminta vähentää myös syntyvää jätettä.

Teräksisen rakennuspalkin valmistus ja asennus vie 3,5 kertaa enemmän energiaa ja alumiinisen palkin 15 kertaa enemmän energiaa kuin puisen palkin valmistus ja asennus. Metallien kierrätys vähentää niiden energian kulutusta.

Rakentamisessa ja puuperäisten tuotteiden valmistuksessa energiaa säästyy myös kuljetuskustannuksissa, koska puu on paikallista ja kevyttä.

ERÄIDEN RAKENNUSMATERIAALIEN KOKO ELINKAAREN AIKAISTEN CO₂-PÄÄSTÖJEN NETTOMÄÄRÄT
Sisältää hiilinieluvaikutuksen





3



Puun jalostaminen alkaa metsässä

Puun laatu on tärkeää. Sillä on suuri vaikutus puun jalostamismahdollisuuksiin ja tuotannon kannattavuuteen. Kasvuolosuhteet vaikuttavat kehittyvän puun laatuun. Siksi talousmetsissä on tietyt hoitokäytännöt, joilla edistetään muun muassa puuston järeytymistä, suoruutta ja vähäoksisuutta.

Suomessa puunkorjuussa käytetään tavaralajimenetelmää, missä puu katkotaan tehtaiden tilausten mukaiseen määrämittaan jo metsässä hakkuun yhteydessä. Näin eri puutavaralajit, esimerkiksi kuitu- ja tukkipuulaadut, lähtevät tienvarsivarastoista eri tehtaille ja sahoille raaka-aineeksi.

Puun korjuu- ja kuljetusketju on Suomessa ja muissa Pohjoismaissa poikkeuksellisen pitkälle koneellistettu ja sitä ohjataan satelliitti- ja tietotekniikan avulla reaaliajassa. Suomalaiset laadukkaat metsäkoneet ja puunkuljetuskalusto sekä koko logistiikkaketju ovat vientituotteitamme.

Millainen metsä sellainen puu

Koventuvilla globaaleilla markkinoilla puuraaka-aineen laadusta on tullut yhä tärkeämpi tekijä Suomen puunjalostukselle. Myös metsänomistajan saamat tulot määräytyvät yhä enemmän myytävän puun laadun mukaan. Jos halutaan saada hyvälaatuista puuraaka-ainetta riittäviä määriä, on Suomen metsiä hoidettava. Luonnontilaiseen metsään verrattuna talousmetsissä luonnon monimuotoisuus huononee. Siksi talousmetsille on laadittu hoito-ohjeet, joissa on otettu monimuotoisuuden kannalta tärkeät asiat esille.

Metsänomistaja saa itse päättää tavoitteet ja painotukset oman metsänsä hoidolle lain säätelemissä rajoissa. Hän voi painottaa luonnonhoitoa, monikäyttöä, puutuotantoa tai sitten jostaista näistä eri metsikkökuviossa. Metsälaki ei edellytä metsänhoitoa saatikka uudistamista. Kun metsiä hoidetaan **talousmetsinä**, niin kasvupaikalle pyritään saamaan kohtuullisessa ajassa tuottava, terve ja täystiheä metsä, joka tuottaa mahdollisimman arvokasta puuta. Puuston elinvoimaisuutta, tuottavuutta ja laatua lisätään tällöin metsänhoitotöillä.



Suomen metsät sijaitsevat boreaalisella eli pohjoisella havumetsävyöhykkeellä. Maaperä- ja ilmasto-olosuhteet kasvattavat täällä metsää hitaasti. Puusta tulee tällöin tiheäsyistä, pienioksaista, lujaa, kestävä ja kaunista – maailman parasta raaka-ainetta puutuoteteollisuuden vaa-tivaan käyttöön.

Kasvupaikka ratkaisee puulajin ja metsänhoidon

Vaikka lentokoneesta katsottuna metsäpeitteemme näyttää hyvin yhtenäiseltä, se on itse asiassa vaihteleva metsämosaiikki, josta löytyy karuja männiköitä, reheviä kuusikoita, vähäpuustoisia soita tai monimuotoisia sekametsiä.

Koska ilmasto, maaperä, pinnanmuodot ja kasvillisuus vaihtelevat eri metsäalueilla, muodostuvat kunkin paikan kasvuolosuhteet erilaisiksi. Pelkät lämpöolot vaihtelevat Suomessa niin paljon, että maa voidaan jakaa kuuteen erilaiseen **metsäkasvillisuusvyöhykkeeseen**. Lisäksi kivennäismailla erotellaan metsämaan viljavuuden ja vesitalouden perusteella kuusi **kasvupaikkatyyppiä**. Kasvupaikkatypit tarkentuvat maan eri osissa erilaisiksi **metsätyypeiksi**. Eri kasvupaikoilla on erilainen puuntuottokyky ja niillä menestyvät eri puulajit. Kestävä metsätalous perustuu kuitenkin kasvupaikalle soveltuvien puulajien kasvatukseen. Vaikka havumetsiin suositellaan jätettäväksi lehtipuita monimuotoisuuden turvaamiseksi ja ne siten kehittyvät sekametsiksi, tulee metsänkasvatuksessa aina määritellä pääpuulaji, jonka hyväksi hoito-toimenpiteet tehdään. Metsätyypit, puulajien kasvupaikkavaatimukset sekä metsikön kehitysvaihe, määrittelevät luonnolliset pelisäännöt metsänhoitotoimille.



Suosittelavat pääpuulajit eri kasvupaikoille:

Kuivahko ja karu kangas: mänty

Tuore kangas: mänty, kuusi tai rauduskoivu

Lehtomainen kangas: kuusi ja rauduskoivu, parhaimmilla lehdolla haapa ja jalot lehtipuut

Viljava turvemaa: kuusi tai hieskoivu

Karumpi turvemaa: mänty

Suomessa harjoitetaan **metsikkötaloutta** eli metsänhoito kohdistuu metsikkökuvioihin eikä esimerkiksi yksittäisiin puihin. **Metsikkökuvio** on metsätyypiltään, puustoltaan ja

kehitysvaiheeltaan yhtenäinen metsän osa ja erottuu näiden piirteiden perusteella naapurimetsiköstä. Metsiköitä rajattaessa otetaan huomioon maisema, monikäyttö ja arvokkaat elinympäristöt.

Metsänhoidon vaikutus puun laatuun

Metsänkasvatuksen tavoitteena on suoran, pitkän, oksattoman ja järeän puun tuottaminen päätehakkuvaiheeseen. Erityisesti pyritään lisäämään järeän oksattoman tyvitukin osuutta puussa. Laadun vaikutus lopputuotteen arvoon on suuri.

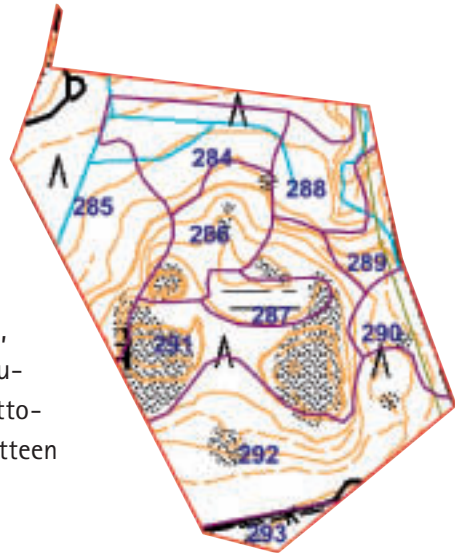
Kaikkien alla mainittujen metsänhoitotöiden ajoitus ja voimakkuus määräytyvät viimekädessä metsätyyppin ja puulajin mukaan ja siksi ne ovat tässä yleistäisiä. Kaikissa hoitotöissä pyritään edistämään myös metsän monimuotoisuutta ja havumetsiköissä suositaan aina luontaista lehtipuusekoitusta.

Metsänhoidon ensimmäinen tavoite on saada syntymään laadukas taimikko. Tämä luo edellytykset myöhemmälle kannattavalle metsänkasvatukselle. Hyvä taimikko varmistetaan valitsemalla kasvupaikalle sopiva uudistusmenetelmä. Alueelle sopiva maanmuokkaus vähentää pintakasvillisuuden kilpailua ja antaa taimille hyvän kasvualustan.

Taimikon varhaisoidossa pieniä, alle kaksimetrisiä taimia haittaava vesakko ja heinä poistetaan. Varsinainen taimikonhoito tehdään noin 3–7 -metrisessä taimikossa, kuusella aiemmin kuin männyllä. Taimikonhoidon avulla tavoitellaan hyvää kasvua ja runkojen hyvää laatua. Mäntytaimikoissa alkuvaiheen puuston suurella tiheydellä pyritään pitämään oksat ohuina ja tavoitellaan niiden mahdollisimman varhaista karsiutumista varjossa arvokkaan tyvitukin osalta. Suuren runkoluvun aiheuttama kilpailu edistää myös rungon suoruuksia ja puuaineen tiheyttä. Jos taimikko on tiheä liian pitkään yhteyttävä latvusto alkaa supistua, kasvu heikkenee ja rungosta tulee riukumainen. Taimikonhoidossa valitaan kasvatettavat yksilöt, jotka harvennetaan sellaiseen tiheyteen, jossa ne voivat järeytyä kuitupuun mittoihin.

Nuoren metsän pystykarsinnassa rungon tyviosan oksat poistetaan joko elävinä tai kuolleina 5–6 metrin korkeudelle, minkä seurauksena oksattoman puuaineen osuus lisääntyy ja päätehakkuussa saatavat tulot kasvavat. Pystykarsintaa tehdään lähinnä männyllä.

Harvennushakkuissa metsään jätetään elinvoimaisin ja taloudellisesti arvokkain puusto ja sieltä poistetaan kasvamaan jätettävien puiden kehitystä hidastavat, huonolaatuisemmat puut. Kaikista tärkein on ensiharvennus, jonka ajankohta on havupuilla 11–15 metrin (rauduskoivu 16 m) valtapuusvaiheessa kasvupaikasta ja maantieteellisestä sijainnista riippuen. Ensiharvennus pyritään tekemään ennen kuin elävän latvuksen osuus supistuu liian pieneksi, esimerkiksi männyllä 40 %:iin puun koko pituudesta. Harvennuksen seurauksena juuret ja oksisto kasvavat lisääntyneen tilan ja valon ansiosta. Tämä puolestaan ruokkii rungon paksuuskasvua.



Metsäsuunnitelmassa hoitosuosituksia esitetään metsikkökuvioittain.

Varttuneemman metsän harvennuksen tavoitteena on nimenomaan puun järeytyminen. Voimakkaampi kasvu puussa alkaa vuoden kahden viiveellä harvennuksesta ja kestää noin kymmenen vuotta. Harvennushakkuissa saadaan ennen kaikkea myyntikelpoista kuitupuuta, ensiharvennuksessa mahdollisesti myös energiapuuta ja myöhemmissä hakkuissa jonkin verran tukkia. Harvennushakkuut nopeuttavat päätehakkuutulojen saantia.

Metsä uudistetaan silloin, kun puuston uudistaminen on kasvattamista kannattavampaa. Arvokasvu pienenee puuston ikääntyessä ja sen perusteella on määritelty uudistuskypsyysläpimitat. Pääte- eli uudistushakkuu tuottaa ensisijaisesti tukkia. Laho laskee puun arvoa ja siksi metsikkö on syytä uudistaa ajoissa, jotta laho ei pääse tuhoamaan kasvatettuja arvopuita. Kuolleet puut, lahopuut, maapuut, pökkelöt ja säästöpuuryhmät säästetään hakkuussa ja korjuussa. Jos alueella ei ole lahopuuta, voidaan hakkuussa jättää kuolemassa olevia tai kuolleita puita korjaamatta. Tämä auttaa ylläpitämään talousmetsässä sitä lajistoa, joka tarvitsee elinpaikakseen lahopuuta.

Kehitys metsäteollisuudessa kulkee kohti monipuolisempia biojalostamoja, joissa puuta tullaan hyödyntämään nykyistä tarkemmin ja monipuolisemmin. Puun laadun merkitys kasvaa. Tarvitaan entistä tarkempaa tietoa puuraaka-aineen ominaisuuksista. Siksi jatkuvasti kehitetään laadukkaan puuaineksen kasvatusmenetelmiä ja puun korjuuketjuun parempia laadun mittauslaitteita.

Suomi kehittää tekniikkaa avuksi metsiin

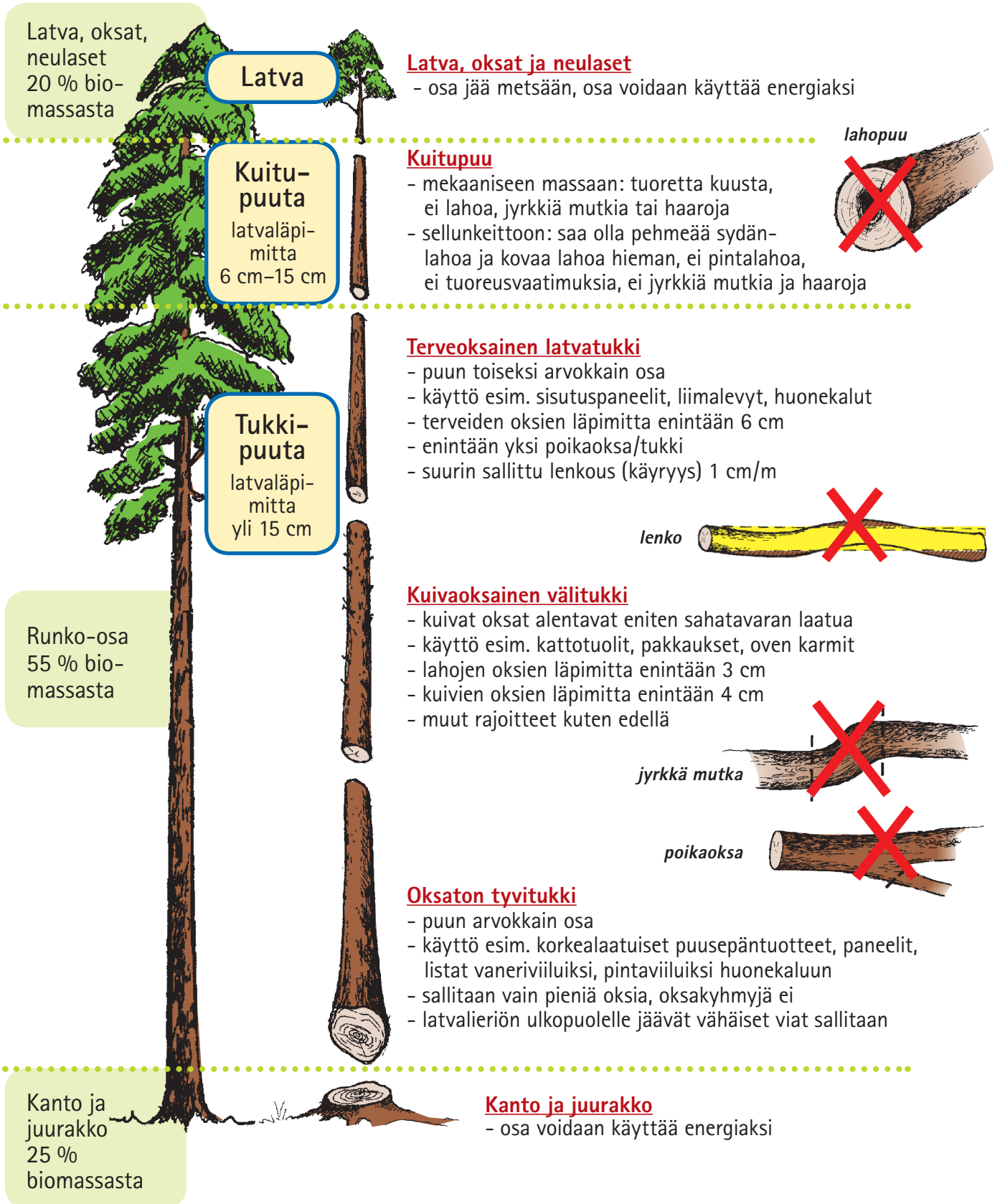
Tietyt tehtaan mitta- ja laatuvaatimukset täyttävää puuta kutsutaan puutavaralajiksi. Puun jalostaminen eri tehtaille sopivaksi puutavaralajeiksi alkaa Suomessa jo hakkuun yhteydessä. Meillä puunkorjuussa käytetään Pohjoismaissa kehitettyä **tavaralajimenetelmää**, jossa runko karsitaan ja katkotaan jo metsässä niihin mittoihin, joita tehdas tarvitsee valmistaakseen asiakkaitensa tarpeisiin sopivia tuotteita. Maailmanlaajuisesti **runkomenetelmä** on yleisempi. Tällöin puu kuljetetaan pois metsästä kokonaisuutena, karsittuna runkona.



Hakkuu- ja ajokone tekemässä ja kasaamassa tilauksen mukaisia puutavaralajeja.

Puun jalostaminen alkaa metsässä

Puun jalostamisen aloittaa hakkuukoneen kuljettaja tai metsuri. Oikea katkonta on ensimmäinen edellytys sille, että puu pystytään jalostamaan mahdollisimman arvokkaiksi tuotteiksi. Katkonnassa huomioidaan puun ostajan laatuvaatimukset ja lopullinen käyttötarkoitus.



Rungon katkaisukohtien määrittämistä metsässä kutsutaan **apteeraukseksi** ja sen perusteella yhdestä puusta voidaan saada jopa 5–9 eri tavaralajia, esimerkiksi oksaton tyvitukki, kuiva-oksainen välitukki, terveoksainen latvatukki ja kuitupuu. Jokaisella tavaralajilla on omat pituusläpimitta- ja laatuvaatimukset. Näin yhdellä suurikokoisella rungolla voi olla tuhansia teoreettisia katkontavaihtoehtoja. Rungon katkaisukohdilla on suuri merkitys puutavaran jalostusarvolle. Esimerkiksi männyllä oksattoman tyvitukin arvo voi olla kaksinkertainen oksaisempaan välitukkiin verrattuna. Jotta paras mahdollinen ratkaisu löytyy, on hakkukoneissa apteeraustietokone selvittämässä vaihtoehtot.

Yksi hakkuu tuottaa useita puutavaralajeja. Näitä hyödyntävät tehtaat sijaitsevat eri paikoissa, joten puuta lähtee yhdeltä hakkuulta useampaan suuntaan. Katkomalla puu metsässä tavaralajeiksi pystytään jokaiselle tehtaalle ohjaamaan sopivin puuraaka-aine. Tukit ohjataan laatunsa perusteella mekaanisen puuteollisuuden eri prosesseihin ja kuitupuu massa- ja paperiteollisuuteen. Hakkuutähteet ja kannot joko jätetään metsään tai jalostetaan bioenergiaksi.



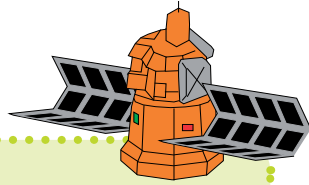
Lähes kaikkialla maailmassa teollisessa hakkutoiminnassa puut kaadetaan moottorisahalla. Puiden kuljetus puolestaan tapahtuu kehittyneissä maissa koneellisesti ja kehittymättömämmissä usein eläinten avulla kuten kamelin, hevosen ja muulin avulla. Keski-Aasiassa käytetään yleisesti norsua puunkorjuussa. Norsun koulutus tähän tehtävään kestää jopa 20 vuotta.

Suomessa korjuu on täysin koneellista. Hakkuista 5 % tehdään metsurivoimin ja 95 % metsäkoneilla, Kuljetus tapahtuu metsätraktorilla. Iso-Britannia ja Ruotsi pääsevät koneellistamisessa samalle tasolle. Ranskassa ja Saksassa 40 ja Italiassa alle kymmenen prosenttia hakkuista on koneellistettu



Metsikön puulajien lukumäärä vaikuttaa suuresti korjuun kannattavuuteen. Suomessa on tässä suhteessa kannattavat olosuhteet. Metsiemme puuston muodostaa valtaosin kolme pääpuulajiamme kuusi, mänty ja koivu, jotka ovat myös eniten hyödynnetyt puulajimme. Korjuun kannalta kustannustehokkaampaa on vain puuviljelmillä, jossa viljellään yhtä puulajia esim. eukalyptusta. Tropiikin sademetsissä yhden hehtaarin alueelta saattaa löytyä 100 eri puulajia, joista vain muutamalle löytyy jalostuskäyttöä.

Puun hankintaa ohjataan satelliitti- ja tietotekniikan avulla



PUUKAUPPA

1. Ostetun leimikon tiedot:
Puunmyyjä
Puumäärä
Puutavaralaji
Korjuuajankohta
Leimikkokartta
Suojeltavat kohteet



Metsänomistaja

ASIAKKAAT



1. Tilaus

METSÄTYÖMAA

Hakkuukone



2. Työmaakartta, sekä katkonta- ja työohjeet hakkuukoneen päätteelle



- 3.-5. Hakattu puumäärä



6. Tieto puun tienvarsi-varastosta

Ajokone

KULJETUS



7. Rekan päätteelle päiväohjelma, kuljetettavat puut ja optimaalinen ajoreitti



YRITYS



PUUNHANKINTAOSASTO

Reaaliaikainen tieto puun tarpeesta ja puuvaraston koosta

TEHDAS



8. Tehtaan portille saapunut puumäärä

9. Tuotannon-suunnittelu tilausten perusteella



PUUN KULKUA OHJATAAN TIETO- JA SATELLIITTITEKNIIKAN AVULLA – SUOMI ON EDELLÄKÄVIJÄ MAAILMASSA

1. Yrityksen puunhankintaosasto saa tietokoneelle tiedot eri tehtaiden tilausten mukaisesta puutarpeesta sekä metsänomistajilta ostetuista leimikoista. Näiden avulla se tekee korjuuohjelman. Ohjelma sisältää mm. hakkuukonekohtaiset työmaat, aikataulut, hakkuujärjestyksen sekä tarvittavien tehtaiden mitta- ja laatuvaatimukset.
2. Tehtaan puunhankinta lähettää hakattavan alueen korjuuohjeet ja kartat hakkuukoneen tietokoneelle langattomana tiedonsiirtona.
3. Koneen kuljettaja saa kartan ja ohjeet tietokoneen näytölle. GPS kertoo kartalla koneen reaaliaikaisen sijainnin metsässä, myös yöllä ja sen avulla on paikannettu mm. hakkuualueen rajat sekä tärkeiden elinympäristöjen sijainti kartalle.
4. Hakkuukoneessa katkottaa ohjaa kouran mittausautomaatiikka, jonka perusteella tietokone ehdottaa optimaalisen katkaisukohtan puun pituuden ja läpimitan mukaan. Yhden rungon valmistamiseen menee aikaa koosta riippuen 20–60 sekuntia. Hakkuukouraan kehitetään myös puun laatua mittaavia laitteita.
5. Eri puutavaralajit lajitellaan metsässä huolellisesti eri kasoihin. Hakkuun jälkeen hakkuukone lähettää tietokoneelleen tallentuneet tiedot hakatusta puumäärästä puunhankintaosaston tietojärjestelmään.
6. Kun ajokone on kuljettanut puut tienvarteen, myös se kuittaa työn tehdyksi. Tienvarsi-tietokantaa päivitetään jatkuvasti.
7. Puutavararekkojen tietokoneelle lähetetään rekan kuljetusmääräys, josta selviää puuvastojen sijainti, puumäärät, optimaalinen ajoreitti ja tehtaalle saapumisaika. Satelliittipaikannus ohjaa rekan, myös yöllä, suorinta tietä puupinoille ja tehtaalle, joka tarvitsee juuri kyseistä puutavaraa.
8. Tehtaalla puutavara mitataan ja tulokset tallentuvat tietokoneeseen, joka pitää yllä tietokantaa saapuvasta raaka-aineesta. Puun alkuperä, mm. kenen metsästä puu on lähtöisin, selviää rekan kuljetusmääräyksestä.
9. Tietokannan avulla tuotantosuunnittelu yhdistää tehtaan raaka-aineen ja tilausrekisteritiedot, jotta esimerkiksi eri läpimittaluokkiin kuuluvista tukeista voidaan sahata tilauksia vastaavia tuotteita.



Suurin osa eli 80 prosenttia puusta kuljetetaan maanteillä, loput junalla ja vesiteitse.

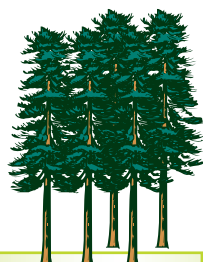
Autokuljetuksen vahvuus on joustavuus ja nopeus – muut kuljetusmuodot ovat edullisia pitkillä matkoilla. Suurin osa puutavararekoista on 7-akselisia täysperävaunuyhdistelmiä. Ne ovat 22 metriä pitkiä, 2,60 leveitä ja 4,20 korkeita.

- *Rekkaan mahtuu noin 47 kiintokuutiometrin puukuorma.*
- *Yksi puutavarajuna kuljettaa 18–30 rekan puut kerralla.*
- *Yksi uittolautta kuljettaa 400 rekan puut kerralla.*

Suomen vuotuinen puuvirta milj. m³

Kaaviossa vain runkopuu on huomioitu, ei esim. kantoja ja oksia, joita myös käytetään energiaksi.

Metsissä on puuta 2206 milj.m³



Sienet hajottavat kaatuneen puun.

Puusto-
pääoman
kasvu 29

Vuotuinen kasvu 99

Kokonaispoistuma 70

Hakkuutähde ja luonnonpoistuma 6

Metsähake 4

Hakkuut 59

Raakapuun ja hakkeen vienti 1

Nuorenmetsän harvennushakkusta saatua energiapuuta

Polttopuu 7

Teollisuuden raakapuu 66

Raakapuu 15

TUONTI

Hake ja puru 4

**Puutuote-
teollisuus**

**Massa-
ja paperi-
teollisuus**

Sahanpurua ja haketta 10

Kierrätys-
kuitu
724 000 t.



Keräyspaperipaaleja



4

Metsäteollisuus jalostaa puusta tuotteita

Suomen metsäteollisuus on merkittävä niin Suomen kuin koko maailman mittakaavassa. Suomalaisia metsäalan yrityksiä on maailman suurimpien joukossa. Yritysten tuotteista suuri osa menee vientiin – Suomessa valmistetaan paperituotteita 100 miljoonalle ja puutuotteita 50 miljoonalle ihmiselle.

Metsäteollisuus jakautuu kahteen alaan: kemialliseen metsäteollisuuteen ja puutuoteteollisuuteen.

Suomalainen metsäteollisuus on edelläkävijä oman alansa ympäristöasioissa. Tämä näkyy niin jätevesien, ilmansaasteiden kuin jätemäärien selvänä vähenemisenä viime vuosikymmenten aikana.

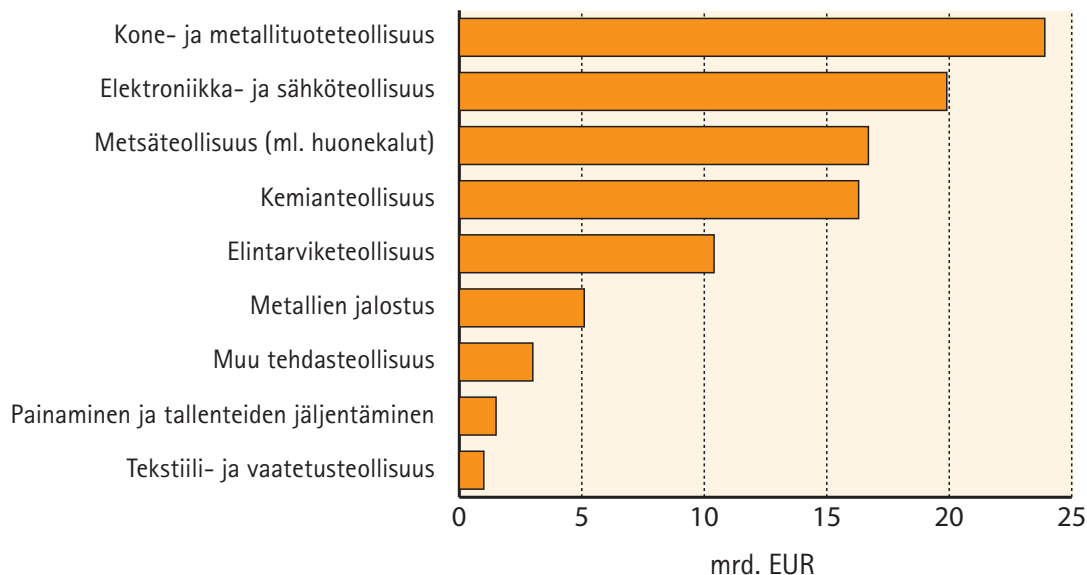
Metsäteollisuus on suuri energian kuluttaja, mutta sivutuotteidensa avulla myös Suomen suurin bioenergian tuottaja. Metsäteollisuuden käyttämästä energiasta on 70 % puuperäistä.

Suomen metsäteollisuuden tulevaisuus perustuu vahvaan osaamiseen ja erikoistumiseen ja sitä kautta tuotteiden jalostusarvon nostoon. Yhteistyökumppaneiksi on tullut uusia aloja kuten nano-, informaatio- ja biotekniikka, joiden avulla luodaan uusia puuperäisiä tuotteita.

Suuri Suomessa ja maailmalla

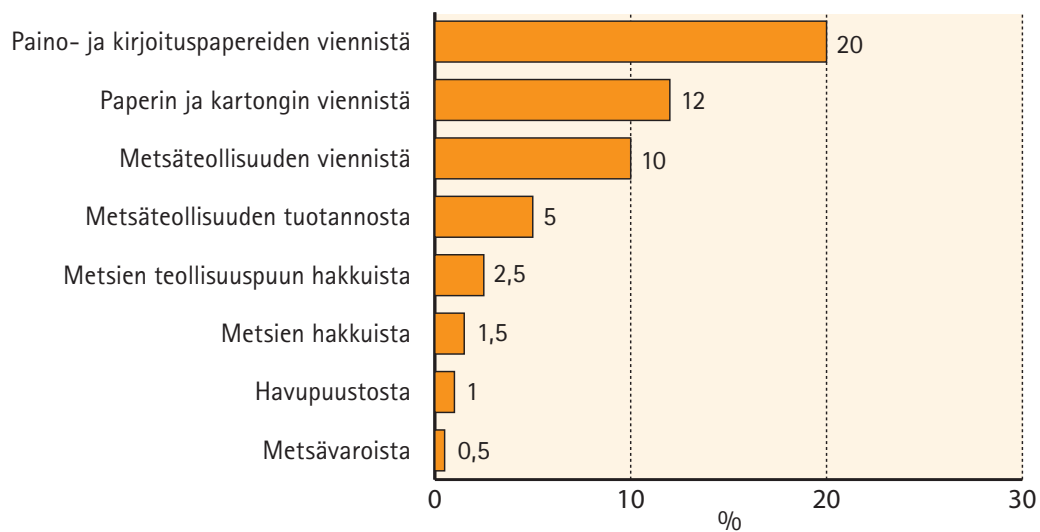
TUOTANNON BRUTTOARVO SUOMEN TEOLLISUUDESSA 2009

Tuotteen raaka-aineiden kotimaisuus nostaa metsäteollisuuden merkitystä Suomelle vielä lisää



SUOMI ON MAAILMAN SUURIMPIA PUUJALOSTEIDEN VIEJIÄ

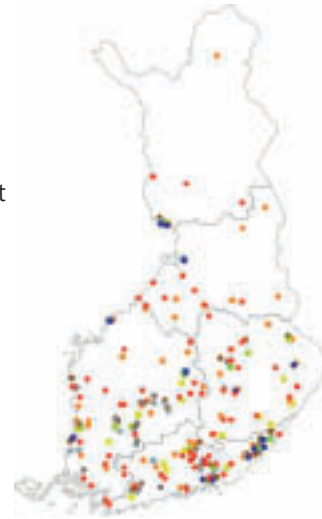
Suomen osuus maailman metsäsektorissa 2007



PUUNJALOSTAMINEN VAIKUTTAA MONELLA PAIKKAKUNNALLA 2008

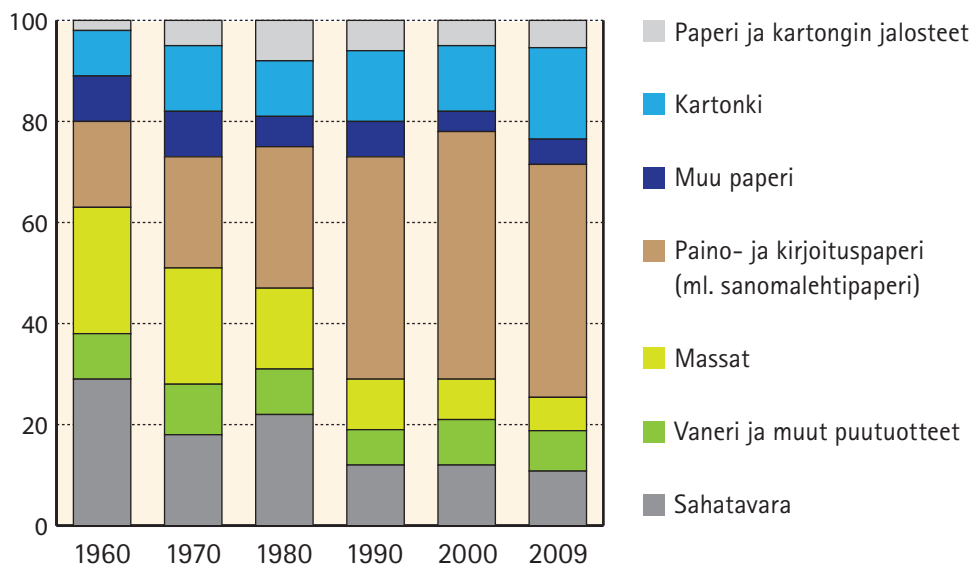
- Paperitehtaat
- Kartonkitehtaat
- Sellutehtaat
- Mekaanisten massojen ja puoliselun valmistajat
- Paperin ja kartongin jalostetehtaat
- Vaneri-, lastu- ja kuitulevytehtaat
- Sahat
- Puusepänteollisuus

* listasta puuttuu pienet sahat ja monia pienempiä aloja



VIENTIIN MENEE MONENLAISIA TUOTTEITA

Tuoteryhmien osuudet (%) koko metsäteollisuuden viennin arvosta



Metsäteollisuutemme on kansainvälistä huippua

Suuri Suomessa ja maailmalla

Viime vuosikymmenten aikana suomalaiset metsäteollisuusyritykset ovat kasvaneet maailman suurimmiksi. Niiden liikevaihdosta vain noin kymmenen prosenttia syntyy Suomessa. Yritysten asiakkaista 90 prosenttia on ulkomailla. Suomessa valmistetaan paperituotteita 100 miljoonalle ja puutuotteita 50 miljoonalle ihmiselle.

Suomen sahateollisuus alkoi kehittyä voimakkaasti 1800-luvun puolivälissä, jolloin vesisahoista siirryttiin höyrysafojen kauteen. 1860-luvulla maahamme perustettiin ensimmäiset puuhiomot ja paperitehtaat. 1920-luvulle tultaessa Suomeen oli syntynyt voimakas ja monipuolinen puunjalostusteollisuus. Koko sodanjälkeisen ajan metsäteollisuutemme tuotanto on lisääntynyt. Nopeimmin on kasvanut paperin ja kartongin tuotanto, jota on

nyt kuusitoista kertaa enemmän kuin 1950-luvulla. Suomen metsäteollisuuden laajuutta kuvaa se, että Suomessa on vain puoli prosenttia maailman metsävaroista, mutta silti Suomi on maailman kymmenen suurimman joukossa paperin ja kartongin sekä havusahatavaran tuottajana. Nyt joka kymmenes suomalainen saa elantonsa metsäsektorin avulla.

Vain pieni osa tehtaittemme lopputuotteista jää kotimaamme kulutukseen. Olemme yksi maailman suurista metsätuotteiden viejämaista. Paperi- ja kartonkituotteista sekä vanereista viedään

noin 90 % ulkomaille ja sahatavarasta noin 60 %. Metsäteollisuuden viennin arvo on noin viidenneksen koko Suomen viennin arvosta. Suurin vientialue on Eurooppa.

Metsäteollisuuden alat

Metsäteollisuus jaetaan puutuoteteollisuuteen sekä massa- ja paperiteollisuuteen. Puutuoteteollisuutta kutsutaan myös mekaaniseksi metsäteollisuudeksi ja massa- ja paperiteollisuutta kutsutaan kemialliseksi metsäteollisuudeksi.

Puutuoteteollisuus valmistaa sahatavaraa, puulevyjä sekä näiden jatkojalosteita, kuten puutaloja, ovia ja huonekaluja. Massa- ja paperiteollisuus valmistaa sellua ja mekaanista massaa ja niistä edelleen paperia ja kartonkia.

Nämä kaksi teollisuuden alaa ovat myös vahvasti kytkeytyneitä toisiinsa ja muodostavat metsäklusterin ytimen yhdessä metsätalouden kanssa. Esimerkki yhteistyöstä on sahoilla ja massan valmistuksessa syntyvien sivutuotteiden, muun muassa hakkeen, purun ja mustalipeän, käyttö raaka-aineeksi ja energiaksi niin omassa tehtaassa kuin muissa läheisissä puunjalostustehtaissa. Tällainen yhteistyö takaa, että puuraaka-aine hyödynnetään tarkasti. Tulevissa biojalostamoissa yhteistyö tulee vielä tiivistymään. (biojalostamo s. 37)



Suomessa on yli kaksi sataa metsäteollisuuden vientiyritystä ja päälle tuhansiin nouseva määrä pienempiä saha- ja puusepän-teollisuuden yrityksiä ympäri maata.

Paperi- ja kartonkitehtaita sekä massanvalmistustehtaita on molempia yli kolmekymmentä kappaletta ja isoja sahoja sekä puulevytehtaita on yhteensä lähes kaksi sataa.

Ympäristöasioiden edelläkävijä

Suomi on metsäteollisuuden tutkimuksen ja kehityksen kärkimaa. Suuri osa kehitystyöstä ja tehdyistä investoinneista ovat vähentäneet tehtaiden ympäristövaikutuksia sekä energian ja raaka-aineen kulutusta. Pyrkimyksenä on saada vähemmästä enemmän. Ympäristöosaamisesta on tullut myös metsäklusterin ventiala.

Samalla, kun kemiallisen metsäteollisuuden tuotanto on kasvanut, on sen kuormitus vesistöön pudonnut murto-osaan. Sellun ja paperinvalmistuksen jätevedet sisältävät orgaanisia yhdisteitä, jotka kuluttavat vesistöissä happea. Nämä yhdisteet poistetaan jätevesistä metsäteollisuuden käytössä olevilla biologisilla jätevedenpuhdistamoilla 60–80 prosenttisesti. Puutuoteteollisuus käyttää

i
Sanomalehtipaperin valmistuksessa tonnia kohti käytettävä vesimäärä on laskenut 100–150 kuutiosta 7–15 kuutioon. Lisäksi samaa vettä voidaan kierrättää paperitehtaan prosessissa uudestaan puhdistettuna esimerkiksi 18 kertaa ennen jätevedeksi joutumista

i
Vaikka tuotanto on kasvanut 60 % viimeisten 15 vuoden aikana, metsäteollisuuden päästöt ovat vähentyneet paljon tuotettu tonnia kohti.

Jäteveden kemiallinen hapenkulutus on laskenut 65 %
biologinen hapenkulutus on laskenut 85 %
kiintoaineet ja fosfori 75 %
typpi 50 %

Ilmaan pääsevät aineet ovat vähentyneet:
rikki 80 %
hiukkaset 80 %
fossiilinen CO₂ 40 %
typpioksidit 30 %

Kaatopaikkajätteen määrä on vähentynyt 85 %.

vain vähän tai ei lainkaan vettä tuotannossaan. Myös ilmaan joutuvat rikki- ja hiukkaspäästöt ovat vähentyneet huomattavasti. Nykyisin rikkikaasut kerätään talteen ja hyödynnetään uudelleen. Energiantuotannosta syntyviä typenoksidien määrää vähennetään mm. energiankäyttöä tehostamalla.

Nykyisin sivutuotteet, ns. jätteet, ovat metsäteollisuudessa arvokasta raaka-ainetta. Näin metsäteollisuuden kaatopaikkajätteen määrä on saatu laskemaan,

■ MASSA- JA PAPERITEOLLISUUDEN ERI JÄTEJAKEIDEN HYÖTYKÄYTTÖASTEET 2008

Jätejakeet	Hyötykäyttöaste
Soodasakka	14 %
Tuhat	63 %
Meesa, kalkkihiekka	50 %
Kuitu- ja pastalietteet	89 %
Keräyspaperi, -pahvi ja -kartonki	100 %
Jätevedenpuhdistamon lietteet	97 %
Siistausjätteet	95 %
Muut jätteet yhteensä	85 %

Biohajoavia jätteitä ei viellä kaatopaikalle

Kemillisessä metsäteollisuudessa biohajoavat jätteet hyödynnetään suurelta osin. Tuhka, meesa ja soodasakka päätyvät usein vielä kaatopaikalle. Puutuoteteollisuus pystyy hyödyntämään käyttämänsä puuraaka-aineen täysin ja muuta jätettä tulee hyvin vähän.

vaikka tuotanto on kasvanut puolella. Hyötykäyttöprosentti on metsäteollisuudessa paljon korkeampi kuin koko Suomen jätteiden osalta (40 prosenttia vuonna 2006). Lähes kaikki puuperäiset sivutuotteet ja biohajoava jäte hyödynnetään. Kaatopaikalle päätyy lähinnä massa- ja paperiteollisuuden tuhkaa sekä sellunkeiton soodasakkaa. Tuhkastakin hyödynnetään merkittävä osa.

Energiaa kulutetaan ja tuotetaan

Metsäteollisuus tarvitsee paljon energiaa. Se esimerkiksi kuluttaa noin kolmasosan Suomen sähköstä. Metsäteollisuus on kuitenkin myös merkittävä energian tuottaja: metsäteollisuus tuottaa suurimman osan Suomen bioenergiasta. Se on bioenergian suurin tuottaja, suurempi kuin esimerkiksi vesivoimalaitokset. Se myös käyttää bioenergiaa eniten – metsäteollisuuden energiasta yli 70 % on puuperäistä. Sähköstään se tuottaa kolmasosan omilla puuperäisillä jätteillään ja lisäksi tuotetaan lämpöä ja prosessihöyryä. Polttoaineista suurin osa on sellun tuotannon sivutuotetta mustalipeää ja puun kuorta.

Vaikka koko metsäteollisuus ei ole omavarainen energian suhteen, yksittäinen tehdas voi olla jopa yliomavarainen ja myydä energiaa muualle. (katso s. 114) Energiaa yli oman tarpeen tuottavat sahateollisuus ja sellun valmistus. Eniten sähköä kuluu mekaanisen massan ja paperin valmistukseen. Paperitehdas kuluttaa energiaa eniten veden haihduttamiseen paperin valmistusprosessissa. Osa siinänsä hyvistä innovaatioista paperinteossa ovat lisänneet energian käyttöä: biologiset jätevedenpuhdistamot ja siirtyminen happi-
valkaisuun ovat nostaneet sähkönkulutusta.

Kiotoon ilmastosopimus vaatii vähentämään hiilidioksidipäästöt 1990-vuoden tasolle. Suomalainen metsäteollisuus on saavuttanut tavoitteen. Vaikka metsäteollisuus käyttää kolmanneksen Suomen sähköstä, hiilidioksidipäästöistä laitosten osuus on alle 10 prosenttia.

Sivutuotteesta energiaa

Sellun valmistuksessa 45 % puukuidusta jää sivutuotteena energiaksi.

Mekaanisen massan valmistuksessa vain puun kuori jää energiaksi.

Sahoilta puun kuori ja 1/3 purusta ohjautuu energiaksi

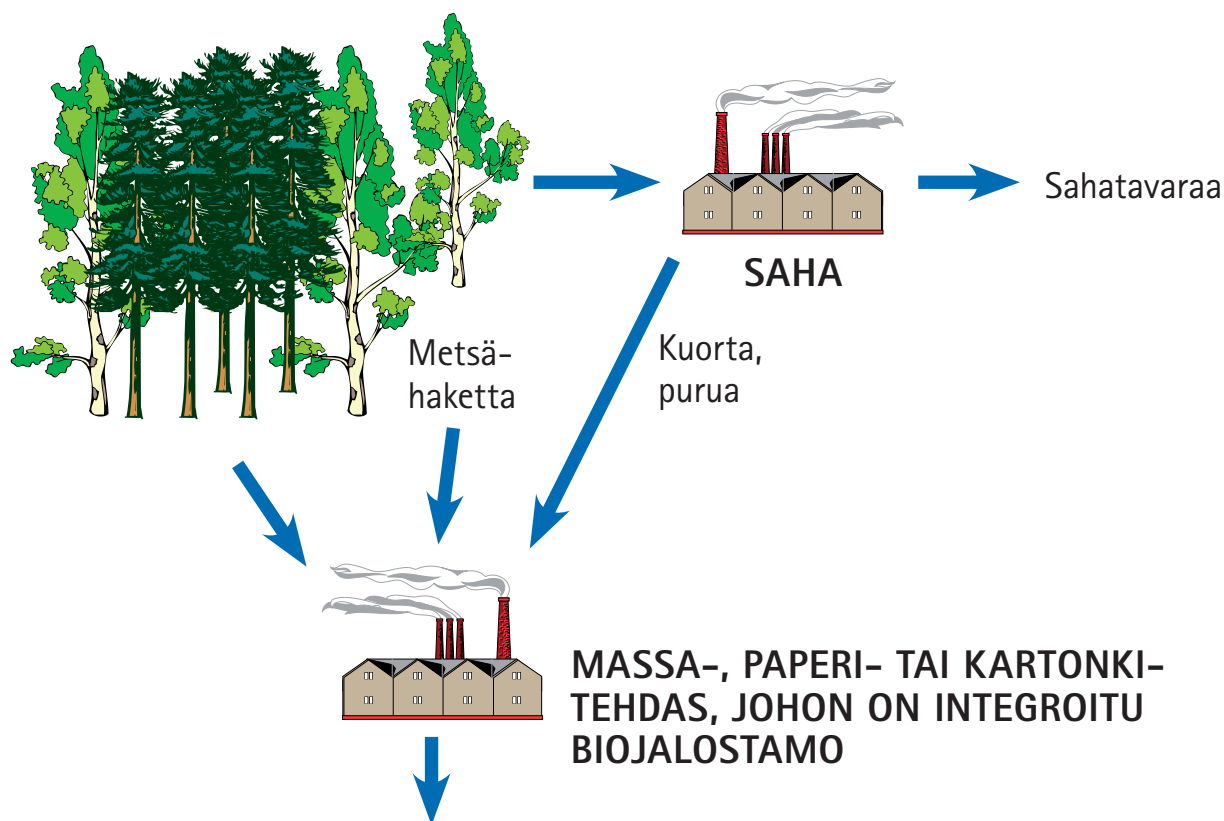
Tulevaisuus pitää tehdä

Menestyminen ei ole itsestäänselvyys, sen eteen on tehtävä töitä. Metsäteollisuus on murroksessa, jossa menestyminen vaatii tuotteiden jalostusarvon selkeää nostamista ja uusia kilpailukykyisiä tuotteita nykyisten rinnalle. Ilmastonmuutos ja raaka-aineiden rajallisuuden havahtuminen ovat kuitenkin suuri mahdollisuus uusiutuviin metsävaroihin perustavalle teollisuudellemme.

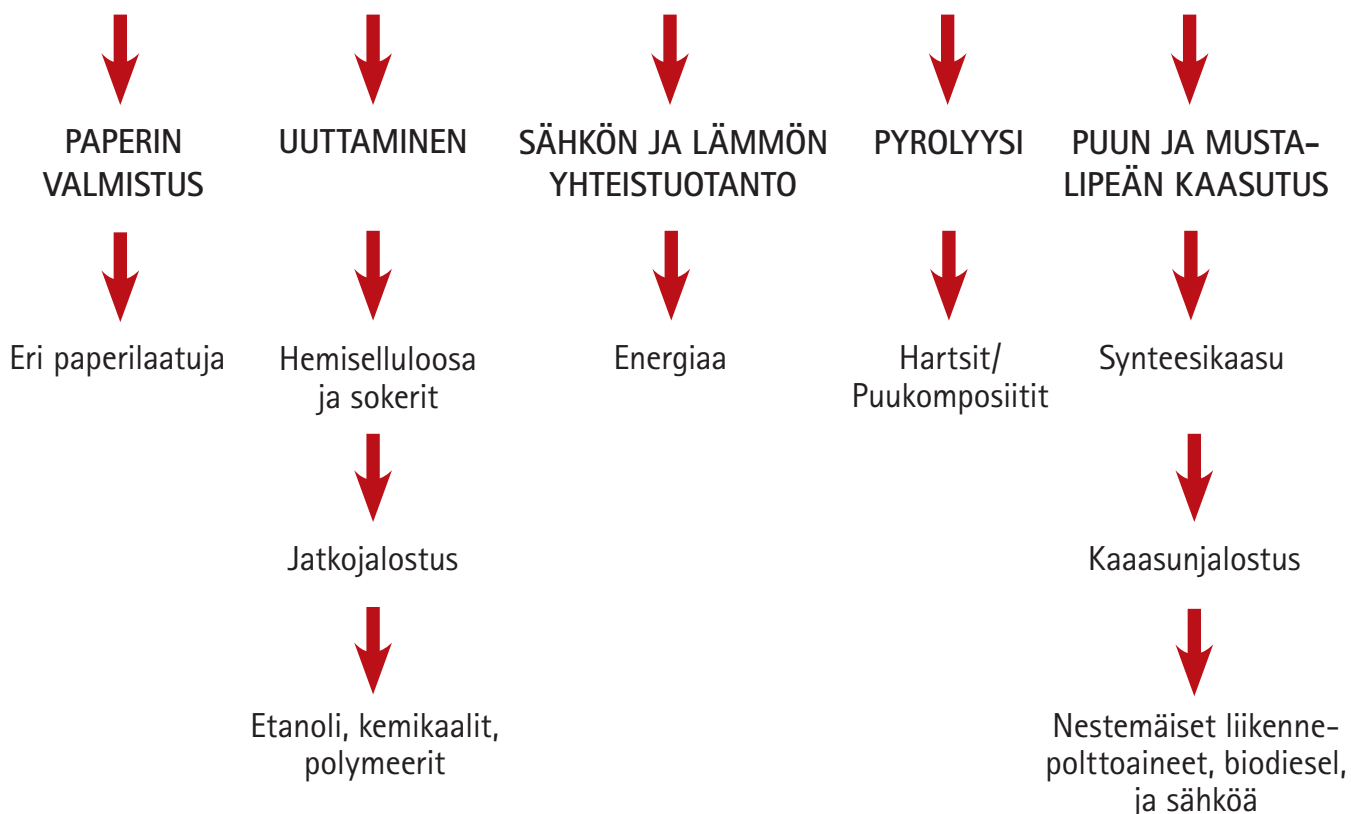
Jämsässä Himoksen hiihtokeskuksen alueelle on rakennettu ja muotoiltu rinteitä sadoilla tuhansilla kuutioilla metsäteollisuuden sivutuotteita eli kuitusavella ja tuhalla, jotka ovat peräisin läheisiltä puunjalostustehtailta. Rinnettä on korotettu sivutuotteilla jopa 17 metriä. Lisäksi kuitusavea ja tuhkaa käytetään alueella tiestön tekemisessä sekä latupohjissa. Golfkentän laajennuksessa käytetään myös näitä sivutuotteita. Muilla paikkakunnilla tuhkaa on käytetty lisäksi saastuneiden maiden stabilointiin, metsän lannoitukseen, maabetonin tekoon sekä uusien kaatopaikkojen pohjiin ja vanhojen kapselointiin. Käyttö vaatii ympäristöluvan.

Tulevaisuuden metsäbiojalostamo?

Metsäbiojalostamo (Forest Biorefineries) tarkoittaa tuotantolaitosta, jossa puupohjaisista sivutuotteista ja jätteistä valmistetaan energiaa, kemikaaleja ja muita tuotteita. Näin pyritään korvaamaan fossiilisia raaka-aineita.



ERI TUOTANTOPROSESSIT TUOTTAVAT ERI LOPPUTUOTTEITA



Suomen metsäteollisuuden tulevaisuus perustuu niin nyt kuin jatkossakin pitkälle vietyyn osaamiseen koulutetun henkilökunnan avulla. Tuotantoa ei voi enää kasvattaa maamme raaka-aineiden rajallisuuden takia, on siis lisättävä raaka-aineen tehokkaampaa käyttöä sekä erikoistumista. Näin nostetaan tuotteen arvoa – kun tuotantokustannukset ovat kilpailijoita korkeammat, on tuotteestakin saatava parempi hinta. Jatkuva tutkimus- ja kehitystyö on entistä tärkeämpää.

Puuraaka-ainetta on hyödynnettävä tehokkaammin. Uuteaineita ja muita puun sisältämiä ainesosia tutkitaan kiivaasti. Niistä kaavaillaan korkean jalostusarvon tuotteita esimerkiksi kemianteollisuuteen sekä terveys- ja elintarvikesovelluksiin. Puunjalostustehtaat muuttuvat monipuolisiksi kombinaateiksi, **biojalostamoiksi**. Niissä tuotetaan perinteisesti papereita, kartonkeja ja sahatavaraa, mutta niiden lisäksi liikennepolttoaineita ja bio-pohjaisia kemikaaleja.

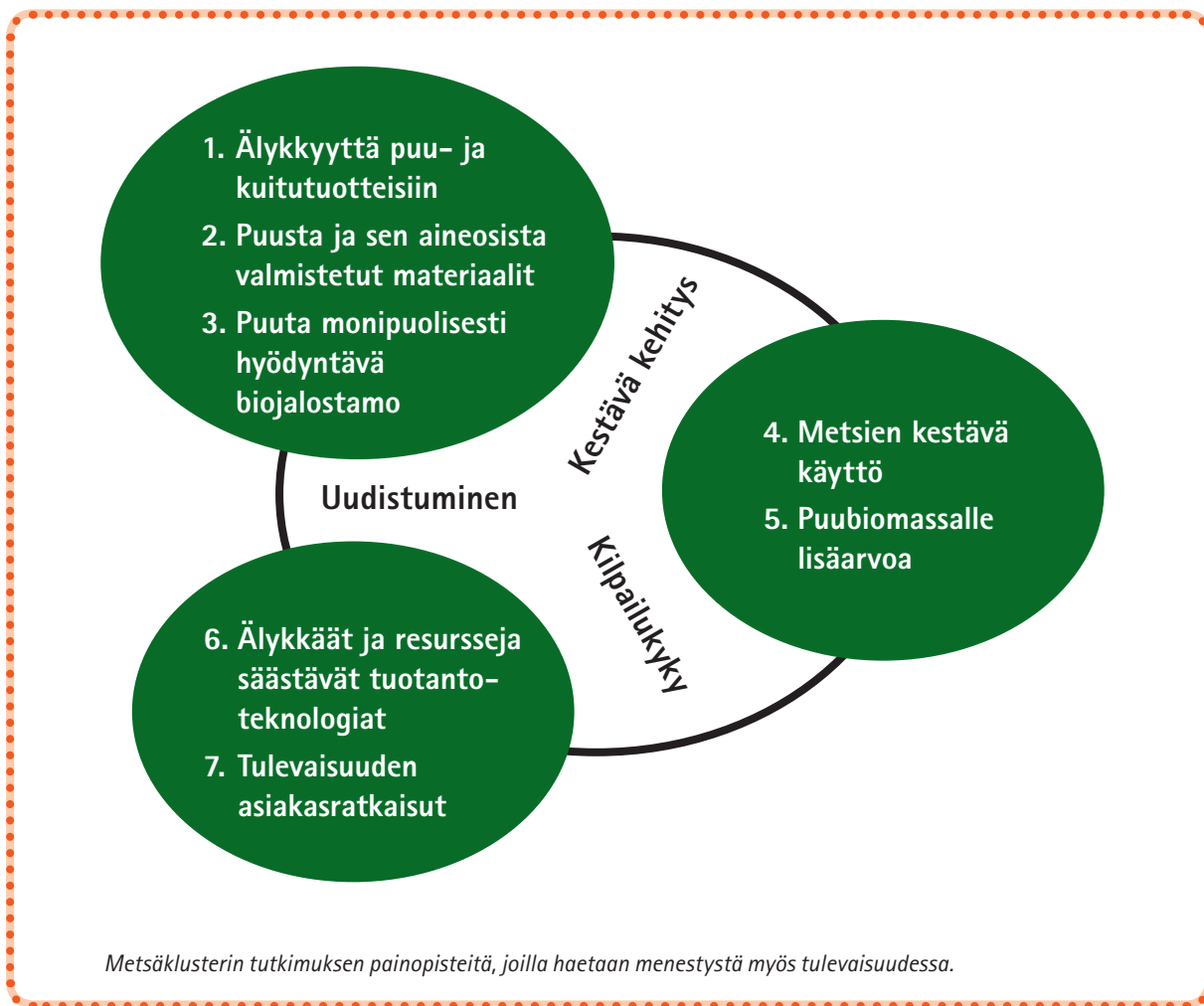
Suomen metsäteollisuus on kehittynyt eri alojen tehokkaan verkostoitumisen, metsäklusterin, avulla. Sen tuloksia ovat myös nykyinen informaatio-, bio- ja nanoteknologian soveltaminen puunjalostukseen.

Informaatioteknologian soveltaminen tarkoittaa muun muassa elektroniikan ja optiikan lisäämistä paperiin, pakkauksiin, asumisen tuotteisiin ja rakentamiseen. Tämä tuo älykkäitä ja aktiivisia ominaisuuksia puuperäisiin tuotteisiin. Painetun ja sähköisen viestinnän yhdistäminen synnyttää hybridimediaa: esimerkiksi kuitupohjaiseen elintarvikepakkaukseen liitetty rfid-tunnistin voi välittää kännykkään tietoa tuotteen alkuperästä.

Nanotekniikassa puukuituja hajotetaan nanotasolle eli millin miljoonasosiin ja kootaan siten uudella tavalla – näin syntyneellä nanomateriaalilla on aivan uusia ominaisuuksia.

Bioaktiivisia papereita ja kuitupohjaisia bioindikaattoreita kehitellään kaupalliseen käyttöön. Myös teollisuusprosesseja kehitetään mainittujen teknologioiden avulla, esimerkkinä biohajoavat prosessikemikaalit. (Katso nano s. 108 ja älypaperi s. 97)

Asiakaslähtöisyys korostuu tulevaisuuden tuotekehityksessä, tuotannossa ja palveluissa. Tuotteita sovelletaan hyvin erilaisille asiakkaille ja tehtaiden tuotantoprosesseista kehitetään joustavampia, jotta massatuotannon sijaan pystytään tuottamaan yksilöllisiä tuotteita pienempiä määriä kannattavasti. Puutuoteteollisuudessa tulevaisuuden tuotteita ovat perustuotteiden rinnalla esim. älykkäät puurakenteet ja järjestelmätuotteet rakentamiseen, sisustamiseen ja ympäristörakentamiseen. Arkkitehtuurissa ja designissa puulla on yhä tärkeämpi rooli tulevaisuudessa.





Puutuoteteollisuus on monipuolista – talotehtaista soitinverstaisiin

Puutuoteteollisuudessa puu säilyttää lähes alkuperäisen rakenteensa.

Suomen puutuoteteollisuus jakautuu useisiin osa-alueisiin. Siihen luetaan puun sahaus, höyläys, kyllästys, puupohjaisten levyjen valmistus sekä näiden tuotteiden edelleen jalostaminen muun muassa talo- ja puusepänteollisuudessa. Puutuoteteollisuus työllistää puolet metsäteollisuuden työntekijöistä.

Puutuoteteollisuudessa tuotanto voi olla suurta sarjatuotantoa tai yksilöllisen tuotteen valmistusta. Molemmissa tuote suunnitellaan asiakkaan tarpeiden mukaisesti huomioiden laatuvaatimukset, normit ja tuotteen kilpailukykyisyys. Puutuoteteollisuuden prosessit koostuvat tänä päivänä koneista, automatiikasta ja tietotekniikasta.

Merkittävä osa varsinkin saha- ja levyteollisuuden tuotteista menee vientiin. Pääosa puusepän teollisuuden tuotteista jää kotimaan markkinoille. Puun arvostus rakennusmateriaalina ja puurakentaminen ovat lisääntyneet viime vuosikymmenen aikana. Suomalaisesta puusta rakennetaan nyt näyttäviä kohteita niin Suomeen kuin ulkomaillekin.

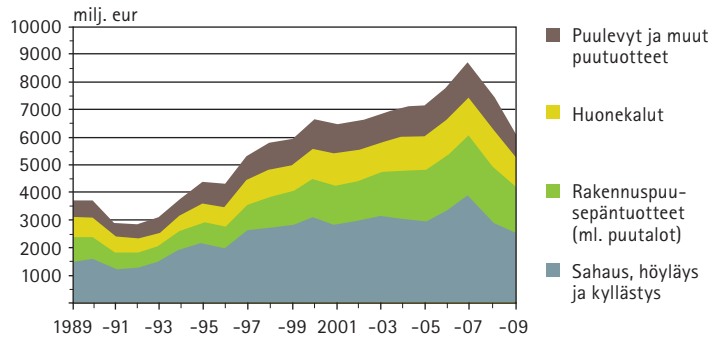
Suomen puutuoteteollisuus

Puutuoteteollisuuteen luetaan mm. sahaus, höyläys, kyllästäminen, puulevyjen valmistus sekä huonekalu-, puusepä- ja taloteollisuus. Diagrammissa on eri alojen osuudet tuotannon kokonaisarvosta.



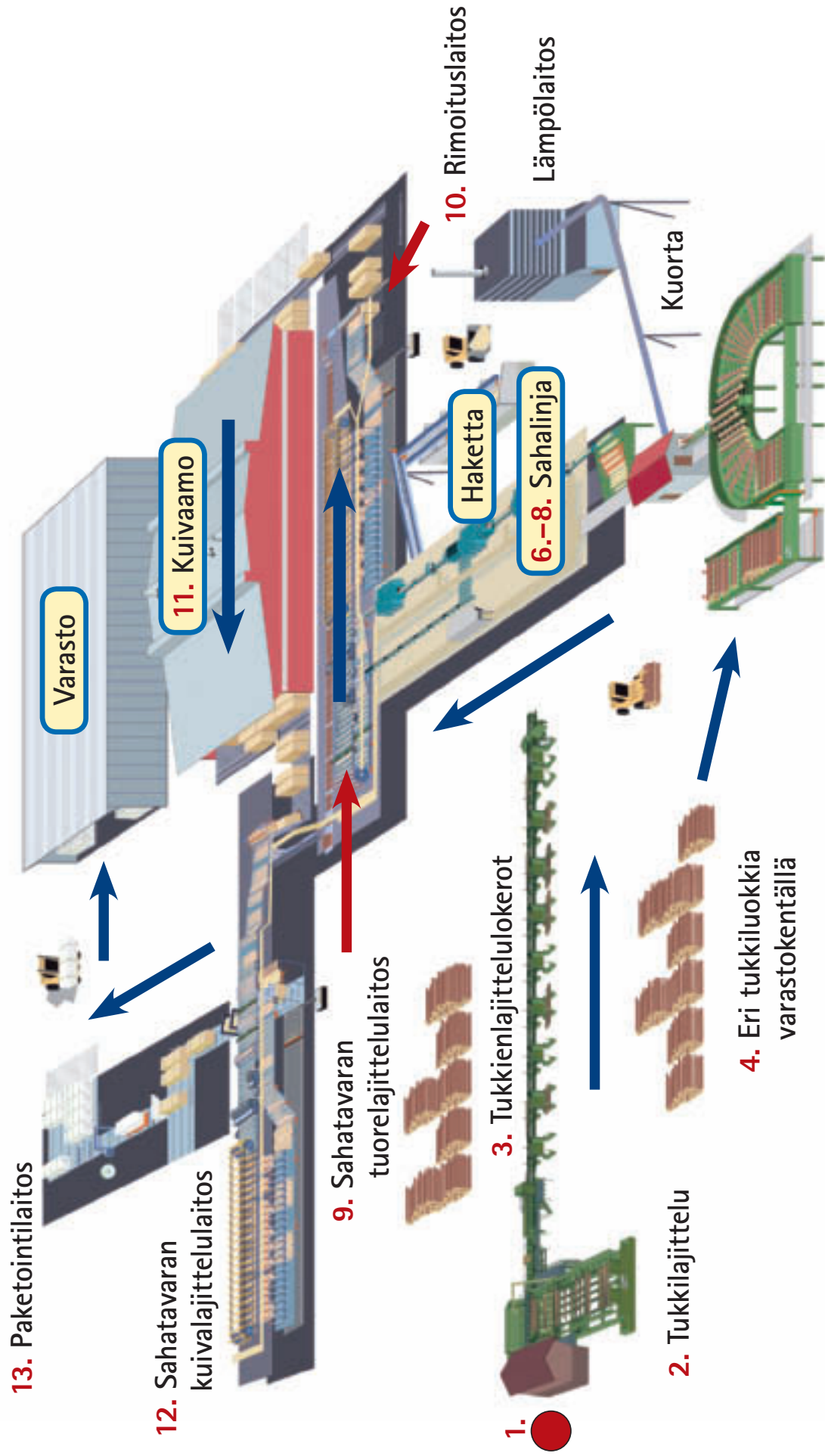
Puutuoteteollisuuden "mitat":

- 1/3 metsäteollisuuden tuotteiden bruttoarvosta
- 1/4 metsäteollisuuden viennin arvosta
- työllistää noin puolet metsäteollisuuden työntekijöistä



Tukista sahatavaraksi

Mitä nykyaikaisella sahalalla tapahtuu?



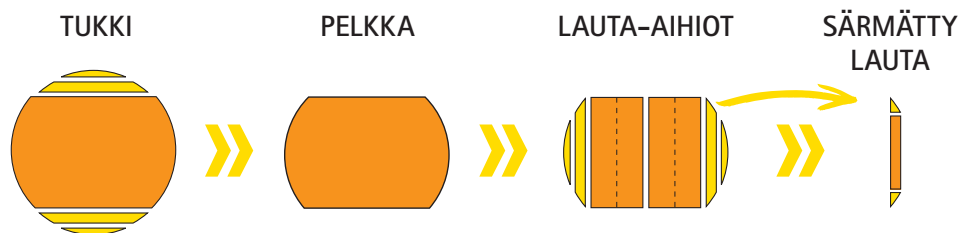
5. Sahaan syöttö ja kuorinta



TUKIN MATKA SAHATAVARAKSI

Katso kohdasta 3. alkaen samalla viereistä kaaviota.

1. Tehtaan puunhankintaorganisaatio hankkii halutun kokoiset tukit ostamalla sopivia leimikoita ja kuljettamalla tukit sahalle. Sahat pyrkivät jatkuvaan puun toimitukseen varastoinnin minimoimiseksi.
2. Puut siirretään tukkilajitteluun, jossa ne mitataan ja arvioidaan yksilöllisesti. Laadutus tapahtuu visuaalisesti ihmisenäköä sekä konenäköä, automatiikkaa ja mahdollisesti röntgenmittausta hyväksikäyttäen.
Konenäkö = monta kameraa ottaa ohikiitävistä tukista yli tuhat kuvaa sekunnissa, minkä jälkeen tietokoneohjelma määrittää puun laatuluokan.
3. Puun mittojen, vikojen ja muodon perusteella puut lajitellaan eri luokkiin. Luokkia voi olla useita kymmeniä sahan tuotevalikoimasta riippuen.
4. Automatiikan ohjaamana puu putoaa kuljettimelta oikeaan lokeroon. Lokeroista lajitellut tukit siirretään varastokentälle odottamaan sahauserän aloittamista. Varastoissa puuta kastellaan kesäaikaan sinistymisen ja kuivumisen estämiseksi.
5. Kuorimakone kuorii puut juuri ennen sahausta. Tukit tutkitaan metallinpaljastimella. Tässä prosessin vaiheessa syntyvää kuorta polttamalla saadaan lämpöenergiaa, jota käytetään mm. sahatavara kuivaamossa.
6. Tukkiensa sahaus optimoidaan automatiikan ja mittalaitteiden avulla niin, että rungosta sahataan mahdollisimman tuottavasti sitä, mitä asiakas on tilannut.
7. Tukista tehdään pelkka poistamalla siitä kaksi sivua. Pelkkahakkurien avulla tukin pinnat haketetaan sellun raaka-aineeksi. Syntyneet pelkat sahataan lauta-aihioksi pyörö- tai vannesahakoneilla.



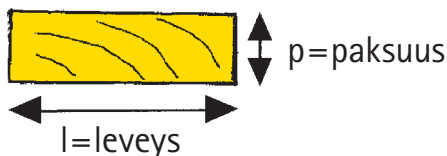
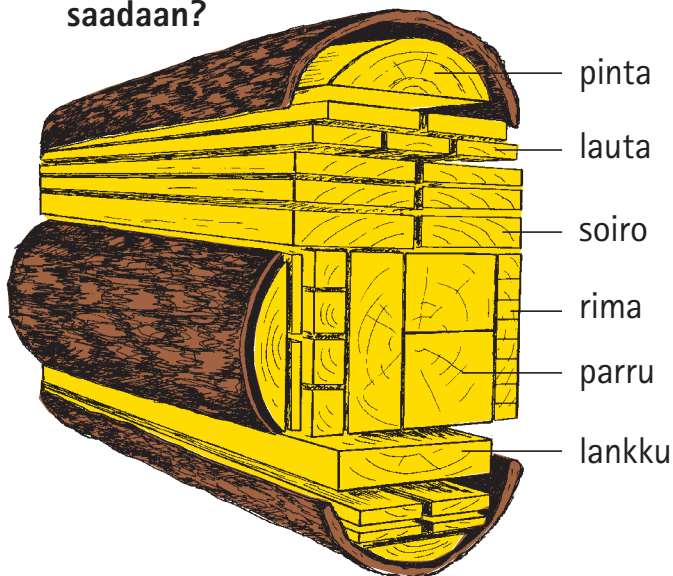
8. Syntyneet lauta-aihiot särmätään halutun levyisiksi. Ne on voitu työstää jo profilointiyksikössä haluttuihin mittoihin, jolloin särmäystä ei tarvita.
9. Sahalinjan jälkeisessä tuorelajittelussa sahatavarakappaleet lajitellaan automatiikan avulla omiin lokeroihinsa laadun ja mittojen eli dimensioiden mukaan.
10. Sahatavara pinkataan kuivauskuormiksi rimoituskoneessa.
11. Kuivaamossa sahatavaraa kuivataan n. 70 °C:n lämpötilassa 2–6 vuorokautta.
12. Kuivaamon jälkeisessä lajittelussa sahatavara lajitellaan ja mitat tasataan automaattisesti asiakkaan vaatimusten mukaisesti.
13. Sahatavara leimataan tehtaan omalla laivausmerkillä ja paketoidaan odottamaan kuljetusta asiakkaalle.

Sahatessa puolet tukista sahatavaraksi

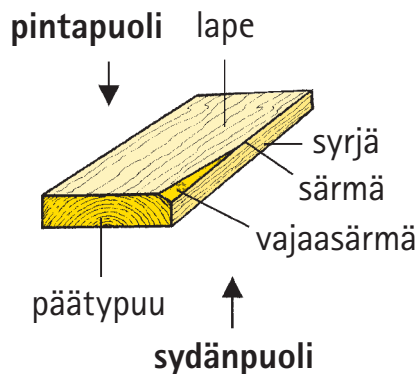
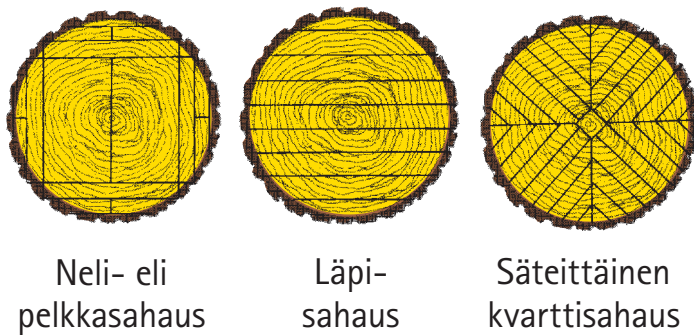


Sivutuotteiden mynnistä saadaan yli 10 % sahan sahaustuotteiden myynnin arvosta.

Mitä tukista saadaan?



Tukin sahaustapoja:



Sahatavara nimitetään seuraavasti:

rima:	$p < 75 \text{ mm}$	$l < 75 \text{ mm}$
lauta:	$p < 38 \text{ mm}$	$l > 75 \text{ mm}$
soiro:	$p 38\text{--}50 \text{ mm}$	$l 75\text{--}150 \text{ mm}$
lankku:	$p > 50 \text{ mm}$	$l > 150 \text{ mm}$
parru:	$p \geq 75 \text{ mm}$	leveys sama kuin paksuus $\pm 25 \text{ mm}$

Sahateollisuus tuottaa muille rakennusaineita

Sahat käyttävät lähes puolet Suomen teollisuuden vuosittain käyttämästä puusta. Ne käyttävät raaka-aineenaan tukkipuuta. Puiden varastointi tuottaa sahoille lisäkustannuksia ja puun laadun alenemista ja siksi sahat pyrkivät puun jatkuvaan toimitukseen. Esimerkiksi Kuhmo Oy:n saha tarvitsee noin 30 000 tukkia päivässä eli 70 rekkakuormaa puuta ja tästä syntyy 130 000 sahatavarakappaletta.

Sahateollisuudessa toimii suursahoja, joista osa on integroitu sellu- ja paperiteollisuuteen ja osa toimii itsenäisinä yksityisomistuksessa. Suursahat ja itsenäiset pienet ja keskisuuret sahat ovat pitkälle automatisoituja tuotantolaitoksia, jotka tuottavat yhä enemmän asiakas- ja erikoistuotteita. Sahojen yhteydessä on usein jatkojalostuslaitoksia, kuten höyläämöjä, komponenttitehtaita ja liimapuutehtaita. Piensahat toimivat usein paikallisesti ja valmistavat perussahatavarasta erikoistuotteisiin laajalla tuotevalikoimalla.

1 m³ puuta sitoo noin tonnin CO₂:a

Puurakenteet ja -kalusteet varastoivat hiiltä keskimäärin 40 vuotta, parhaimmillaan jopa satoja vuosia. Suomen sahatteollisuuden tuotteisiin varastoituu vuosittain arviolta 15 miljoonaa tonnia hiilidioksidia. Se on suunnilleen saman verran kuin Suomen koko maantieliikenteen vuosittaiset hiilidioksidipäästöt.

Sahatavaran valmistus

Sahat tuottavat sahatavaraa, joka on yleisnimitys kaikilta sivuilta sahatulle puutavarelle. Sahat toimivat hyvin asiakaslähtöisesti, joten erilaisia sahatavaraalaatuja ja -dimensioita on puulajin, pituuden, paksuuden, leveyden ja kuivuuden suhteen satoja.

Sahausprosessi on pitkälle koneellistettu ja automatisoitu. Sahatavaran valmistus alkaa tukkien koneellisella lajittelulla ja kuorimisella. Puut lajitellaan puulajin, läpimitan, pituden ja laadun suhteen useaan eri laatuluokkaan. Sahatukin arvo sahan raaka-aineena riippuu näistä tekijöistä. Mittaustulos ohjaa puun optimaalista sahausta. Sahauslinja koostuu pelkkahakkureista, vanne- tai pyörösahoista tai näiden yhdistelmästä. Kehäsahaus on jäänyt historiaan. Sahalla voi olla omat sahauslinjansa ja -koneensa järeille tukeille ja pienpuulle. Uusin sahaustekniikka on nk. profilointisahaus. Menetelmässä sahaus tapahtuu peräkkäississä sahausyksiköissä, joissa tukki sahataan pelkaksi, jaetaan laudoiksi ja lankuiksi sekä särmätään samanaikaisesti. Tukin sahaustapoja on useita, mutta suomalaisessa vientiteollisuudessa on yleinen neli- eli pelkkasahaus, joka on pohjoismainen sahaustapa. Säteittäistä kvarttisahausta käytetään mm. puusepän erikoislaatuja tuottaessa ja läpisahausta lehtipuusahauksessa (kaavio s. 44)

Sahausten jälkeen sahatavara kuivataan ja lajitellaan. Konenäköön perustuva automaattinen lajittelu tapahtuu tarkasti ottaen huomioon puun laadun ja loppukäytön. Kuivaus tapahtuu jatkuvatoimisissa kanavakuivaamoissa tai pienemmissä kamarikuivaamoissa 60–80 °C lämpötilassa. Kuivausaika riippuu sahatavaran paksuudesta ja kestää nopeimmillaan pari vuorokautta. Kuivausta säädellään lämpötilalla, tuuletuksella sekä kosteuslaitteilla. Pienet puusepän-

Puun kosteusprosentti vaihtelee

<i>kasvava puu</i>	70–90 %
<i>varastokuiva</i>	30–40 %
<i>ilmakuiva (ulkona kuivattu)</i>	15–20 %
<i>rakennuspuusepän kuiva</i>	10–12 %
<i>puusepänkuiva (huonekalupuu)</i>	4–8 %

liikkeet ja sahat voivat kuivata erikoissahatavaraa vielä ulkona tapuleissa, jolloin kuivaus aloitetaan kevättalvella ja kestää puolisen vuotta. Joissakin puusepätöissä arvostetaan ilmakeivattua puutavaraa. Kuivaus parantaa puun säilyvyyttä ja sen käyttöominaisuuksia, kuten lujuutta, työstettävyyttä ja liimattavuutta. Kuivauksen jälkeen sahatavara vielä lajitellaan, katkaistaan moduulimitaan, leimataan, paketoidaan ja varastoidaan. Yleisin laatulajittelu perustuu Pohjoismaisen sahatavaran lajitteluohjeisiin, jotka on laadittu yhdessä asiakkaiden kanssa.



Kuvassa HewSaw SL250 Quartet sahalinja UPM:n Seikon sahalla Porissa. Sahalinja on asennettu vuonna 2002. Tukkikoko: 10–45 cm, syöttönopeus: 60–150 m/min, tuotantokapasiteetti: 400 000 m³/vuosi kolmessa vuorossa.

Eri laatuluokan sahatavaraa käytetään eri kohteissa. Laatuun vaikuttaa eniten oksaisuus.

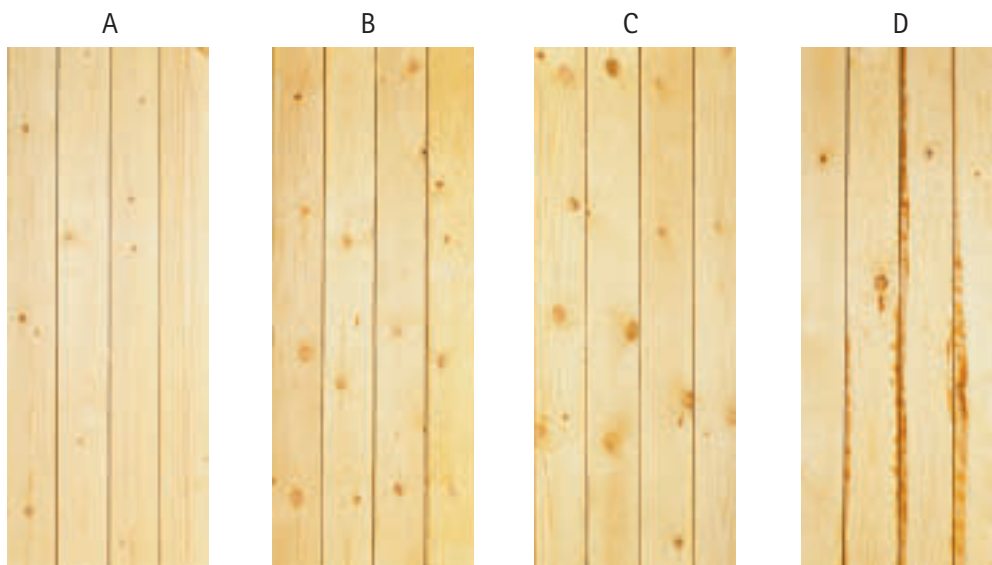
Aina, kun pyöreästä tukista sahataan neliskulmaisia kappaleita, osa puusta päätyy sivutuotteeksi. Noin puolet tukista päätyy sahatavaraksi ja toisesta puolesta syntyy haketta, sahanpurua ja kuorta. Hake ja sahanpuru myydään levy- ja paperiteollisuuden raaka-aineeksi ja kuorta polttamalla saadaan lämpöenergiaa sahatavaran kuivatukseen tai myytäväksi.



A-luokka: lattioissa, listoissa, sisäverhouksessa ja korkean ulkonäön vaatimissa puusepäntuotteissa.

B- ja C-luokka: ulkoverhouksessa, kattotuoleissa ja kannatteissa, ikkunoissa ja ovissa.

D-luokka: muottilautana valussa ja pakkauksissa



Mäntysahatavaran laatuluokat A–D



Puun ominaisuudet tekevät sahatavaraa monikäyttöisen rakennusaineen. Juomavettä Asikkalasta Helsinkiin johtavan Päijänne-tunnelin 350 metriä pitkä ja halkaisijaltaan kaksi metriä leveä vedenalainen alkuosa on rakennettu lankusta. Puun etuina ovat taloudellisuus, ruostumattomuus sekä lahoamattomuus veden alla. Lisäksi se joustaa veden liikkeitä.

Höyläämöt jalostavat puuta edelleen

Höylättyä puutavaraa käytetään ulko- ja sisäverhouspaneelina, koristelistoina, lattialautoina, kuistien ja parvekkeiden puurakenteina sekä rakennuspuusepänteollisuuden komponentteina.

Höyläyksellä varmistetaan puun mittatarkkuus ja saadaan puulle sileä pinta sekä haluttu muoto. Nykyaikaisissa höyläkoneissa sahatavara työstetään samanaikaisesti kaikilta neljältä sivulta ja samalla poikkileikkausprofiili voidaan työstää halutunlaiseksi. Höyläämällä puutavaraa voidaan valmistaa lukemattomiin eri käyttötarkoituksiin sopivia tuotteita. Höylätyn puutavaran profileita on nykyisin useita kymmeniä, ja vain mielikuvitus on esteenä suunnittelemaista uusia. Tuotevalikoima voi käsittää erilaisia sisä- ja ulkopaneeleita, katto-, jalka-, kulma- ja koristelijoja sekä höylälautaa ja -hirttä.

Höyläämöt voivat olla erillisiä laitoksia, mutta usein ne sijaitsevat sahojen, puusepäntehtaiden tai talotehtaitten yhteydessä.

Muotoonhöylätystä puusta on moneksi

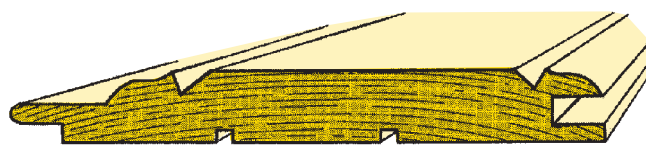
Ympärihöylätty: kaikki sivut höylätty

Muotohöylätty: höylätty suora-
kaiteesta poikkeavaan muotoon

Pontattu: Kappaleen toinen syrjä
höyläämällä uurrettu ja toinen ruoditettu

Sileäpontti: pontattu kappale, jonka
molemmat lappeet on höylätty

Raakapontti: pontattu kappale,
jonka käyttölaite on sahapintainen ja
takalape karkeahöylätty.



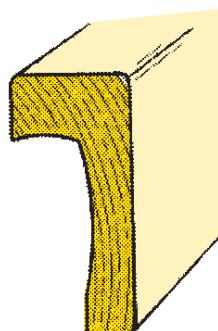
koristepaneeli



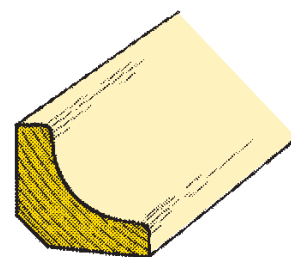
hirsipaneeli



lattialauta



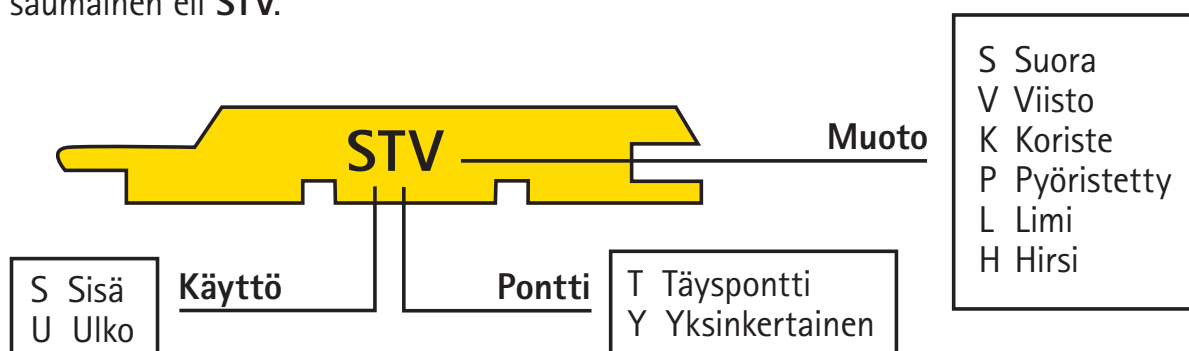
reunalista



kattolista

Yleisimmille lautaprofiileille on annettu kolmikirjaiminen
nimike, jossa eri osat tarkoittavat eri asioita: **käyttöä,**
pontinmuotoa ja profiilin muotoa.

Esimerkkipaneeli on sisäpaneeli, täysponttinen ja viisto-
saumainen eli **STV**.



Pylväät, parrut ja pölkyt ovat vientituotteitamme

Pölkkyjä, pylväitä ja parruja tehdään moniin käyttötarkoituksiin. Niiden raaka-aineena käytetään etupäässä mäntyä. Suomessa on Euroopan suurimpia alan toimijoita, joiden tuotteista suuri osa menee vientiin hyvin vaihteleviin olosuhteisiin; aavikolle, pakkaseen, sateeseen tai kuumuuteen. Euroopan lisäksi tuotteita viedään muun muassa Pohjois-Afrikkaan ja Lähi-Itään.



Puupylvään edut betoniin ja teräkseen verrattuna:

- Koko elinkaaren kustannukset alhaisemmat materiaalista pystytykseen ja huoltoon.
- Kestää enemmän kuormitusta
- Pystytys ja kiinnitys helpompaa
- Turvallisempi – puulla huono sähkönjohtavuus
- Kreosoottipylväs kestää paloa paremmin
- Käyttöikä pitempi, noin 40–80 vuotta, teräksellä 35–50 vuotta.
- Puu on uusiutuva materiaali

Pylväiden raaka-aineena käytettävän männyn rungon tulee olla poikkeuksellisen suora ja tasapaksu. Pylväät ovat sorvattuja tukkeja, joiden pituus on vähintään 7 metriä. Tuotantolaitoksella pylväät kuoritaan ja lajitellaan lasertekniikkaa hyödyntäen eri standardien ja asiakasvaatimusten mukaisesti. Nykyisin pylväät voidaan kuivata kuivaamoissa 7–10 vuorokaudessa.

Pylväs voi olla kyllästetty tai kyllästämätön. Kyllästys antaa puulle suojan lahoa, mikrobeja, hyönteis- ja termiittituhoja vastaan. Yleisin kyllästysaine on kreosootti eli kivihiilitervan tisle. Kreosoottikyllästetyt pylväät tarjoavat pisimmän mahdollisen käyttöiän kaikkein vaativimpiin olosuhteisiin kuten ruohikkopaloja sekä hyönteis- ja lahomistuhuja vastaan. Pylväitä käytetään sähkö-, puhelin- ja valaisinpylväinä. Ne ovat tärkeä vientituote.



Turvatoipat ovat erikoispylväitä, jotka katkeavat helposti ja vähentävät törmäävän auton vaurioita. Turvapylväät joko porataan ontoiksi tai liimataan osista.

Turvatoipassa on pysäytysjarru. Pylvään sisällä on vaijeri, joka kiristyessään joutuu kulkemaan vinojen porausten läpi. Vaijerin liikkeessa siihen kohdistuva kitka hidastaa auton liikettä ja pysäyttää sen 4–10 metrin matkalla.



Pölkkyjä ja parruja käytetään hirviaidoissa sekä rautatieyhtiöiden ja teollisuusraiteiden tarpeisiin ympäri maailmaa.

Egyptinparru on 3–6,7 metriä pitkä veistetty parru, joka voi olla muodoltaan kapeneva. Niitä myydään etupäässä Egyptiin ja sen naapurimaihin. Kiilamaisista parruista kootaan hammppuköyden avulla itsestään kiristyviä rakennustelineitä jopa 7-kerroksisten rakennusten tekemiseen. Egyptinparrujen valmistus on tarkoin varjeltu liikesalaisuus ja niitä valmistetaan tietyvästi vain Suomessa.

Painekyllästyksellä kestoja puulle

Kyllästettyä puuta käytetään kosteudelle alttiissa kohteissa: laitureissa, portaissa, terasseissa, aidoissa, pihakalusteissa, laatoissa ja muissa piharakenteissa sekä melu-aidoissa.

Puu ei lahoa kuivassa huoneilmassa, mutta toistuvasti kastuessaan, se joutuu alttiiksi lahottajasienille. Lahottajasienet tarvitsevat elääkseen kosteutta ja happea. Jos jompaakumpaa ei ole, ei lahoamisesta ole vaaraa.

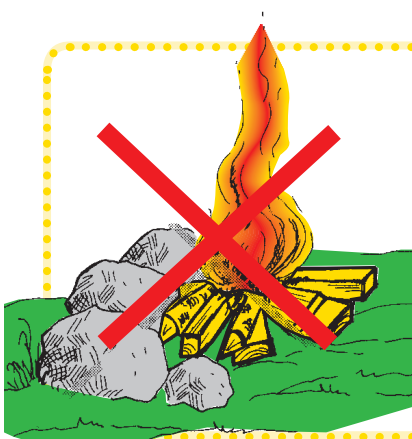
Sateelle alttiissa rakenteissa puun kosteus nousee helposti yli 20 %:n ja maakerroksessa yli 30 %:n. Puun biologinen tuhoutuminen alkaa, kun puun kosteus nousee yli 18 %:n.



Kyllästettyä puuta käytetään, kun puu joutuu jatkuvasti kosketuksiin veden kanssa

Puun kestävyyttä voidaan parantaa rakenteellisilla ratkaisuilla, kuten pitkillä räystäillä ja toimivalla tuuletuksella sekä erilaisella pintakäsittelyllä esim. maalaamalla. Pitkäikäisempää suojaa antaa puun painekyllästys, jossa tyhjiön ja ylipaineen vuorottelulla saadaan kylästysliuos sisälle puuhun – kylästämiseksi soluseinämän vesi pyritään korvaamaan kylästysliuoksella. Männyn sydänpuun ja kuusen kylästäminen ei onnistu niiden solurakenteen takia.

Kylästämisaineina käytetään nykyisin turvallisia orgaanisia tehoaineita ja kuparia. Ympäristölle ja terveydelle vaarallisen kreosootin käyttöä on rajoitettu pylväisiin ja ratapölkkyihin, eikä kromi–arseeni–kupari -valmistetta saa enää käyttää.



ÄLÄ POLTA PAINEKYLLÄSTETTYÄ PUUTA

Painekyllästetyn puun sisältämien suoja-aineiden takia sitä ei saa polttaa kotitulisijoissa. Tällainen puutavara voidaan hävittää noudattamalla käytetyn suoja-aineen valmistajan ohjeita tai toimittamalla se rakennusliikkeen tai kaatopaikan kestopuu-keräyslavalle.

Painekyllästys voidaan tehdä myös luonnonmukaisilla kasviöljyillä. Öljyä puristetaan suurella paineella kylästettävään puuhun niin kauan kuin se sitä imee. Näin sisään ei jää kosteutta eikä kosteus pääse puuhun. **Öljypuu** sisältää kymmeniä kertoja enemmän öljyä pintakäsittelyyn verrattuna. Tämä antaa uusia mahdollisuuksia kosteiden tilojen puukäytölle ja muun muassa veneenrakentamisessa.

Lämpöpuu on suosittu vaihtoehto

Lämpöpuun käyttökohteita ulkona ovat puutarhakalusteet, terassilaudoitukset, ovet ja ikkunat, rakennusten ulkoverhous, meluaidat sekä puisto- ja leikkikenttärakennelmat. Sisätiloissa lämpöpuuta käytetään huonekaluihin, lattioihin, sisäverhoukseen ja saunan sisustukseen.

Suomalaisesta lämpökäsittelystä puusta on tullut haluttu puutuote. Viime vuosina tuotanto on kasvanut reilun neljänneksen vuodessa. Lämpökäsiteltyä puuta on valmistettu laajassa mitassa vuosituhannen alusta. Vientiin menee jopa 85 %, pääosin EU-alueelle ja lisäksi Japani on merkittävä kohde. Myös suomalaisia lämpöpuun tuotantolaitteistoja viedään ympäri maailmaa.

Lämpöpuu valmistetaan käsittelemällä puutavara 185–230 °C lämpötilassa. Valmistusprosessi kestää muutaman vuorokauden ja se perustuu korkean lämpötilan ja vesihöyryn käyttöön. Puun lämpökäsittelyn on todettu vaikuttavan puun kemialliseen rakenteeseen ja sitä kautta puun eri ominaisuuksiin. Korkea lämpötila poistaa esimerkiksi pihkaa, terpeenjä, formaldehydejä ja vettä puusta. Lämpöpuu sopii kosteudelle alttiisiin olosuhteisiin, mutta jatkuvaan maa- ja vesikosketukseen se ei sovellu. Lämpöpuun erottaa sen ruskeasta väristä ja savumaisesta tuoksusta.

Lämpöpuu valmistusprosessissa käytetään ainoastaan lämpöä ja vesihöyryä. Prosessiin ei missään vaiheessa lisätä vieraita kemikaaleja, eikä puuhun vieraita aineita. Energiaa lämpöpuun valmistus kuluttaa enemmän kuin muun sahatavaran, mutta vähemmän kuin muiden rakennusmateriaalien. Elinkaarensa päätteeksi lämpöpuu voidaan hyödyntää energiantuotannossa tai hävittää kuten normaali puu.



Lämpökäsittelyllä parannetaan puun kestävyyttä ilman kemikaaleja.

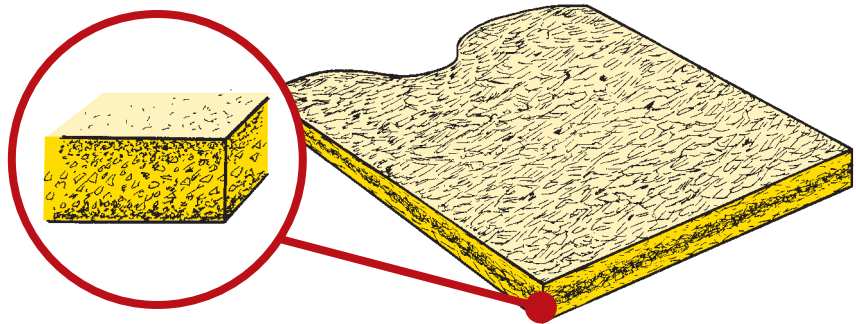


Lämpökäsittelyn vaikutus puun ominaisuuksiin.

Insinöörirakentamisen puulevytuotteita

Lastulevy

Lastulevy on erikokoisista puulastuista puristamalla liiman avulla tehty levy.



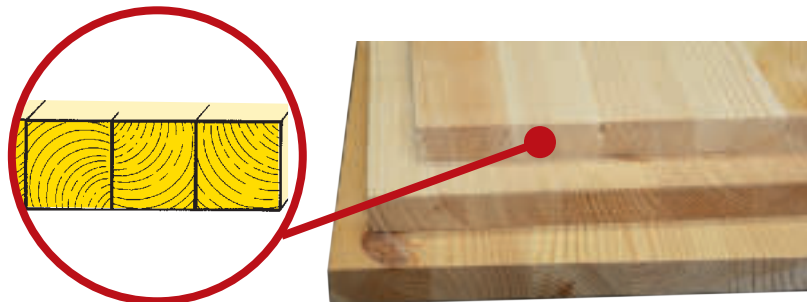
Kuitulevy

Kuitulevy tehdään hakkeesta ja purusta kuiduttamalla, kuivaamalla ja puristamalla. Liimana toimii lähinnä puun oma ligniini.



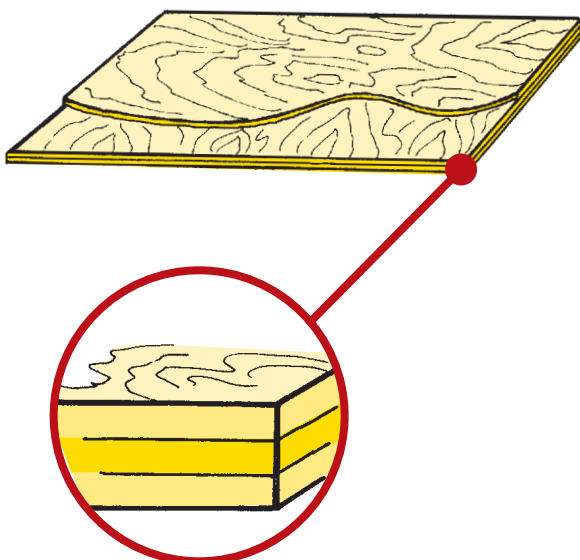
Liimalevy

Liimalevy tehdään liimaamalla yhteen ohuita ja kapeita sahatavarakappaleita.



Vaneri

Vaneri valmistetaan ristiinliimatuista viiluista.



Insinöörirakentamisen tuotteet monipuolistavat puun käyttöä

Insinöörirakentamisen eli EWP-tuotteet (Engineered wood product) ovat kantavia puurakenteita erona ei-kantaville, visuaalisille puurakenteille kuten paneelit ja parketit. EWP-tuotteille on yhteistä se, että niiden valmistuksessa käytetään liimaa ja että niiden loppukäyttö vaatii tuotteen lujuuslaskentaa. Ne voidaan jakaa neljään ryhmään: puulevyt, sahatavarapohjaiset tuotteet sekä rakenteelliset yhdistelmäpalkit ja -tuotteet. Puulevyjä ovat vaneri-, lastu- ja kuitulevyt. Puulevytuotteiden kilpailukyky ja yhä laajeneva käyttö perustuu suurelta osin vakiolevyjen monipuoliseen jatkojalostukseen – on kehitetty lukuisia yksilöllisiä tuotteita erityiskohteisiin. Suurin osa puulevyteollisuuden tuotteista menee vientiin. Sahatavarapohjaisissa tuotteissa sahatavaraa on jatkojalostettu liimaamalla siitä liimapuupalkkeja ja liimalevyjä. Rakenteellisista yhdistelmäpalkeista on esimerkkinä kertopuu ja yhdistelmätuotteista kertopuusta tehdyt I-palkit ja ripalaatat.

Puulevyt

SUOMI JOHTAVA VANERINVALMISTAJA

Vanerilla on kolme pääkäyttöaluetta: rakentaminen, betonoinnin muottitekniikka sekä kuljetusvälinetekniikka. Vaneria käytetään mm. henkilö- ja linja-autoissa, perävaunuissa, rautatie- ja asuntovaunuissa, konteissa, autokansissa, risteilyaluksissa, purjelentokoneissa ja kaasutankkereissa. Rakentamisessa vaneria käytetään mm. rakennusten lattioissa, seinissä, katoissa, jääkiekkokaukaloissa sekä tuulivoimaloiden siipirakenteissa. Vaneria käytetään myös kaiutinkaapeissa, liikennemerkeissä, huonekaluissa ja ulkokalusteissa.

Vaneria on Suomessa valmistettu yli sata vuotta. Suomi on johtava vanerinvalmistaja Euroopassa. Suomessa on tähdätty korkealuokkaisten, pitkälle jalostettujen erikoisvanerien toimittajaksi. Suomessa vaneria valmistetaan järeästä koivu- ja kuusitukista. Jalostettu koivuvanerimme on yksi kehittyneimmistä puupohjaisista levytuotteista, jota voidaan käyttää vaativissa erikoiskäyttökohteissa kuten kaasutankkereissa ja muissa kuljetusvälineissä. Noin kymmenen vuoden ajan Suomessa on valmistettu paksuviiluista havuvaneria rakennuskäyttöön. Huipputehokas havuvaneriteknologia on kaksinkertaistanut vanerikapasiteettimme.

Puu on lujaa pituussuunnassa. Vaneria valmistetaan liimaamalla ohuita puuviiluja ristikkäin päällekkäin. Viilujen ristikkäinen asettelu tekee vanerista lujuusominaisuksiltaan erinomaisen, mutta silti kevyen ja monipuolisen materiaalin. Esimerkiksi autojen korirakenteissa vanerin keveys merkitsee selvää säästöä polttoainekuluissa. Suomalaisen vanerin monikäyttöisyyttä lisää sen säänkestävyys.



Kulkuneuvoissa vaneri on yleinen seinä- ja pohjamateriaali.



Vaneri kestää hyvin erittäin kylmiä ja kuumia olosuhteita. Siksi vaneri sopii kaasutankkereiden eristävien seinien kantaviksi rakenteiksi. Kaasu kuljetetaan suurissa tankkilaivoissa nestemäisenä 160 miinusasteen lämpötilassa. Metallirakenteissa lämpötilamuutokset aiheuttaisivat suuria mittamuutoksia. Vanerin mittapysyvyys on ihanteellinen rankkoihinkin olosuhteisiin.



Leikkaamalla valmistettu viilu on sileämpää ja tiiviimpää kuin sorvattu viilu. Leikatun viilun kappaleet on helppo sovittaa puukuviointiin ja värin suhteen koristeellisiksi pinnoiksi. Leikatun viilun valmistusmäärät ovat vähäisempiä ja vaativasta työstöprosessista johtuen viilu on kalliimpaa. Sitä käytetään tavallisesti esimerkiksi huonekalujen pinnoituksessa. Sorvattua viilua käytetään vanerin ja kertopuun valmistuksessa.

Suomalainen sata vuotta toiminut yritys on maailman johtava viilusorvien valmistaja. Suomalainen huipputekniikka on tuonut vaneriteollisuudellemme suuren kilpailuedun.



Viilu on puusta sorvattua tai leikattua ohutta levy-mattoa, jonka paksuus on tavallisesti 0,1–0,3 mm.

Jalostamalla vanereita edelleen saadaan niistä hyvin moneen erikoiskäyttöön sopivia. Jalostaminen on yleensä pintakäsittelyä, pinnoittamista tai työstämistä. Vanerin maalattavuutta voidaan parantaa pinnoittamalla levy maalausohjakkalvolla. Pinnan sileyttä ja lianhylykivyyttä voidaan parantaa filmipinnoitteilla. Pinnan liukeste syntyy kuviopainetuil-



Suomalaisia **vakiovanereita** ovat:

Koivuvaneri valmistetaan ohuesta (1,4 mm) koivuviilusta. Lujin ja kallein. Pinta vaalea, kaunis ja kestävä. Sopii esim. kulutuskestävyyttä vaativiin lattioihin.

Havuvaneri: Valmistetaan paksummista kuusiviiluista (2–3,5 mm). Kevyempi ja taivutuslujuudeltaan hiukan heikompi kuin koivuvaneri. Sopii hyvin rakentamiseen mm. vesikattoihin, seiniin ja aitauksiin.

Seka- eli combivaneri: ominaisuudet koivu- ja havuvanerin väliltä: kestävä, melko kevyt ja helppo työstää.

Lentokone- eli ohutviiluvaneri: Erikoisohuista koivuviiluista (0,15–0,5 mm) valmistettu erikoisvaneri. Erittäin suuri lujuus ja taivutettavuus. Käytetään mm. erilaisissa pienoismalleissa ja designpuutuotteissa.

la filmipinnoilla. Yksi esimerkki Suomessa yleisestä pinnoitteesta on sileä fenolifilmipinnoite, jonka ansiosta tuotteet kestävät paremmin kulutusta, kosteutta, kemikaaleja, hyönteisiä ja sienikasvustoa ja ne on helpompi pitää hygieenisinä. Lisäksi valmistetaan mm. äänieristys- ja sisustusvanereita.



Käsitellyt vanerit

öljytty
lakattu
maalattu
palosuojattu
lahosuojattu
hyönteissuojattu

Pinnoitetut vanerit

viilulla
melamiinimuovilla
fenolihartsilla
fenolimuvikalvolla
lasikuidulla
mineraaliaineella



Lento- eli ohutviiluvanerin keveys, kestävyys ja taipuisuus tekevät siitä monikäyttöisen.



Suomessa valmistetaan myös ohutviiluvaneria, jonka keveys, kestävyys ja taipuisuus (taipuu 180°) luo rajattomasti erilaisia käyttömahdollisuuksia. Kyseisestä vanerista menee vientiin 95 %.

Ohutviiluvaneria käytetään NHL:n jääkiekkomailojen varsiin, kilpa-autojen pohjiin, ratsastussatuloihin, rum-puihin, kanoottimelan lapoihin, valaisimiin, huonekaluihin, seinäelementteihin, käyntikortteihin ja jopa bumerangin valmistukseen Australiassa.

Ohutviiluvaneria on pitkään käytetty lentokoneiden pienoismalleissa, lennokeissa, purjelentokoneissa ja jopa siipimateriaaliksi taitolentokoneisiin. Kevyen vanerin ansiosta koneen moottorit voivat olla pienempiä, jolloin polttoainetta kuluu vähemmän. Alkeiskoulukoneina puurakenteinen kone on vaurioituessaan helpompi ja edullisempi korjata vanerilla.

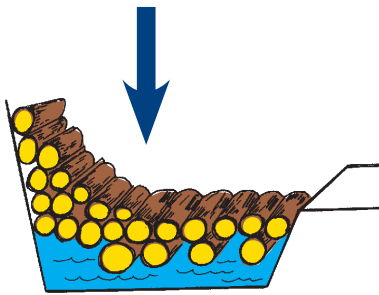


Vanerin valmistus

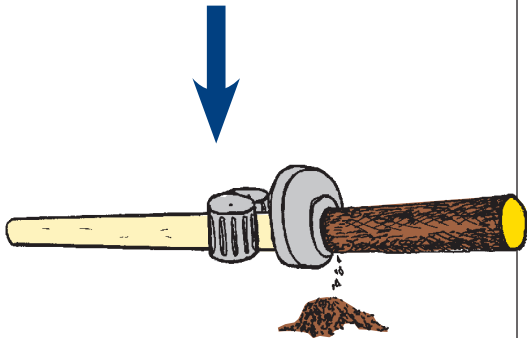
1. TUKIN KÄSITTELY



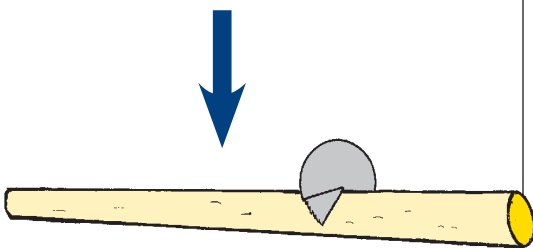
Raaka-aineena koivu- tai kuusitukkeja.



Tukit haudotaan vedessä. 1–2 vrk 15–40 °C

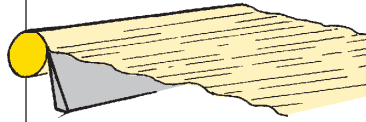


Kuorimakone kuorii tukit ja kuoresta tehdään energiaa.

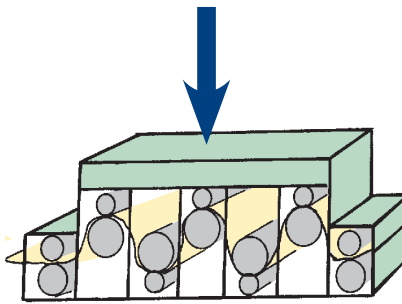


Tukit katkaistaan pölleiksi optimaalisesti konenäköä hyödyntäen

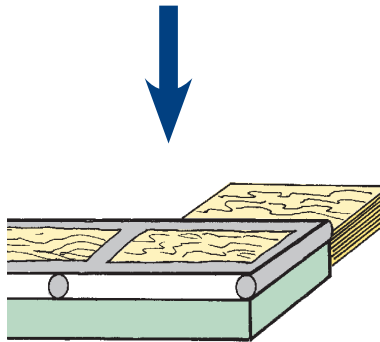
2. VIILUN VALMISTUS



Pöllit sorvataan viilumatoksi

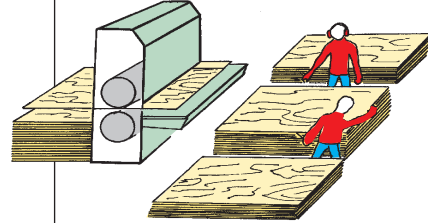


Viilut kuivataan n. 200 °C 10 sek.



Viilut leikataan arkeiksi ja lajitellaan. Tarvittaessa jatketaan, paikataan ja saumataan.

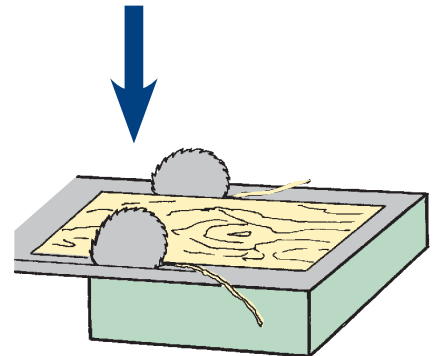
3. VANERIN VALMISTUS



Viilujen liimaus ja vaneri-aihioiden ladonta.

väliviilu, havu liimaviilu, havu pintaviilu, koivu

Vaneriaihiot puristetaan vaneriksi puristinlevyjen välissä.



Vanerin reunat sahataan ja pinta hiotaan. Vanerit lajitellaan.

VANEREITA VOIDAAN JATKOJALOSTAA TÄMÄN JÄLKEEN PINNOITTAMALLA, PINTAKÄSITTELEMÄLLÄ, TYÖSTÄMÄLLÄ, JATKAMALLA JNE.

VANERIN VALMISTUS

Tukit, pöllit, viilut ja levyt liikkuvat valmistusprosessissa automaattisilla linjoilla vaiheesta toiseen.

1. Tukkien käsittely

- Tukit haudotaan lämpimässä vedessä pehmeämmiksi, jotta niistä saadaan sorvatuksi hyvää viilua
- Kuorimakone kuorii tukit ja kuori hyödynnetään energiaksi.
- Kamera- ja tietotekniikkaan perustuva tukkimittari optimoi tukkien katkaisun pölleiksi.

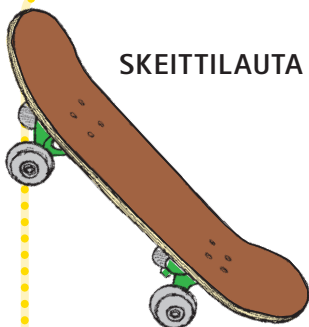
2. Viilun valmistus

- Pöllit sorvataan viilumatoiksi. Sorvaus on vanerinlaatuun oleellisesti vaikuttava työvaihe. Viilujen laadulle on asetettu tiukkoja vaatimuksia mm. paksuuden, sileyden ja lujuuden suhteen.
- Viilut kuivataan noin 200 °C:ssa 10 sekuntia. Prosessin energiaakuluttavin vaihe.
- Viilut leikataan arkeiksi ja lajitellaan laatuluokkiin automaattisesti. Viiluja jatketaan, paikataan ja saumataan koneellisesti tarvittaessa.

3. Vanerilevyn valmistus

- Viilujen liimaus on tärkeimpiä työvaiheita, jossa rakenne ja halutut ominaisuudet syntyvät. Ladonta vaneriaihioiksi tapahtuu levittämällä liima väliviiluille ja latomalla ne syysuunnassa ristikkäin.
- Ladelmien esipuristus tapahtuu kylmäpuristimessa ja varsinainen puristus monivälisessä kuumapuristimessa yksi levy välissään 110–130 °C, noin 3–30 min.
- Vanerin viimeistely tapahtuu sahaamalla levyt vakiokokoonsa ja hiomalla levyt.
- Vanerin lajittelu

Prosessin eri vaiheissa syntyneistä sivutuotteista tehdään haketta sellutehtaan käyttöön ja energianlähteeksi.



SKEITTILAUTA

Koulun teknisissä töissä voidaan tehdä skeittilauta, jota varten puuta liimataan vanerin tapaan muotoon. "Rullalaudan pitää olla erittäin kevyt ja kimmoisa. Viilukerroksien määrällä ja paksuuksilla voidaan vaikuttaa keveyteen ja liimalla kimmoisuuden pysyvyyteen. Lakalla saadaan jäykkyyttä ja kulutuskestävyyttä. Parhaimmat laudat valmistetaan Kanadan vaahteran viilusta." sanoo ilmeisesti Suomen ainoa skeittilautoja mittatilaustyönä tekevä puuseppä Esa Niiranen.

LASTULEVY ON KAIKKIRUOKAINEN

Lastulevyä käytetään rakennusten sisäseiniin, lattioihin ja kattoihin. Pinnoitettuna sisäoviin, kaappeihin, hyllyihin ja muihin huonekaluihin sekä pakkauksiin.

Lastulevy on puulastuista lämmössä kovettuvien liimojen avulla puristamalla tehty levy. Suomessa raaka-aine saadaan puutuoteteollisuuden sivutuotteena eli hakkeena ja puruna. Muualla maailmassa valmistukseen käytetään myös pellavanvarsia, sokeriruokoa tai puun ja näiden sekoitusta.

Lastulevylaatujen erot johtuvat pääasiassa valmistustekniikasta, lastujen koosta, lastukerrosten määrästä, pinnoitteista ja liimauksesta. Levyt voidaan pinnoittaa laminaatilla, muovikalvolla, puuviilulla, paperilla, kankaalla, metallikalvolla tai melamiinikalvolla. Lisäksi on olemassa sementtilastulevy ja kipsisidonnainen lastulevy.

Lastulevy ei ole taipuvuuslujuudeltaan vanerin luokkaa, eikä sillä ole vanerin kosteuden- ja säänkesto-ominaisuuksia. Lisäksi särmit rikkoutuvat helposti kolhuista, vaikka pinta on kestävä. Se on kuitenkin edullinen ja tasapintainen materiaali, jota käytetään paljon sisärakenteisiin ja kalusteisiin.

KUITULEVY SÄILYTTÄÄ MUOTONSA



Rakennusten tuulensuojalevyt ovat usein kuitulevyä.

Kuitulevyjä käytetään kalusteissa, somistuksessa, ilmoitustauluissa, leikkikaluissa, palapeleissä, liitutauluissa, autoteollisuuden sovelluksissa, akustiikka-, tuulensuoja- sekä lämmöneristelevyinä.

Puukuitulevyt ovat selluloosakuidusta valmistettuja levyjä. Kuidut tehdään hakkeesta ja purusta, joka on puutuoteteollisuuden sivutuotetta. Perinteinen kuitulevy valmistetaan märkämenetelmällä, jossa hakkeen ja veden seos jauhetaan kuitusulpuksi ja vesi poistetaan kuumapuristamalla. Kuidut tarttuvat toisiinsa huopautuksella. Val-

mistusmenetelmän ansiosta levyn pääasiallisena sidosaineena toimii puun oma liima-aine, ligniini, jolloin kemikaaleja tarvitaan vain vähän. Märkämenetelmällä valmistettuja levyjä ovat huokoinen ja puolikova **rakennekuitulevy** sekä **kovalevy**.

Kuitulevyille on ominaista kosteudensietokyky ja lujuus. Ne eristävät lämpöä, ovat hengittäviä rakennusmateriaaleja ja niitä on helppo työstää. Kuitulevyjä on noin sata erilaista varastonimikettä. Kullakin kuitulevyllä on omat erikoisominaisuutensa ja käyttökohteensa. Esimerkiksi huokoinen kuitulevy soveltuu äänen- ja lämmöneristykseen ja kovalevyä laitetaan sinne, missä vaaditaan kulutuksen kestoa.

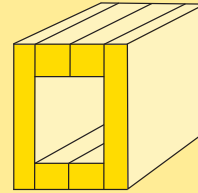
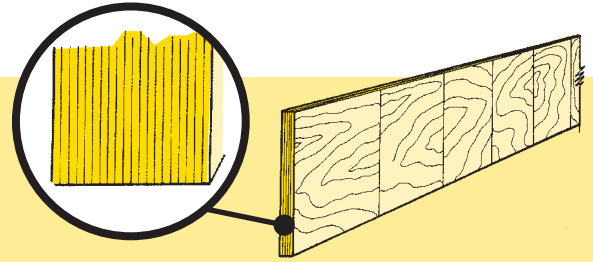
Insinöörirakentamisen saha- tavarapohjaisia tuotteita

Kertopuu eli LVL

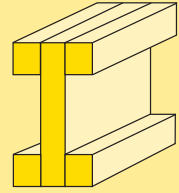
Kertopuu tehdään kuusitukeista sorvatuista viiluista. Viiluarkit liimataan päällekkäin laataksi, joka puristetaan yhteen lämmössä. Puusyyt ovat yleensä arkeissa samansuuntaisesti.

Laatasta sahataan erilaisia palkkeja, tolppia tai levyjä tilausten mukaan. Laatan pituus voi olla jopa 24 metriä.

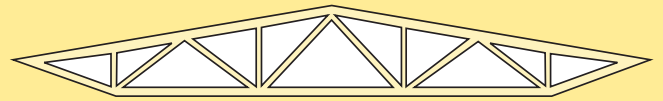
Kertopuu sopii sinne, missä kaivataan kestävyyttä, keveyttä, kieroutumattomuutta ja mittatarkkuutta.



Kotelopalkki



I-palkki



Kattoristikko



ISS-Stadion Vantaa.
Kerto- ja liimapuurakenteita.



Cor-huset, Helsinki



Omakotitalon laajennus
Kerto-rungolla.

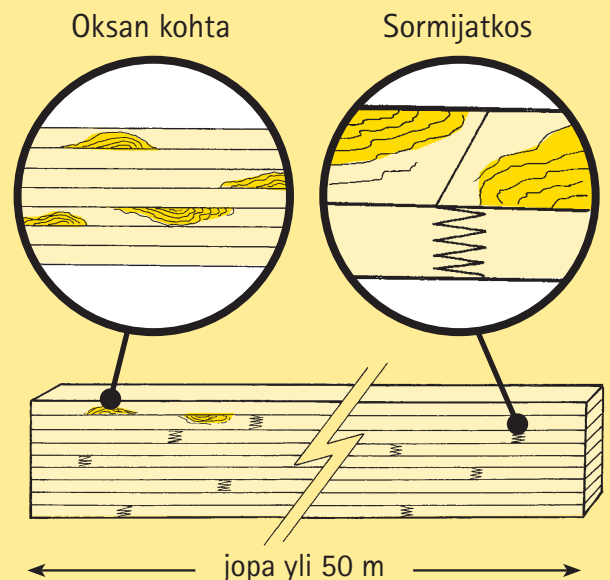
Liimapuu

Liimapuu koostuu tavallisesti kuudesta höylätyistä, toisiinsa liimatuista sahatavaramalleista, joiden syyt ovat pituussuuntaisia.

Puun heikot kohdat kuten oksat jakaantuvat palkissa tasaisesti ja näin saadaan tasa-laatuinen ja kevyteensä nähden luja tuote.

Lamelleiden sormijatkoksella saadaan lisää pituutta tuotteisiin.

Sopii kantaviin rakenteisiin, jossa vaaditaan suurta lujuutta, pitkiä jännevälejä ja kaunista ulkonäköä.



Sahatavarapohjaiset tuotteet

LIIMAPUULLA LUJUUTTA RAKENTEISIIN

Suurin osa liimapuusta käytetään julkisten rakennusten kuten koulujen, päiväkotien, urheiluhallien, teollisuus- ja varistorakennusten, asuntojen ym. kantaviin rakenteisiin. Liimapuuta on käytettävissä myös siltarakenteisiin, leikkipaikkarakenteisiin, venemastoihin ja hyppyrimäkiin.

Sahatavaraa voidaan jatkojalostaa liimaamalla siitä palkkeja. Liimapuuta valmistetaan liimaamalla sahatavaramalleja yhteen pitkiksi palkkeiksi. Raaka-aineena käytetään etupäässä kuusta. Liimapuussa kaikkien lamellien puusyyt ovat rakenteen pituussuuntaisia. Lamelleja voidaan jatkaa sormiliitoksilla ennen liimausta.



Vihantasalmen puusilta (valmistui 1999) on tiettävästi maailman suurin valtatiellä oleva puusilta. Pituus 182 m ja etäisyys vedenpinnasta korkeimpaan kohtaan on 31 m.

Liimapuun valmistukseen päävaiheita ovat: Puutavaran kuivaus ja lajittelu, puun sormijatkaminen pitemmiksi lamelleiksi, rakenteen kokoaminen liimaamalla ja puristamalla, syntyneiden liimapuupalkkien höyläys ja muotoilu sekä pintakäsittely ja pakkaus.

Liimapuun tärkeimmät ominaisuudet ovat taivutus- ja vetolujuus, jäykkyys ja kestävyys. Suuri lujuus suhteessa omaan painoon mahdollistaa suuret jännevälit liimapuupalkkeissa. Liimapuuta on lujempaa kuin vastaavan kokoinen yksittäinen puukappale, sillä alkuperäisen puun heikot kohdat, kuten oksat, saadaan liimatessa jakaantumaan eri kohtiin. Liimapuusta voi rakentaa joka säällä ja kaikkina vuodenaikoina. Liimapuulla on hyvä mittatarkkuus lämpö- ja kosteusvaihteiluissa. Massiivisella liimapuukuranteella on hyvä palonkestävyys. Se ei taivu kuumuuden vaikutuksesta ja hiiltymissyvyys tunnin normaalipalon jälkeen on n. 36 mm. Suurimmat liimapuuelementit ovat olleet kolme metriä korkeita. Pisimmät elementit ovat olleet 60 metrisiä.

LIIMALEVY TUO NÄYTTÄVYYTÄ

Liimalevyä käytetään ovissa, kokopuisissa huonekaluissa kuten pöydän kansissa, hyllyissä ja kaapeissa sekä sisustuksissa kuten ikkunalaudoissa ja portaissa.

Liimalevy tehdään suhteellisen ohuista ja kapeista sahatavarakappaleista, jotka liimataan syrjistäan yhteen levyksi. Näin tehdyn levyn hyviä ominaisuuksia ovat suoruus, mittatarkkuus, lujuus, kestävyys ja kaunis ulkonäkö. Liimalevyt valmistetaan kuivatusta sahatavara-

ja niitä käytetään pääasiassa puusepäntuotteiden valmistukseen kuten huonekaluihin, oviin ja portaisiin. Ne ovat saaneet suosiota myös tee-se-itse rakentajien keskuudessa. Yleisimmin liimalevyssä käytetään mäntyä, koivua ja leppää, mutta mikä tahansa puulaji käy.

Rakenteelliset yhdistelmäpalkit ja -tuotteet

VIILUPUU KANTAA

Viilu- eli kertopuuta käytetään rakennuksen ylä-, väli- ja alapohjien kannattajina (**Kerto-S**), ulko- ja sisäseinien runkotolppina (**Kerto-T**), jäykistävinä katto-, seinä tai lattialevyinä (**Kerto-Q**) ja muottirakentamisessa. Käyttökohteita ovat pientalojen ohella julkiset rakennukset, urheiluhallit, teollisuus-, varasto- ja maatalousrakennukset.

Kertopuu on sorvatuista kuusiviiluista säänkestävästi yhteen liimattu rakennuskomponentti, jota kutsutaan myös viilupuuksi (LVL, laminated veneer lumber). Vanerista poiketen viilujen syysuunta on yleensä palkin pituuden suuntainen. Ristiliimauserroksella on mahdollista vahvistaa rakennetta tarvittaessa. Kertopuu on havuvaneria paksumpaa. Kertopuu syntyy viiluista jatkuvana laattana, joka sahataan tilausten mukaan palkeiksi, tolpeiksi tai levyiksi, joita käytetään sellaisenaan tai jatkojalostetaan rakennusosiksi. Kertopuu tuo lisää mahdollisuuksia luoda puusta näyttäviä rakenneratkaisuja. Suomi on ainoa Euroopan maa, missä kertopuuta valmistetaan. Sen menekki on jatkuvasti kasvanut.

Tuotteen rakenne tekee siitä erityisen mittapysyvän ja tasalaatuisen. Viilurakenteen ansiosta yksittäisten oksien vaikutukset pienenevät. Kertopuu on lujuusarvoiltaan vahvempaa kuin sahatavara ja liimapuu. Keveyden ansiosta palkkien asentaminen käy miesvoimin, raskasta nostokalustoa ei välttämättä tarvita. Kantavana rakenteena se on myös palonkestävä – kertopuun hiiltymisnopeus on 0,6-1 mm/min.

Liimapuusta, kertopuusta ja massiivipuusta voidaan tehdä yhdistelmätuotteita kuten **I-palkki, ripa- ja kotelolaatta, kolminivelkehä ja naulalevyristikko**. Niitä käytetään yleisesti kantavina rakenteina. Niiden etuja ovat muun muassa keveys, nopea asennus, suuri jänneväli ja taloudellisuus.

Puusepänteollisuudessa tarvitaan laatua, muotoilua ja yhteistyötä

Puusepänteollisuus jakautuu eri osa-alueisiin kuten huonekalu-, rakennuspuusepän- ja erikoispuusepänteollisuuteen. Puusepänteollisuuden tuotteet muodostavat hyvin monimuotoisen ryhmän tuotteita keittiökalusteista, huonekaluista, ovista ja parketeista aina leikkikaluihin, puuveneisiin, soittimiin ja ruumisarkkuihin.

Puusepänteollisuudessa on työpaikkoja teollisesta sarjatuotannosta käsityövaltaiseen pieneteollisuuteen. Alalla arvioidaan olevan vajaa 20 000 työpaikkaa ja välillisiä vuosityöpaikkoja on yli 50 000 (Opetushallitus 2004). Päätoimisten yritysten määrä on noin 2000 ja näistä suurin osa on pieniä muutaman henkilön työllistäviä yrityksiä, mutta joukossa on myös satoja henkilöitä työllistäviä yrityksiä.

Huonekalu- ja erikoispuusepänteollisuus kalustaa koteja ja julkisia tiloja

Huonekalualalla puhutaan kodin huonekaluista, julkikalusteista ja keittiökalusteista. Huonekaluteollisuus valmistaa kotihuonekaluja kuten tuoleja, pöytiä, sänkyjä, sohvia ja hyllyjä sekä julkisiin tiloihin lähinnä tehtaan malliston mukaisia huonekaluja.

Erikoispuusepänteollisuus* puolestaan valmistaa räätälöityjä kalustekokonaisuuksia mm. ravintoloihin, teattereihin, risteilyaluksiin, virastoihin, kouluihin, kirjastoihin, laboratorioihin ja sairaaloihin. Yleensä ne ovat arkkitehtien suunnittelemissa kohteissa.



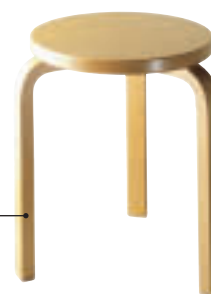
EU-maat Norjan ja Pohjois-Amerikan kanssa kuluttavat 72 % koko maailman huonekaluista, vaikka väestön osuus on vain 19 % koko maailman väestöstä (v. 2006). Huonekalujen kulutus asukasta kohti on kehitysmaissa 14 \$ ja teollisuusmaissa 223 \$. Korkeimmat kulutusluvut ovat Norjassa, Kanadassa, Itävallassa, Sveitsissä, Tanskassa ja Suomessa. (Lähde CSIL)

MAINEIKAS HISTORIA

Suomen huonekaluteollisuus ja suomalainen muotoilu saivat jo 1930-luvulta alkaen kansainvälistä mainetta ennen kaikkea Alvar Aallon puuhuonekalujen tullessa markkinoille. Varsinainen huonekaluteollisuuden esiinmarssi oli kuitenkin 1960-luvulla muun muassa Yrjö Kukkapuron ja Eero Aarnion muovi ja lasikuituhuoneka-



Alvar Aallon oivallus 1920–1930-luvulla oli siirtää funktionalismin muotokieli puuhun, erityisesti vaneriin, jonka suurtuottaja Suomi oli jo tuolloin. Uudeksi käännteentekeväksi menetelmäksi kehitettiin 1930-luvulla puuntaivutus. Näin syntyivät Aalto-huonekalujen peruselementit: massiivipuusta taivutettu jalka, joustava puutuoli ja pinottava rivituoli. Aalto-jakkaraa vuodelta 1933 on kuluneiden vuosien aikana myyty useita miljoonia kappaleita.



* Seuraavien sivujen puusepänalasta kertovassa tekstissä ei tilastotiedoissa ole mukana kaikkia erikoispuusepänalajoja tilastointitavan vuoksi.



Suomen huonekaluteollisuus on keskittynyt erityisesti Päijät-Hämeeseen ja Etelä-Pohjanmaalle. Jo 1900-luvun alkupuolella Lahdesta muodostui puusepänteollisuuden huomattava keskus ja alue on yhä maamme suurin puutuotteiden valmistaja. Huonekaluteollisuutta on väkilukuun suhteutettuna moninkertainen määrä muuhun maahan verrattuna. Alueen muotoiluosaaminen on myös kansainvälisesti arvostettua ja alan koulutusmahdollisuudet ovat hyvät. Lahden seudulla on myös tunnettuja puunjalostuskoneiden valmistajia.

Sodan jälkeen Etelä-Pohjanmaa kohosi toiseksi huonekalualan keskittymäksi. Nykyisin siellä toimii lähes 300 yritystä ja ala työllistää lähes 1500 henkilöä. Esimerkiksi pelkästään Jurvan kunnassa on yli 30 huonekaluyritystä ja kolmasosa asukkaista saa suoraan tai välillisesti toimeentulonsa niistä. Suurin osa kotimaisista tyylihuonekaluista tulee Jurvasta.

lujen kautta. Huonekalujen muotoilusta nousi markkinoinnin väline. Tehtaille palkattiinkin nuoria muotoilijoita; huonekalujen teollinen muotoilu alkoi saada jalansijaa. 1970-luvulla maine muotoilumaana hiipui. Tällöin keskityttiin valmistamaan huonekaluja ja kalusteita nopeasti vaurastuneen yhteiskuntamme tarpeisiin erityisesti lastulevystä.

HUONEKALUJA SUOMALAISILLE VAI SUOMALAISIA HUONEKALUJA MUILLE?

Huonekalujen tuotanto ulottuu yksilöllisestä, taide-esineiksi luokiteltavien tuotteiden valmistuksesta pitkälle automatisoituun sarjatuotantoon. Yrityksistä lähes kaikki ovat suomalaisessa omistuksessa ja perheyrityksiä. Huonekaluteollisuus on maasamme pienyritysvaltaista toimintaa kotimaan markkinoilla, kansainvälisillä markkinoil-



Vuonna 2009 rakennuspuusepänteollisuuden ja huonekalujen bruttoarvo oli puolet koko puutuoteteollisuuden arvosta.

la operoivia yrityksiä on vähän. Tuotannostamme viedään ulkomaille vain noin viidesosa. Euroopassa huonekaluteollisuus on puutuoteteollisuuden selvästi suurin toimiala. Suomi on nykyisin pieni tekijä EU:n markkinoilla. 2000-luvulla huonekalujen tuonti Suomeen on kasvanut erittäin voimakkaasti ja ylittänyt viennin.

1990-luvulta alkaen huonekalu- ja kalustetuotannon bruttoarvo on kasvanut ja sen osuus puutuoteteollisuuden tuotannon bruttoarvosta on lähes viidesosa. Alalla on kuitenkin ollut vaikeuksia selvitä halpatuonnin aiheuttamasta kilpailusta. Vahvuutenamme on hyvä maine, korkea teknologiaosaaminen ja design. Monet alan ongelmat johtuvat yritysten pienestä koosta ja pääoman puutteesta. Siksi alan verkostoituminen, yhdessä tekeminen ja erikoistuminen ovat lisääntymässä.

PUU ON SÄILYTTÄNYT ASEMANSA RAAKA-AINEENA

Monista kilpailevista materiaaleista huolimatta puu on säilyttänyt asemansa huonekalujen ja kalusteiden perusraaka-aineena. Puun eloisuus, ulkonäkö ja värisävyjen vaihtelu tekevät

siitä viihtyisän ja yksilöllisen raaka-aineen. Myös työstettävyys ja keveys puoltavat puun käyttöä.

Huonekalujen valmistus lähtee laadukkaan, oikeanlaisen puuraaka-aineen hankinnasta – vain laadukasta raaka-aineesta voi tulla laadukas lopputuote. Huonekaluteollisuus käyttää paljon ulkomaisia puulajeja. Kotimaisista käytetyin on koivu, joka on kovaa, vaa-leaa ja varsin tasalaatuista ulkonäöltään. Mänty on toinen suosittu puulaji. Muita käytettyjä kotimaisia puulajeja ovat mm. tervaleppä, visakoivu ja haapa. Ulkomaisista lajeista käytetyimpiä ovat pyökki ja tammi.

Sibelius-talossa näkyy puusepän ammattitaito

Sibelius-taloa varten suunniteltiin poikkeuksellisen paljon irtokalusteita mittatilaustyönä, tehdasvalmistesten sijasta, koska haluttiin tuoda esiin paikallisten puuseppien ammattitaitoa. Kalusteissa käytettiin runsaasti massiivipuurakenteita. Kalustesuunnittelun lähtökohtana oli Sibeliuksen teos "Viisi puukuvaa" ja se innoitti käyttämään viittä suomalaista puulajia pihlajaa, kuusta, mäntyä, koivua ja haapaa. Esimerkiksi pöydissä pintaviiluna on leikattu koivuviilu, säilytyslokerikoissa leikattu haapaviilu, soitinkaapeissa sekä mäntyä että koivua ja internet-vaunuissa eri puulajeja.



"Vuoden huonekalusuunnittelija 2007" -palkinnon sai Antti Kotilainen. Hän huonekalunsa kalustavat julkisia tiloja kouluista F1-radalle, pohjoismaista Japaniin ja Australiaan.

Kuvan Chip-tuolisarjaa on sanottu suomalaisen muotoilun kärjeksi. Chip-tuolissa on yksitoista puolen millimetrin paksuista ristikkäistä muotoon puristettua koivuviilua. Chip on Suomen testatuin tuoli. Se on käynyt läpi mm. amerikkalaiset testit, joissa tuolia ei saatu rikki. Tuoleja on myynnissä neljällä mantereella, mutta ne valmistetaan Suomessa.

Puumateriaalin perusteella huonekalut jaetaan massiivipuurakenteisiin eli kokopuisiin huonekaluihin ja levyrakenteisiin huonekaluihin. Puulevyistä valmistettavia tuotteita ovat muun muassa hyllytöt, laatikostot ja pöydät. Levyistä käytetyin on lastulevy. Lastulevy päällystetään usein viilulla tai pinnoitetaan laminaatilla tai pvc-kalvolla näön ja kestävyys-
den vuoksi. Massiivipuuta käytetään paljon mm. erikoispuusepän tilauskalusteissa.

LAATUTUOTE – SUUNNITTELUA, TUOTTEISTAMISTA JA TARKKAA TYÖSTÄMISTÄ

Hyvä suunnittelu ja materiaalin tarkka hyödyntäminen ovat huonekalun valmistuksen tärkeimpiä asioita – ne ratkaisevat paljolti lopputuotteen laadun ja toiminnan kannattavuuden.

Suomi kuuluu huonekalualan high tech & high design -maiden kärkijoukkoon. Suomessa kannattaa tehdä kestäviä, näyttäviä, pitkälle tuotteistettuja, arvokkaita huonekaluja tai kalustekokonaisuuksia. Koulutettujen muotoilijoiden ja arkkitehtien käyttö on lisääntynyt puusepänalalla. Muotisuuntaukset vaikuttavat nykyisin huonekaluihin ja tuotteet saattavat poistua markkinoilta jopa kolmessa vuodessa. Suunnittelun ja muotoilun kannalta merkittäviä tekijöitä ovat muun muassa tuotteen käytettävyys, kestävyys, valmistettavuus, elinkaari, markkinoitavuus ja ulkonäkö.

Raaka-ainekustannukset ovat alalla suuret ja raaka-ainetta on siten säästettävä muun muassa tarkan työstötekniikan avulla. Työstettäessä puuta nykytekniikalla puolet siitä päätyy sahanpuruksi.

Puusepänteollisuudessa valmistusprosessi riippuu suuresti tuotteesta, käytetyistä materiaaleista ja alihankintojen määrästä. Puuhuonekalujen valmistuksessa erotetaan seuraavat työvaiheet: aihoiden valmistus, aihoiden valmistaminen puuvalmiiksi osiksi, pintakäsittely, kokoonpano ja heloitus, pakkaus ja lähetys.

Yleensä tuotteita ei valmisteta tehtaalla raaka-aineista lähtien, vaan alihankkijoilta ja yhteistyökumppaneilta hankituista aihioista tai valmiista osista. Tuotanto huonekalutehtaalla alkaa tällöin aihoiden työstämisellä puuvalmiiksi osiksi. Tyypillisimpiä puuntyöstötekniikoita ovat höylääminen, sahaaminen, sorvaaminen, taivuttaminen, poraaminen ja hiominen. NC- ja CNC -työstökeskukset ovat yleistyneet voimakkaasti viime vuosina



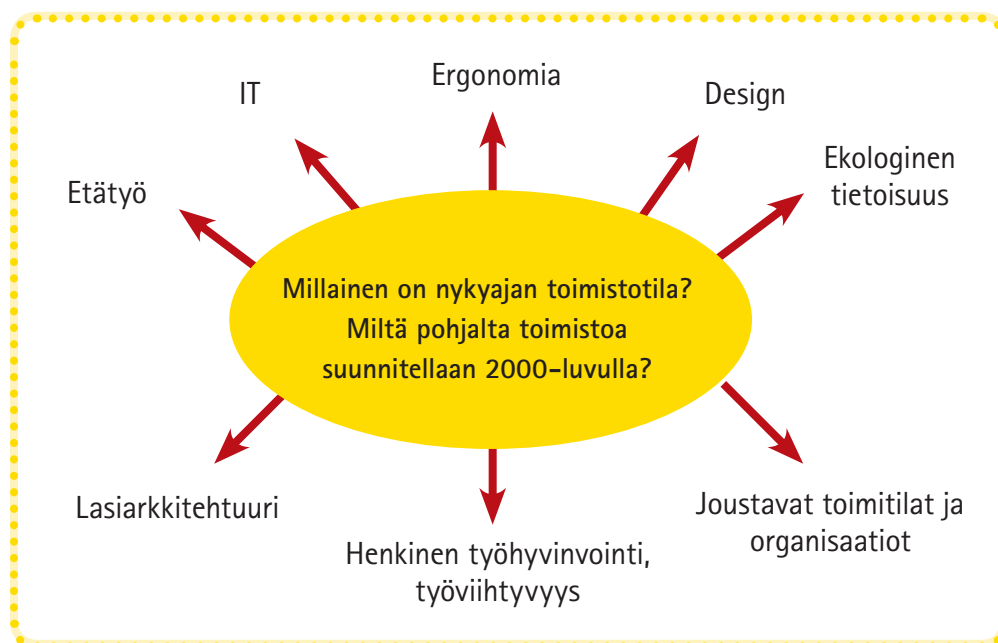
ON vuodesohva- ja tasosarja, jonka on suunnitellut sisustusarkkitehti Tapio Anttila. Puuosat viilutaivutteita, vaneria ja massiivipuuta.

puusepänteollisuudessa. CNC- työstö tarkoittaa tietokoneohjattuja työstökoneita. CNC-ohjatun työstökeskuksen avulla voidaan tehdä paljon koneistuksia yhdellä ainoalla kiinnityksellä. CNC-tekniikan hyviä puolia ovat mm. suuri työstötarkkuus, asetusajan lyhentyminen, laadun tasaisuus sekä soveltuvuus joustavaan tuotantoon. Huonoja puolia puolestaan ovat mm. kallis hankintahinta ja pula koulutetusta henkilöstöstä. Taivutettuja huonekalujen osia valmistetaan viiluista tavallisesti liimaamalla muotopuristimessa.

Huonekaluissa on joukko rakenteeltaan yhteisiä osia, kuten hyllyt, ovet, laatikot, jalat sekä taivutetut osat, joiden valmistaminen vaatii omat menetelmänsä, puulajinsa ja materiaalinsa. Huonekalut on koottu osista, joiden on muodostettava kestävä kokonaisuus. Puuliitokset ovat siten huonekalun valmistuksen tärkeä osa-alue. Liitostekniikkaa on kehitetty vuositasoista ja puuliitoksia onkin lukuisia eri käyttökohteisiin esimerkiksi kampa-, sinkka- ja tappiliitokset. Kokoonpano voidaan tehdä ennen tai jälkeen pintakäsittelyn tai sen voi jättää asiakkaan tehtäväksi. Pintakäsittelyssä yleisimmät menetelmät ovat maalaus, lakkaus ja pinnoitus erilaisilla kalvoilla.

PROJEKTICALUSTAMINEN ON SUOMALAINEN VAHVUUS

Erikoispuusepänteollisuudessa yritykset suunnittelevat sisustuskokonaisuuksia useimmiten erilaisten julkitilojen, kuten koulujen, ravintoloiden, risteilyalusten, sairaaloiden, laboratorioroiden, virastojen, päiväkotien tai palvelutalojen kalusteiksi. Työt ovat yksilöllisiä tilaustöitä, joissa arkkitehtitoimistot ovat tavallisesti yhteistyökumppaneina. Usein alan yritys on erikoistunut tiettyjen, kuten lasten- tai toimistokalusteiden, tuottamiseen ja pystyy näin kehittämään asiantuntemustaan ja palvelukokonaisuuttaan mahdollisimman korkealle tasolle. Julkikalusteet ovat niin sanottua projektikauppaa, jossa tuotteet menevät suoraan valmistajalta asiakkaalle.



Toimistotilan kalustamisen vaatimukset, toimistokulttuurit, ovat muuttuneet vuosikymmenten aikana huomattavasti yhteiskunnan, sen arvojen ja tekniikan muuttuessa. Tämä on vaatinut kalustealan yritykseltä jatkuvaa tutkimustyötä ja uusien toimintatapojen ja tuotteiden kehitystä.



ESIMERKKEJÄ ERIKOISPUUSEPÄN TYÖKOHTEISTA:
 Radisson SAS:ille Tallinnaan toteutetun ravintolakalustuksen muotoiltu kaide.
 Hotelli Kämpin aula baari (alempi kuva).



Huonekaluja risteilyaluksiin

Risteilyalusten rakentaminen mielletään helposti metallin paloitteluksi ja hitsaukseksi, mutta kyseinen ala työllistää laajasti myös suomalaista puusepänteollisuutta, vaikka tällainen alihankintatyö ei näy puusepänteollisuuden vientitilastoissa.

Laivoissa palomääräykset ovat tarkkoja ja vaativat siten alan erikoisosaamista. Kalusteiden rungoissa ja taustoissa käytetään palosuojattuja levyjä etenkin MDF:ää ja vaneria. Usein kalusteen runkona on pakko käyttää metallia esim. alumiinia, mutta tällöinkin kaluste halutaan päällystää näyttävillä puukoristeilla ja viilupinnoilla tuomaan lämpöä ja tyyliä.

Hyttien lisäksi kalustetaan laivojen teatteri- ja ravintolatiloja. Keväällä 2008 suomalainen yritys valmisti maailman suurimman risteilyaluksen "Independence of Seas" teatteriin 1700 teatterituolia. Suomalaisten vahvuutena on mm. toimitusvarmuus. Vanhojen alusten modernisoinnissa yritys tietää jo tarjousvaiheessa, minä päivänä laiva menee telakalle ja milloin se lähtee jatkamaan risteilyä. Työn on oltava valmista aikataulussa – siitä ei neuvotella, kun risteilyasiakkaat nousevat kyytiin.

Puusepänteollisuudesta tuotteita moneen tarpeeseen

Rakennuspuusepänteollisuus valmistaa rakennusten ovia, ikkunoita, parketteja, kattotuoleja ja portaita. Muita puusepäntalan tuotteita ovat mm. veneet, puupakkaukset, urheilu- ja vapaa-ajan välineet, leikkikalut ja ruumisarkut.

Rakennuspuusepäntuotteita alettiin valmistaa Suomessa teollisesti 1960-luvulla samalla kun muukin rakentaminen teollistui. Tuotteiden valmiusaste on vuosikymmenten aikana lisääntynyt huomattavasti. Kun ikkunat ja ovet tulivat rakennuksille 1960-luvulla puuvalmiina ilman laseja ja heloituksia, toimitetaan ne nykyisin heloitettuina, lasitettuina, maalattuina ja valmistajan toimesta paikoilleen asennettuina. Tilaajan toiveisiin vastataan mahdollisimman hyvin: esimerkiksi ikkuna voidaan tehdä asiakkaan toiveiden mukaan tietyn kokoisena, mallisena, värisenä ja halutulla tavalla lasitettuina. Raja yksittäis- ja sarjatuotannon välillä on hämärtynyt. Kaikki ovet ja ikkunat tehdään nykyisin suurillakin tehtailla tilaustyönä – niitä ei tehdä valmiiksi varastoon.

Rakennuspuusepäntuotteet ovat osa rakennustuotantoa ja siksi on tärkeää, että kaikki komponentit ovat rakennusvaiheessa yhteensopivia. Tuotteille on olemassa selkeät mitoitus- ja laatuvaatimukset. Lisäksi on mm. tuoteturvallisuuteen ja energiansäästöön liittyviä määräyksiä. Rakennuspuusepäntuotteiden valmistaminen teollisessa mittakaavassa edellyttää moduloituja tuoteperheitä. Moduloidussa tuotteistossa on vähemmän osia, koska samat osat sopivat useaan eri tuotteeseen. Perusmoduulin elinikä on pitkä ja valmistukseen voidaan soveltaa automatiikkaa ja robotiikkaa.



Ikkuna voi tuntua vain tavalliselta ikkunalta, mutta puusepäntä näkökulmasta ikkunallakin on vaatimuksia ja vaihtoehtoja.

- ulkonäkö ja laatu
- avattavuuden ja suljettavuuden helppous
- pestävyys
- uusimisen ja huollon tarve
- kestävyys ja lujuus
- lämmöneristyskyky
- ääneneristyskyky
- soveltuvuus seinäjärjestelmän osaksi
- muotorunsaus
- väri- ja materiaalivaihtoehtoisuus
- toimitustäsmällisyys
- helppo asennettavuus
- helppo valmistettavuus
- vähäinen osien määrä
- oikeat laatuvaatimukset



Energiatalous huomioidaan myös ikkunoissa. Suomessa avattiin vuonna 2008 ensimmäinen energialuokiteltujen ikkunoiden tuotantolinja. Kuvassa vasemmalla A-energialuokan ikkunan profiili.

Rakennuspuusepänteollisuuden valmistusteknologia ei paljonkaan poikkea muusta puusepäntäalan toiminnasta. Tuotannon luonne on kuitenkin enemmän tietokoneohjattua linjatuotantoa kuin huonekalujen valmistus. Rakennuspuusepänteollisuudessa on laajasti siirrytty alihankkijoilta ostettujen aihoiden ja komponenttien käyttöön.

Rakennuksiin tulevat ikkunat, ovet ja kalusteet valmistetaan edelleen pääosin puusta tai puupohjaisista levyistä. Puulajina käytetään mäntyä. Sormijatkettua puuta käyttämällä saadaan eliminoitua oksakohdat ja lisättyä puun säänkestävyyttä. Puuikkunan säänkestävyyttä on parannettu ja huoltoa vähennetty alumiinin ja muovin avulla. Nykyisin suurin osa ikkunoista on puu-alumiini-ikkunoita. Komposiittien käyttöä ikkunoissa tutkitaan. Ikkunoiden ja ovien tuotanto on lähinnä kotimarkkinateollisuutta. Erilaisen ilmaston takia ikkunoiden vaatimukset ovat meillä toisenlaiset kuin Keski-Euroopassa.

Soitinrakennus

Soittimien rakentamisessa hyvä puumateriaali on onnistumisen edellytys. Tärkeintä on puun kaunis sointi. Eri puulajit ja puun osat ovat akustisilta ominaisuuksiltaan erilaisia. Puulajista riippumatta hyvä soitinpuu on suorasyistä, tasalaatuista, oksatonta, halkeilematonta ja muutenkin virheetöntä. Paras kaatoaika on talvipakkanen, jolloin nestekierto on pysähtynyt – tällöin puu ei halkeile kuivuessaan. Usein soitinpuun tulee kuivaa rauhassa useita vuosia kaatamisen jälkeen, jotta pihka hartsiiintuu. Puun sahaaminen ja varastointi täytyy myös osata tehdä ammattitaidolla.

Suomalainen soitinrakennus on korkean osaamisen ala, jossa lopputuotteen arvo tulee taidokkaasta työstä – edullinen sarjatuotanto ei kannata Suomen kaltaisessa korkean kustannustason maassa. Maassamme on noin pari sataa soitinrakentajaa. Alan yritykset työllistävät tavallisesti muutaman henkilön.

Suomalainen kuusi sopii kitaraan

Akustisen kitaran kansi tehdään usein kuusesta. Kuusen akustiset ominaisuudet ovat hyvät ja se kestää satojen kilojen kielen jännityksiä 2–3 mm paksuisina levyinä. Soitinpuuksi soveltuvan kuusen tulee olla halkaisijaltaan 0,5–0,8 metriä ja puun on pitänyt kasvaa 150–200 vuotta sellaisella paikalla, että oksat ovat pysyneet mahdollisimman ohuina. Oksatonta tyveä tulee olla 3–6 metriä. Rungon tulee olla sileä ja pyöreä. Kierrettä ei saa olla. Vuosilustojen tulee olla tasavahvaisia. Suomesta on vaikea löytää tällaisia puita, usein puuainees tuodaan Alppien alueelta Euroopasta.



Kitaran kaula voi olla mahonkia, vaahteraa tai leppää. Tärkeätä on puun keveys ja stabiilius. Otelautaan sopii kovuutensa vuoksi ebenpuu ja ruusupuuta. Pohja voi olla mahonkia ja ruusupuuta.

Veneenrakennus

Vaikka perinteet elävät puuveeneen veistossa voimakkaina, uutta tekniikkaakin hyödynnetään: suunnittelutoimistoja käytetään suunnittelemaan veneitä tietokoneella ja kaaria leikataan laserilla. Rakentamisessa käytetään paljon kotimaista mäntyä, mutta vaihtoehtona on mm. mahonki. Kaari-puu tehdään usein tam-mesta tai saarnesta. Kes-tävän ja kauniin veneen tekemiseen tarvittava koti-mainen puu hankitaan pieniltä sahoilta tai suo-raan metsästä.



Veistämöt ovat pääasiassa yhden miehen yrityksiä. Ne jotka osaavat työn perustavat mielellään oman yrityksen, eivätkä lähde muiden yritysten palvelukseen. Lähes kaikki veistämöt ovat monipuolistaneet tuotantoaan uusista veneistä myös korjauksiin ja entisöintiin.



Kengätkin puusta

Markku Rudangon tekemien kenkien pohja on koivua ja päällinen parkkinahkaa.

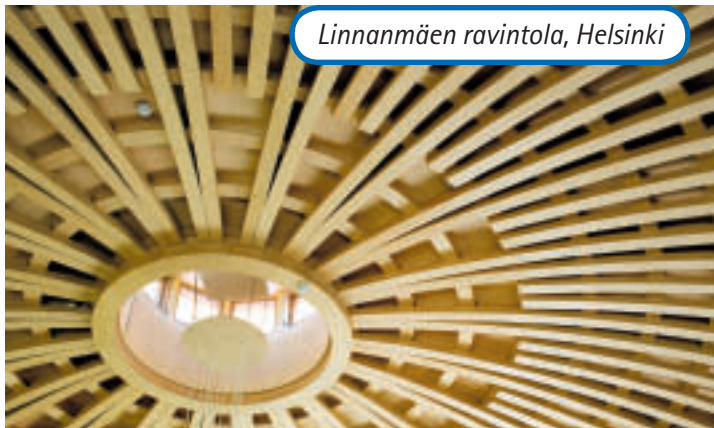


Läpivärjätty puu on Riku

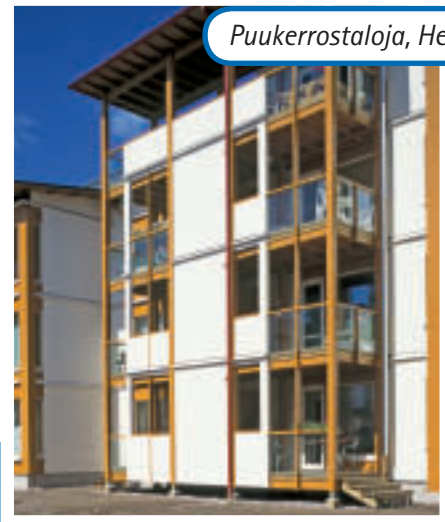
Kärin keksintö. Värjäys-tekniikka on kehitetty Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa. Värjäyksen kohteena voi olla viilu tai massiivipuu. Lautasten suunnittelija on Jussi Helve. Puukengät (oikealla) on suunnitellut Paola Suhonen. Myös hän on käyttänyt läpivärjättyä puuta suunnittelemissaan kengissä.

Suomalaisella puulla näyttäviä rakenteita

Puurakentaminen on selvässä kasvussa



Linnanmäen ravintola, Helsinki



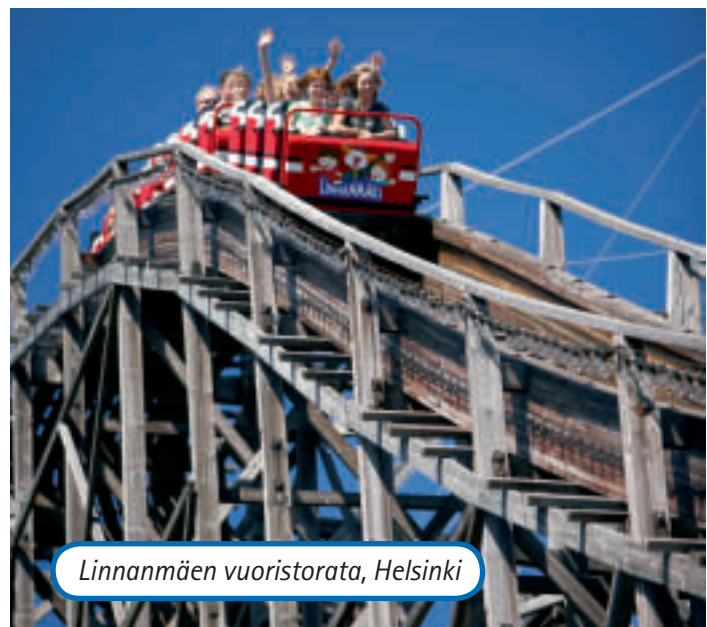
Puukerrostaloja, Helsinki



Piano-paviljonki, Lahti



Sibeliustalo, Lahti



Linnanmäen vuoristorata, Helsinki

Puurakentaminen ja puutaloteollisuus myötätulessa

Puun ominaisuudet rakentamisessa

Puu on monipuolinen rakennusaine: se on ainoa materiaali, joka voi olla samalla kertaa kantava rakenne, lämmöneriste, kosteuserojen tasapainottaja sekä valmis sisä- ja ulkopinta.



Puu rakennusaineena

- + ainoa uusiutuva
- + ekologinen
- + esteettinen
- + kotimainen
- + paikallinen
- + helposti saatavissa
- + monipuolinen
- + kevyt ja luja
- + helposti työstettävä
- + rakennusmateriaali, jonka tuotannossa syntyy enemmän energiaa kuin siihen tarvitaan
- + CO₂-varasto
- + kierrättäminen on helppoa.
- + pitkäikäinen oikein hoidettuna
- + parantaa sisäilmaa
- + monipuoliset pintäkäsittelymahdollisuudet

Erityisominaisuudet huomioitava

- elää kosteuden mukaan
- vaihteleva laatu, koska on luonnontuote
- voi haljeta väärillä työmenetelmillä
- paloturvallinen massiivisena rakenteena

Rakennusmateriaaleja valittaessa on hyvä huomioida, että puu tuo asumiseen sellaisia hyvänolon tunteita, joita ei voi mitata rakennusfysikaalisilla suureilla. Monet pitävät puun tuoksua rauhoittavana. Puuta on miellyttävä koskettaa ja sen pinta on elävä ja kauniisti vanheneva.

Puurakentamisen pitkät perinteet ja nykytila

Suomessa on aina rakennettu puusta. 1900-luvun alkupuolelle saakka puu on ollut lähes yksinomainen rakennusmateriaali suomalaisessa kansanrakentamisessa. Halpaa, helposti työstettävää ja kaunista materiaalia on ollut paljon saatavilla. Pitkään taloissa oli pelkkiä hirsirakenteita; vasta 1800-luvulla yleistyi ulkoseinän pystylaudointus tavallisen kansan parissa. Hirsi



Vanhaa Raumaa



Unesco on valinnut Suomesta 7 kansainvälisesti merkittävää ja säilytettävää maailmanperintökohdetta. Näistä kolme liittyy puukulttuuriimme.

***Vanha Rauma:** yhtenäinen, vanha puutaloalue 1700–1800 -luvulta*

***Petäjäveden kirkko:** pohjoismaisen, luterilaisen kirkkoarkkitehtuurin ja hirsirakentamistaidon aintulaatuinen muistomerkki 1760-luvulta.*

***Verlan puuhiomo ja pahvitehdas:** hieno tehdaskokonaisuus 1800-luvun lopusta*

<http://www.nba.fi/fi/maailmanperintokohteet>

korvattiin kevyemmällä runkorakenteilla 1900-luvun alkuvuosikymmeninä, kun rakennusmateriaalit monipuolistuivat. Teollistumisen ja elintason nousun myötä puun arvostus las-ki. Puu yhdistettiin mielikuvissa köyhään menneisyyteen.

Muuttoliike maalta kaupunkeihin kiihtyi 1960-luvulla. Kaupunkeihin piti saada uusia asun- toja, ja kokonaisia lähiöitä rakennettiin nopeasti betonielementeistä. Etenkin taloteol- lisuus oli kiinnostunut betonista ja tiilestä. Koko puurakentamisen osaaminen oli välillä kadota, ainakin suuren mittakaavan rakentamistoiminnassa.



PAANUT

Kirkkorakennuksissa on Suomessa paanu- kattoja kaikkiaan hieman yli 200. Paanu- ja käytetään jonkin verran myös muussa rakentamisessa. Paanukaton kesto vaihtelee riippuen huollosta ja käytetyistä materiaaleista 30–200 vuotta.

Paanupuun on oltava ulkokuivattua ja puuta on pidettävä varastossa noin 2–4 v. ennen paanun sahausta. Paanut tehdään yleensä sydänpuumännystä tai haavas- ta. Aluskatteenä suositellaan perinteis- tä tuohta. Paanujen naulaus kannattaa tehdä perinteisillä litteillä takonauloil- la, sillä ne poikittain lyötyinä katkaisevat puun syyt, eivätkä aiheuta sivullepäin halkaisevaa painetta.



Kirkkoniemen kellotapulin paanukattoa kunnostamassa Marko Ruuskanen.

1990-luvulta alkaen puun käyttö jul- kisten rakennusten materiaalina on li- sääntynyt maassamme selvästi. Kun ekologinen ajattelu ja pyrkimys kestä- vään kehitykseen nousivat esille, alet- tiin taas panostaa puurakentamiseen. Puun käyttöä pyritään lisäämään ra- kentamisessa koko Euroopassa. Suomen noin miljoonan omakotitalon kannas- ta 80 % on puurunkoisia, 10 % hirsirunkoisia ja 10 % kivrunkoisia. Lisäksi puurunkoisissa taloissa on yli 65 prosentissa myös julkisivu puusta. Vapaa-ajan rakennuk- sista puurunkoisia on peräti 99 prosenttia.

Puun käyttö on lisännyt myös rakennusmateriaalien tuotekehittelyä ja jatkojalostusta. Suurten puurakennusten tekemistä rajoittivat pitkään kaava-, palo- ja rakentamismääräyk- set. Päätäjien ja rakennuttajien keskuudessa on nyt myönteinen asenne puurakentamista kohtaan ja puu on palannut arvostetuksi rakennusmateriaaliksi.



PÄREET

Pärepuuksi valitaan hienosyistä, suoraa ja oksatonta kuusi- tai mäntypuuta. Päreet tehdään 35–40 sentin pituisiksi 4 millin paksuisiksi ja 10–15 sentin levyisiksi. Kun pärekaton somu on 10 senttiä, tulee kerroksia neljä päällekkäin. Näin päreitä menee neliölle noin 170 kpl ja pärenauloja noin 80 kpl. Pärekaton paino on noin 40–50 kg/neliometri, tiilikaton 90–110 kg.



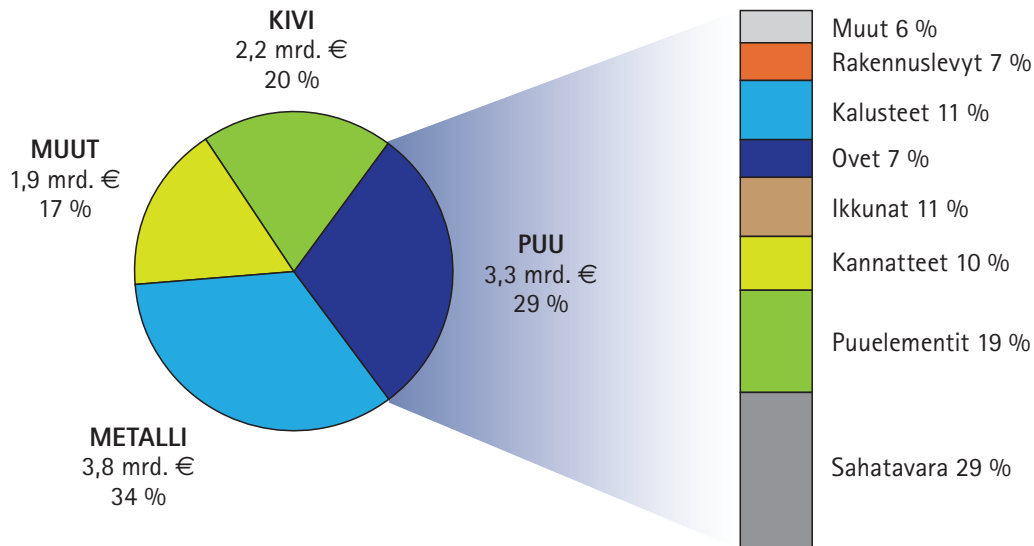
Suomi on puun käytön kärkimaa: täällä kulutetaan vuodessa henkeä kohti enemmän havusahatavaraa kuin missään muualla maailmassa eli 1,1 kuutiota (2003). Toisena kulutuksen kärjessä tulevat virolaiset 0,78 kuution kulutuksella henkeä kohti. Manner-Euroopassa luku on 0,15 ja Venäjällä vain 0,07 m³/asukas. Puun käytön kasvupotentiaali on valtava.



Suomen metsät kasvavat vajaassa vuorokaudessa puumäärän, jolla voitaisiin rakentaa kaikki noin 30 000 maassamme vuosittain valmistuvaa, keskikooltaan 77 neliömetrin asuntoa puurunkoisina ja verhotane ulkoa ja sisältä puulla aina nelikerroksisiin taloihin asti.

RAKENNUSMATERIAALIT JA MARKKINAT

Puun käyttö talonrakentamisessa: puun käytön osuus vrt. muut materiaalit



Puutaloteollisuus ja pientalorakentaminen

Nykyisin omakotirakentajista 70 % ostaa talopakettin ja useimmiten se on puuta. Talopaketti voi olla precut ratkaisu, jossa puutavara toimitetaan määrämittaisena rakennuspaikalle tai muuttovalmis ratkaisu tai näiden välimuoto. Eniten ostetaan puuelementtitaloja. Talopakettin etuja ovat oman työn osuuden väheneminen, kustannusten parempi hahmottaminen sekä rakentamisen nopeus.



Teollisen talotuotannon liikkeelle lähtö liittyy Suomessa talvi- ja jatkosotaan. Puolustusvoimat tarvitsivat tuolloin ripeästi paljon parakkeja tilapäistä majoitusta varten. Lisäksi armeija tarvitsi lentokone- ja autohalleja sekä varastorakennuksia. Sodan jälkeen oli menetetty yli sata tuhatta rakennusta alueluovutusten ja ilmapommitusten tuhojen seurauksena. Lisäksi yli 400 000 evakkoa oli vailla kotia. Teollinen talotuotanto auttoi maamme jälleenrakennuksessa ja sotakorvauksien maksamisessa. Suomen arkkitehtiliitto tunsii velvollisuudekseen kehittää rakennusalan käytäntöjä. Tyypitalomallit kuten ns. rintamamiestalon ja Rakennustieto-kortisto ovat tämän työn hedelmiä.



Suuri osa nykyisistä talopaketeista tarkoittaa tuote- ja palvelukokonaisuutta, joka sisältää tavallisesti talon pohja-, julkisivu- ja rakennesuunnitelmat sekä runkomateriaalit, ikkunat ja ovet. Usein myös rungon pystytys ja väliseinämateriaalit kuuluvat pakettiin sekä muut tarvikkeet kuten keittiökalusteet. Talo-teollisuuden tulevaisuuden haasteena ovat pidemmälle viedyt palvelukonseptit mm huoltoineen. Matalaenergiatalot ja passiivitalot ovat huomisen haasteita. Puuelementtitalojen vienti ja tuonti on vähäistä, mutta Venäjän markkinoita pidetään lupaavina.

Teollisessa talotuotannossa pyritään järjestelmään, jossa suunnittelu, valmistus, materiaalitietous ja asentaminen muodostavat hallitun kokonaisuuden. Teollinen tuotanto edellyttää valmisteiden standardisoinnista siten, että rakennusprosessien eri osat ovat toisiinsa sopivia, mutta tarjoavat sisäisen muuntelun mahdollisuuksia. Keskeinen rooli viime vuosien puun käytön kehitystyössä Suomessa on ollut avoimen puurakennusjärjestelmän kehittämällä. Tavoitteena on ollut muodostaa kaikkien puun käyttäjien apuvälineiksi yksi yhteinen, puurakentamisen eri osapuolet yhdistävä järjestelmä. Käytännössä tällainen järjestelmä näkyy muun muassa siinä, että on vakioituja, yhteensopivia rakenneosia, joiden turvallisuus on tutkittu ja ne on laatuokiteltu. Niiden käytöstä on rakennesuunnittelijoille, arkkitehteille ja rakentajille julkaistut ohjeet. Tämä mahdollistaa paremmin myös tietokoneavusteisen suunnittelun (PuuCAD) .

HIRSITALON HALUAA JOKA VIIDES

Hirsi on tukista sahattu, kokopuinen rakennusmateriaali. Suomessa hirret tehdään pääasiallisesti männystä, mutta kuustakin käytetään. Hyvä hirsipuu oli suora, sileäpintainen, tasapaksu, sopivan nopeasti kasvanut ja paljon sydänpuuta sisältävä honka. Hirsityyppejä on monenlaisia, mutta kaikkia niitä koskevat samantyyppiset työstöperiaatteet: hirteen tehdään varaussalvos ja nurkkasalvos, jotta hirsikertoja voidaan pinoita päällekkäin seinään. Hirsi voi olla kokopuuta tai liimattu hirsi.

Vapaa-ajan asunnoissamme hirsi on ollut aina yleisin materiaali ja edelleenkin noin 70 prosenttia uusista loma-asunnoista on hirsirakenteisia. Puutalot tehtiin hirrestä aina 1940-luvulle asti, jolloin rankorakentaminen yleistyi. Pitkän tauon jälkeen hirsitalo on yleistynyt asuntona viime vuosikymmeninä. Suurin osa hirsitaloista on teollisesti valmistettuja.

Pientalorakentamisen järjestelmät:

Pienelementti: Ulkoseinät kootaan 30–120 cm:n levyisistä siivuista. Voi asentaa miesvoimin. Ikkunat asennetaan työmaalla. Yleisin.

Suurelementti: Ulkovaippa kootaan seinänmittaisista elementeistä, jossa ikkunat, ulko-ovet, ulkoverhous ja pellitykset voivat olla tehtaalla valmiiksi asennettuna. Vaatii nosturin. Arkkitehti usein suunnittelussa mukana.

Tilaelementti: Rakennus kootaan tehtaalla pintaverhoilu- ja myöten valmiiksi rakennetuista talon osista. Rakennusaika lyhyt. Arkkitehti mukana suunnittelussa.

Pre-cut: Puutalon puuosat ovat tehtaalla valmiiksi määrittäen katkottuja. Puuosat kootaan työmaalla valmiiksi taloksi.

Hirsirakentaminen: Runko muodostuu määrämittaisista, koodatuista massiivipuista rakennuspaikalla päällekkäin latoen (pre-cut).



Hirsitalo voi olla ulkoa hyvin modernin näköinen. Hirsitalo kestää sukupolvelta toiselle.



Hirsityyppejä

Veistetty hirsi muotoillaan kirveellä.

Pelkkahirsi on veistetty kahdelta sivulta suoraksi.

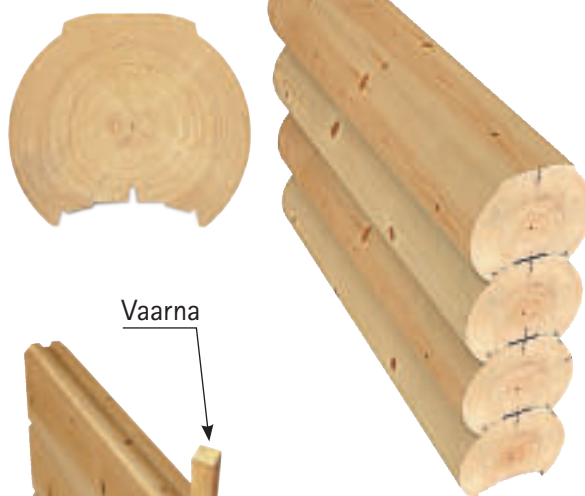
Höylähirsi on teollinen hirsityyppi, paksuus 70–170 mm. Eri valmistajilla on lukuisia eri malleja. Käyttö on vähenemässä.

Pyöröhirsi on muodoltaan lähes alkuperäinen puun runko, voidaan veistää tai sorvata ja höylätä.

Lamellihirsi (liimahirsi) on kahdesta tai kolmesta osasta liimattu hirsi siten, että sydänpuu tulee aina hirren ulkopintaan. Näin hirsi ei painu eikä halkeile pintaan päin ja se säilyttää muotonsa ja mittansa paremmin kuin tavallinen hirsi.

Lämpöhirsi on hirsielementti, joka koostuu hirsipaneeleista ja sisälle tulevista eristeistä.

Pyöröhirsi



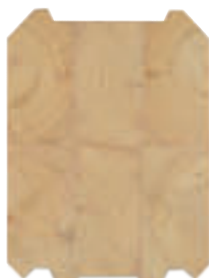
Vaarna



Varaussalvos



Lamellihirsi



Nurkkasalvos



Höylähirsi



Hirsiteollisuudella on nyt hyvät näkymät: sen kotimaan myynti sekä vienti ovat kasvaneet viime vuosina. Hirsitaloja viedään 30 maahan. Venäjä, Ranska ja Saksa ovat merkittävimmät yksittäiset vientimaat. Japanin osuus on noin kymmenen prosenttia viennistä. Suomi on maailman johtava teollisten hirsitalojen valmistaja ja myös maailman suurin yksittäinen hirsitaloja valmistava yritys on suomalainen.

Hirsitalo on oikein tehtynä hengittävä rakennus, jossa on hyvä sisäilma. Hirsi tasaa ilman kosteuden ja lämpötilan vaihtelua. Järeällä hirrellä on luonnollinen kyky varastoida lämpöä ja kosteutta ja luovuttaa sitä huoneilmaan tarpeen mukaan.

Puu nykyarkkitehtuurissa

Puinen rakennus on osa Suomea. Betonisen tauon jälkeen puun käyttö on taas lisääntynyt ja monipuolistunut suomalaisessa arkkitehtuurissa 1990-luvulta alkaen. Aiemmillä vuosikymmenillä puu on ollut Suomessa julkisessa rakentamisessa vain täydentävä ja kokonaisuutta pehmentävä materiaali. Uudenlaisen puurakentamisen lippulaivaksi nousi vuonna 2000 Lahden Sibelius-talo. Sen jälkeen on syntynyt yhä enemmän julkisia rakennuksia, joissa puurakenteet ovat oleellinen osa arkkitehtuuria ja rakenteelliset liitokset on suunniteltu osaksi näyttävää kokonaisuutta. Puuta on sovellettu yhä vaativampiin rakennuskohteisiin ja puisia rakennuskomponentteja on kehitelty sitä mukaa arkkitehtien tarpeisiin. On rakennettu puisia kirkkoja, kouluja, siltoja, toimistotaloja ja konserttitaloja. Puun erityisominaisuudet tukevat hyvin muun muassa akustiikkaa ja siksi puusta onkin tullut konserttisalien suosittu rakennusmateriaali. Kansainvälisissä arkkitehtuurijulkaisuissa on reportaaseja suomalaisista puutaloista ja suomalaisesta puusta rakennetaan näyttävästi myös ulkomaille. Suomi on saanut mainetta järjestämällä tasokkaita, kansainvälisiä puuarkkitehtuurin jatko-opintoja.



Pietarin Marinski-teatteri

Pietarin kuuluisan Marinski-teatterin uuden konserttisalin suunnittelivat ulkolaiset arkkitehdit, mutta he ihastuivat käyttämään suomalaista puuta rakenteissa. Tuhatpaikkaisen konserttisalin rakentaminen puusta on haaste suunnittelijoille. Marinskin suunnittelussa hyödynnettiin Sibelius-talosta ja Savonlinnasalista saatua asiantuntemusta. Betonirunkoisen salin sisärakenteet, seinät ja katot ovat koivuvanerilla pinnoitettuja kertopuuelementtejä. Suurta punontatyötä muistuttavat seinäelementit antavat salille ainutlaatuisen ilmeen. Puitten kattoelementtien paino on 120 kg/m² ja seinärakenteiden 40 kg/m². Rakenteet on tehty paksuimmillaan 200 mm levyistä ja saliin asennettiin kaikkiaan 600 m³ kertopuuta.



Pariisin Charles de Gaullen lentokentälle tulevat matkustajat saavat haukkoa henkeään. Vastassa ei olekaan perinteinen, pimeä betoniterminaali vaan valoisa, ilmava puukatos.

Noin yhdeksän miljoonaa matkustajaa kävelee vuosittain lähes 700 metriä pitkän puukatoksen läpi. Korkeutta sillä on 20 metriä ja leveyttä 32 metriä.

Puurakenne tehtiin suomalaisen metsäteollisuusyrityksen tuotteista. Katon kaarevat elementit tehtiin suomalaisesta koivuvanerista, joka täytti suurikokoisten rakenteiden tekniset vaatimukset. Sisäverhous muodostuu 160 kaarevasta elementistä, jotka koostuvat kuudesta maksimissaan yli kahdeksan metrisestä lohokosta. Jokainen lohko valmistettiin yli sadasta saarniviilupinnoitetusta koivuvanerisoirosta. Kaaret koottiin rakennuspaikalla, sillä ne olivat liian leveitä valmistettavaksi muualla. Lähes tonnin painoisia elementtejä jouduttiin käsittelemään erittäin huolella, eikä niitä saanut esimerkiksi missään vaiheessa pinota.



Korkeasaaren näkötorni "Kupla"

Torni on Teknillisen korkeakoulun arkkitehtiosaston "Puustudion" opiskelijoiden suunnittelema ja pystyttämä. Jokaisen kurssin päättötöyänä on jonkin rakennuksen toteuttaminen ryhmänä alusta loppuun asti.

Tornissa on luja, mutta kevyt, soiroista tehty verkkokoorirakenne, joka takaa esteettömät maisemat joka suuntaan. Rakenteen toteuttaminen vaati sinnikästä kokeilua malleilla, jotta puu saatiin taipumaan ja kiertymään vaaditulla tavalla. Jokainen soiro piti höyryttää rakennuspaikalla erikseen taivutusta varten kuuman kesän aiheuttaman kuivumisen takia.

Verkossa on yli kuusisataa liitosta, jotka liitettiin toisiinsa pulteilla.



Säilyneitä puukaupunkeja arvostetaan vielä nykyäänkin niiden arkkitehtonisen selkeyden ja yhdenmukaisuuden sekä katu- ja pihatilojen sulkeutuneisuuden ansiosta. Ihmiset pitävät eri tutkimusten mukaan ihanneasumismuotona pientaloa ja puuta asumiseen parhaiten sopivana materiaalina. Moderni puukaupunki -hanke on valtakunnallinen projekti, joka käynnistettiin jo vuonna 1996. Sen tavoitteena on synnyttää eri puolille Suomea esimerkkejä viihtyisistä puurakentamisen asuinmiljöistä. Mukana on ollut runsaat 20 erilaista kohdealuetta, joille on rakennettu tuhansia pientaloja puusta. Myös puukerrostaloja on syntynyt muutamia kymmeniä. Puukerrostalojen rakentaminen tuli mahdolliseksi Suomessa syksyllä 1997 palomääräysten uudistamisen myötä. Puukerrostalojen valta-alueita ovat Pohjois-Amerikka ja Skotlanti. Pohjois-Amerikan länsirannikolla yli 90 prosenttia kaikista asuinkerrostaloista tehdään puurunkoisina.

Moderni puukaupunki -hankkeessa suositaan aluerakentamista, jolloin rakennetaan kerralla kokonainen kaupunginosa. Näin saadaan syntyään kokonainen, ehjä miljö. Esimerkkejä jo valmistuneista puutaloalueista ovat mm. Porvoonjoen Länsiranta, Oulun Puu-Linnanmaa, Sodankylän vanhan raviradan alue, Espoon Friisilä ja Tuusulan Nummenharju.

Hankkeilla halutaan edistää kaupunkimaisen tiivistä ja pientalomaisen matalaa asumista. Pienimittakaavaiset, tiiviit asuinympäristöt ovat vaihtoehto maankäytöltään tehokkaalle kerrostaloalueelle ja väljälle suuritonttiselle pientaloalueelle. Tiivis ja matala rakentaminen edustaa suomalaisessa asumiskulttuurissa uutta ajattelua, jossa asumisen yksityisyys ja yhteisöllisyys ovat yhdistettävissä. Alueiden asemakaavoitus on tiiviin ja matalan rakentamisen keskeisin työkalu.



Porvoon modernia puukaupunkia.



6

Kemiallinen metsäteollisuus valmistaa erilaisia papereita ja kartonkeja

Paperi on 2000 vuotta vanha keksintö.

Paperin raaka-aineena käytetään sellua ja mekaanista massaa. Kun puu hajotetaan kemiallisesti keittämällä, syntyy sellua. Mekaaninen massa syntyy, kun puuta hajotetaan hiertämällä tai hiomalla. Sellun ja massan raaka-aineena käytetään kuitupuuta. Kierrätyskuitu on haluttu ja merkittävä paperin raaka-aine erityisesti Keski-Euroopassa ja Kiinassa.

Yleensä lehtipuu-, havupuu- ja kierrätyskuitumassaa sekoitetaan keskenään tarkassa suhteessa juuri tietynlaisen paperin aikaansaamiseksi. Eri paperi- ja kartonkilaatuja on tuhansia, koska jokainen eri käyttökohde vaatii hieman erilaisia ominaisuuksia.

Paperikoneet ovat massiivisia, 100 metriä pitkiä laitteita, jotka tekevät 9 metriä leveää paperia noin 120 kilometrin tuntinopeudella.

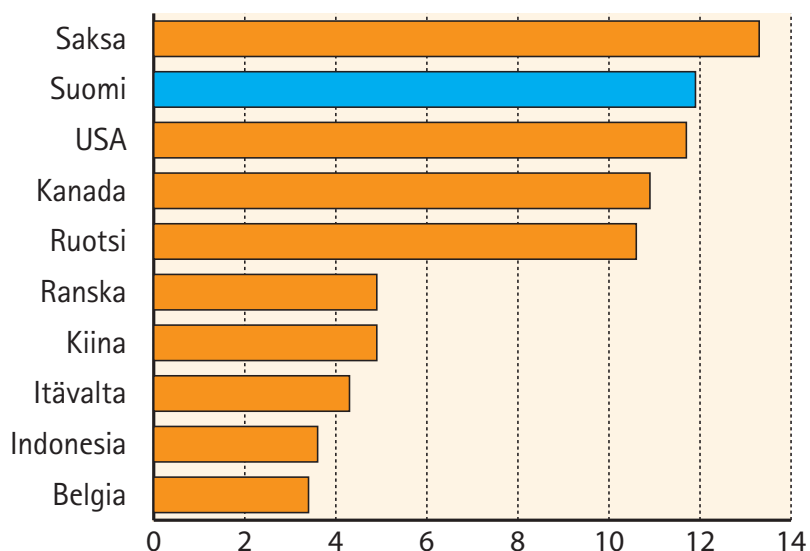
Suomi on maailman suurimpia paperin ja kartongin viejiä. Erityisesti painopaperia kuten aikakauslehti-, sanomalehti ja hienopaperia viedään paljon. Älykkäitä ja aktiivisia papereita ja pakkauksia kehitellään kiivaasti ja muutamia on jo kaupallisina tuotteina.

Suomen kemiallinen metsäteollisuus

Kemiallisen metsäteollisuuden alaan kuuluvat massan valmistus sekä paperi- ja kartonkiteollisuus.

Suurimmat paperin ja kartongin viejämaat

Vuonna 2008 paperia ja kartonkia vietiin 114 miljoonaa tonnia. Saksa oli suurin viejä, Suomi toinen (lähes 12 miljoonaa tonnia)



Paperilaatuja on tuhansia erilaisia, koska ne tehdään eri loppukäyttötarkoituksiin.



Massateollisuus tuottaa paperin raaka-aineen

Ennen kuin puusta voi valmistaa paperia tai kartonkia, puun kiinteä rakenne on rikottava massaksi. Näin käy kun puun ligniini liuotetaan tai pehmitetään niin että puun kuidut irtoavat toisistaan. Tämä voidaan tehdä joko kemiallisesti tai mekaanisesti tai näitä yhdistäen. Saatu massa on

- mekaanista massaa eli hioketta tai hierrettä
- kemimekaanista massaa eli kemihierrettä
- kemiallista massaa eli sellua

Massateollisuus käyttää raaka-aineena kuitupuuta, jota saadaan mm. harvennuksista ja tukkipuun latvaosista. Kuitupuuta ei kokonsa tai laatunsa puolesta sovellu sahatavaran, vannerin yms. valmistukseen. Kuitupuuta on hinnaltaan 30–40 % halvempaa kuin tukkipuu. Siksi tukkipuuta ei ole järkevää käyttää massateollisuudessa. Mekaaniset massat tehdään yleensä kuusikuidusta ja sellu pääasiassa mänty- ja koivukuidusta. Kemikuumahierrettä tehdään kuusesta ja haavasta. Suomessa käytetään myös eukalyptussellua, jota ostetaan Etelä-Euroopasta ja Etelä-Amerikasta. Ominaisuuksiltaan se vastaa suomalaista lehtipuusellua.

Mekaanista massaa valmistavat hiomot ja hiertämöt sekä usein myös sellutehtaat sijaitsevat paperitehtaan yhteydessä. Kun sellua kuljetetaan kotimaassa pitempiä matkoja tai myydä ulkomaille, sellu kuivataan pahvimaisiksi arkeiksi ja paalataan tiiviiksi paketeiksi. Mekaaninen massa jalostetaan lähes kokonaan kotimaassa ja sellustakin 80 % käytetään Suomessa. Suomi on kuitenkin merkittävä sellun viejämaa maailmassa.

Kemiallinen massa eli sellu

Sellun valmistus on puuraaka-aineen keittämistä kemikaalien avulla. Tällöin lämmön ja kemikaalien avulla saadaan poistettua puun side- ja liima-aineet ja selluloosapitoiset puukuidut irtoavat toisistaan. Raaka-aine on kuitupuuta sekä sahoilta tulevaa purua ja haketta. Havupuiden selluloosakuidut ovat pitkiä (4 mm) ja antavat paperille lujuutta ja ajettavuutta eli sitä voidaan valmistaa suurella nopeudella. Lehtipuun kuidut ovat lyhyitä (1 mm) ja antavat paperille tasaisen rakenteen ja opasiteettia eli läpinäkyvyyttä ja siten lisäävät paperin paino-ominaisuuksia. Raaka-aineen perusteella puhutaan pitkä- ja lyhytkuituisesta sellusta. Havu- ja lehtipuusellu tehdään erikseen, mutta niitä sekoitetaan keskenään. Erilaisilla sekoitussuhteilla lopputuotteelle saadaan haluttuja ominaisuuksia.



Sellumassa kuivataan arkeiksi kuljetusta varten.



Tuhanteen kiloon sellua tarvitaan 4,0–6,6 m³ puuta puulajista riippuen. Tämä puumäärä saadaan harventamalla 15 m korkeaa ensiharvennumetsää 35 x 35 m alalta. Harvennuksessa alueelta poistetaan noin joka kolmas puu.

Kun sellumassa on pesty pois kettoliemestä, jää jäljelle **mustalipeää**. Se on keittoliemen ja puusta liuenneen ligniinin seosta. Mustalipeän talteenotto ja hyödyntäminen on oleellinen osa sellun valmistusta. Kun mustalipeä väkevöidään ja poltetaan, siitä saadaan kemi-

kaaleja ja energiaa. Kemikaaleista valmistetaan valkolipeää, joka kierrätetään takaisin sellunkeittoprosessiin. Puolet puusta siis päätyy sellutehtaalla sellumassaksi ja toinen puoli liukenee keittoliemeen ja päätyy energiaksi. Sellutehdas on omavarainen energian suhteen. Lisäksi se toimittaa lämpöä ja sähköä sen yhteydessä toimiville paperi- ja kartonkitehtaille ja usein myös ympäröivälle yhdyskunnalle. (katso s. 114)

Massan **valkaisu** varsinainen valkaisu-kemikaali on klooridioksidia ja lisäksi käytetään happea, otsonia ja vetyperoksidia. Valkaisusta syntyvät jätevedet muodostavat merkittävän osan sellutehtaan jätevesikuormituksesta ja siksi valkaisu vaikuttaa ympäristöön on pyritty jatkuvasti vähentämään esimerkiksi massan ns. happivalkaisu ja entsyymikäsittelyn avulla.

Sellutehtaasta ilmaan pääsevät pistävät hajut johtuvat vapautuvista rikkiyhdisteistä, joita tarvitaan sellun keitossa. Vaikka rikkiyhdisteiden määrät ovat pieniä ja haitattomia, ihminen aistii ne helposti. Hajuaistimme on herkistynyt haistamaan pelkistyneitä rikkiyhdisteitä, koska niitä vapautuu myös pilaantuneesta ruuasta. Terveysriski hajusta tulee vasta tuhatkertaisessa väkevyydessä verrattuna hajukynnykseen. Nykyisin hajukaasut kerätään talteen ja poltetaan tai hyödynnetään uudestaan tekemällä niistä kemikaaleja.



Biotekniikkaa paperitehtaalla

Entsyymit ovat avainasemassa, kun biotekniikkaa pyritään soveltamaan teollisuuden käyttöön. Entsyymit ovat valkuaisaineita, jotka nopeuttavat reaktioita, mutta eivät itse kulu niissä.

Myös metsäteollisuus tutkii entsyymien hyödyntämistä prosesseissa. Niistä toivotaan esimerkiksi apua energiansäästöön. Entsyymeistä on olemassa jo kaupallisia sovelluksia, mutta niitä käyttävät vielä harvat tehtaot.

Entsyymit voivat olla apuna:

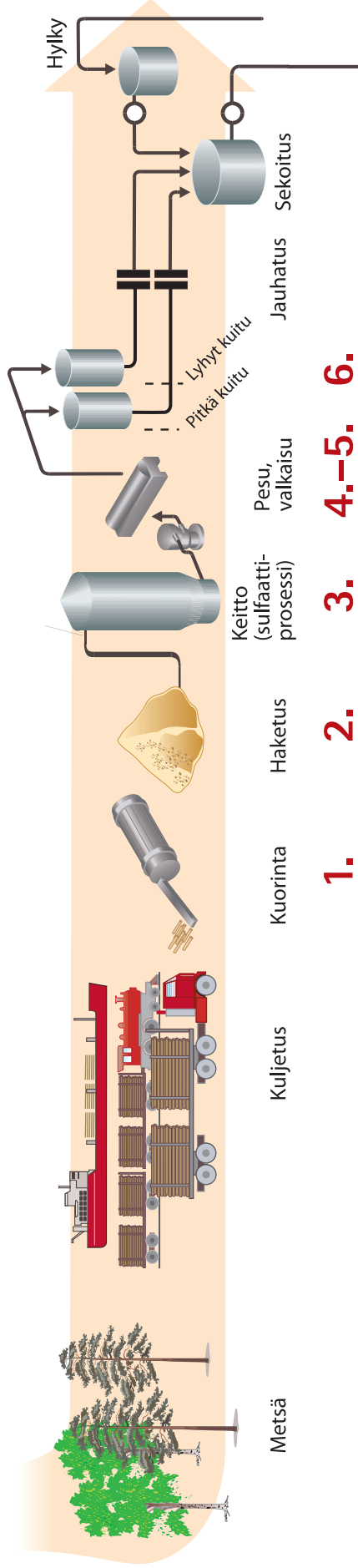
- *Kuumahierteen valmistuksessa hierteen jauhautumisessa.*
- *Kierrätyskuidun musteen poistamisessa.*
- *Ligniinin poistamisessa sellun valkaisu- vaiheessa.*
- *Pihkan poistossa massasta, jolloin pihka ei aiheuta ongelmia paperikoneella.*
- *Tehostamassa veden poistamista paperikoneen rainalta*

Jos selluloosaa halutaan jatkojalostaa, käytetään liukosellua, ei paperin valmistukseen käytettävää massaa. Tärkein liukosellun käyttökohde on viskoosi eli tekosilkki. Muita käyttökohteita ovat erikoispaperit, puristetuotteet ja revinnäistuotteet. Esimerkiksi munakennopakkaus on puristetuote ja revinnäistuotteita käytetään mm. vauvanvaipoissa.

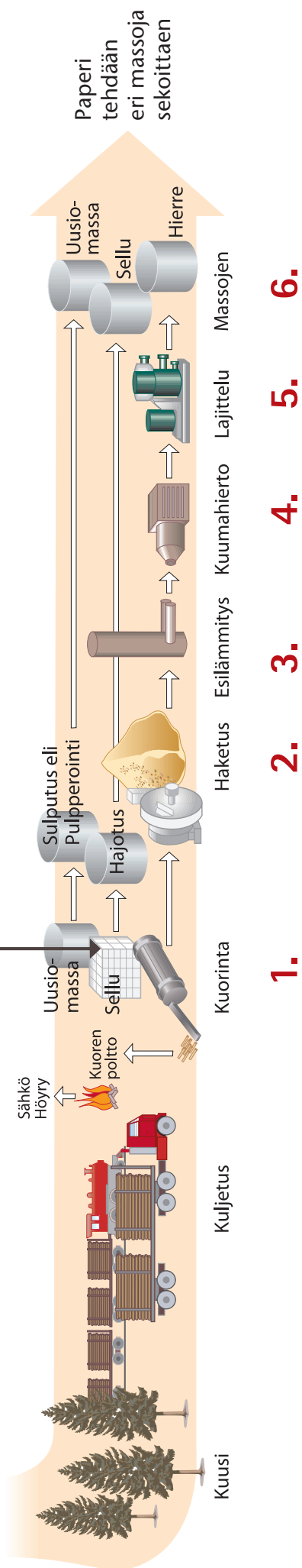
Mekaaninen massa

Mekaanisen massan valmistuksessa puun kuidut irrotetaan toisistaan mekaanisen rasituksen avulla. Tällöin kitkan aiheuttama lämpö pehmentää puukuituja toisiinsa sitovan ligniinin ja avaa kuitujen väliset sidokset. Pehmenemistä voidaan nopeuttaa valmistusprosessiin syötettävällä höyryllä.

Sellun valmistus (1–6)



Mekaanisen massan valmistus (1–6)



SELLUN VALMISTUS

1. Kuitupuut **kuoritaan** kuorimarummussa.
2. Puu **haketetaan** mahdollisimman tasakokoiseksi lastuksi. Hakekasa voidaan jättää valkolahottajasiemenen lahotettavaksi viikon tai parin ajan, jolloin osa ligniinistä hajoaa ja sellunkeitossa kuluu vähemmän energiaa. Tosin prosessi vähentää sivutuotteen, mäntyöljyn, saantoa.
3. Hake syötetään suuriin kattiloihin. Sulfaattimenetelmässä sitä **keitetään** lipeäliuoksessa (sisältää natrium- ja rikkikemikaaleja). Tällöin puunkuituja yhdistävä sideaine, ligniini, liukenee ja kuidut erkanevat.

Hake ja valkolipeä syötetään sisään kattilan yläosasta ja valmis keitetty massa tulee ulos kattilan pohjasta. Lämpötila nousee kattilan keskellä noin 160° asteeseen. Jatkuva-toimisessa keitossa haketta menee kattilan sisään ja massaa tulee ulos koko ajan, mutta ns. eräkeittomenetelmässä yhden erän keittäminen kestää noin neljä tuntia.

4. Keiton jälkeen massa **pestään** vedellä ja erotetaan keittoliemestä.
5. Ligniinijäänteiden vuoksi ruskea massa useimmiten **valkaistaan** monta kertaa peräkkäin useita eri valkaisukemikaaleja käyttäen. Ruskeaa massaa voidaan käyttää valkaisemattoman paperin valmistukseen tai esimerkiksi antamaan lujuutta kartongin sisäosissa, kuten maitopurkeissa.
6. Valkaisun jälkeen massa pumpataan **varastosäiliöihin** ja sieltä edelleen paperi-/kartonkikoneelle. Jos massa on tarkoitettu myytäväksi, se kuivataan, tehdään arkeiksi ja paalataan.

PUUSTA HIERRETTÄ – MEKAANISEN MASSAN VALMISTUS

Mekaanisen massan valmistus tapahtuu paperitehtaan yhteydessä, jonne on kuljetettu myös uusio- ja sellumassa, koska paperi tehdään erilaisia massoja sekoittaen.

1. Puut kuoritaan kuorimarummussa. Kuori irtoaa puiden hankautuessa toinen toisiaan vasten. Kuori käytetään energiaksi.
2. Hierrepuut haketetaan pieniksi lastuiksi.
3. Kuumahierrettä valmistettaessa hake käsitellään höyryllä esilämmittimessä, jossa on painetta ja lämpötila 115–135 °C.
4. Hierrossa hake ja vesi suihkutetaan levyjauhimeen, jossa hake jauhutuu alle miljoonasosaan alkuperäisestä koostaan.
5. Syntynyt massa lajitellaan sihdeillä tasalaatuisiksi.
6. Valmis massa ohjataan paperitehtaalte.

Mekaanisen massan raaka-aineena käytetään pääasiassa tuotetta kuus-
ta. Massaa voidaan valmistaa kahdel-
la tavalla: **hiomalla tai hiertämällä**.
Hiontaprosessissa kuusipölkyt pai-
netaan pyörivää hiomakiveä vasten.
Hiontaa voidaan tehostaa paineen avul-
la, jolloin puhutaan **painehiokkeesta**.
Hierreprosessissa käytetään haketta, joka syötetään levyjauhimien kiekkojen väliin, mis-
sä se jauhautuu massaksi. Hiertämistä voidaan nopeuttaa lämmön ja höyryn avulla, jol-
loin puhutaan **kuumahierteestä**.



*Tuhanteen kiloon mekaanista massaa tarvitaan 2,8 – 3,2 m³ puuta. Tämä puumäärä saadaan harventamalla 15 m kor-
keaa ensiharvennusemetsikköä 25 x 25 m alalta. Harvennuk-
sessa alueelta poistetaan joka kolmas puu.*



*Yhden 50–60 –sivuisen Helsingin Sanomien numeron val-
mistukseen tarvitaan 0,85 litraa puuta. Arkipäivänä lehden
levikki on 472 000 kappaletta. Lehden yhden päivän pai-
nosta varten pitää siis harventaa noin 8 ha ensiharvennus-
kuusikkoo. Tämä on noin 0,2 % Suomen metsistä päivit-
tään hakattavasta puumäärästä.*

Mekaanisen massan etuna on puun tarkka hyödyntäminen. Valmis me-
kaaninen massa sisältää puun lignii-
nin, joten mekaanista massaa saa-
daan samasta puumäärästä kaksin-
kertainen määrä kemialliseen sel-
luun verrattuna. Ligniini on aine,
joka aiheuttaa paperin kellastumi-
sen ja siksi mekaanista massaa ei

käytetä papereihin joiden tulee säilyä valkoisina pitkään. Hiominen ja hiertäminen kulut-
tavat paljon sähköä toisin kuin energian suhteen yliomavarainen sellutehdas. Päästöt il-
maan ja veteen ovat pienemmät kuin sellutehtaassa.

■ MASSOJEN EROJA

	kemiallinen massa	mekaaninen massa
hyödyntää puuraaka-aineen tarkkaan		x
massan saanto raaka-aineesta	n. 50 %	n. 95 %
valmistus tuottaa energiaa yli oman tarpeen	x	
lujemman paperin raaka-aine	x	
läpikuultamattoman paperin raaka-aine		x
kellastumattoman paperin raaka-aine	x	
käytetään mm. sanomalehtiin		x
käytetään mm. hienopaperiin, kuten monisteisiin	x	

Kemimekaaninen massa

Kemimekaanisen massan eli kemihierteen (CMP) teossa hake on ennen mekaanista hion-
taa käsitelty kemiallisesti. Kemikumahierre (CTMP) on yksi kemimekaaninen massatyyp-
pi. Siitä valmistetaan mm. pehmo- ja hienopapereita. Kemikumahierremassaa valmistet-
taessa puun hemiselluloosan **glukomannaania** liukenee prosessivesiin. Sitä käytetään
muun muassa parantamaan valmiin paperin ominaisuuksia ja lisäaineena lääkeaineissa sekä
terveysvaikutteisissa elintarvikkeissa. Sen lisäkäyttöä tutkitaan.

Uusiomassa

Kiertokuitu on mieluista raaka-ainetta paperiteollisuudelle. Sille on yhä enemmän kysyntää, koska sen kilpailukyky ja laatu paranevat ja käyttökohteet monipuolistuvat. Kierrätyksen avulla luonnonvaroja käytetään tehokkaasti.

Uusiomassan raaka-aineeksi sopii lähes kaikki, mikä aikaisemmin on ollut paperia tai kartonkia. Kierrätykseen eivät kuitenkaan kelpaa muun muassa savukepaperi, tapetit ja hygieniapaperit. Puukuidut lyhenevät paperia valmistettaessa. Mitä lyhyempää kuitu on, sen hauraampaa on siitä tehty paperi. Kuitu kestää 4–6 kierrätyskertaa. Kierrätyspaperia voidaan käyttää sellaisenaan esim. kartonkeihin, pahveihin ja lämmöneristeeksi. Tällöin kiertokuidun harmaasta värisistä ei ole haittaa. Kun keräyspaperista otetaan painoväri pois eli se siistitään, puhutaan varsinaisesta uusiomassasta. Yleensä uusiomassaan sekoitetaan ensiomassaa.



*Tuoreesta puusta saadaan **ensikuitua**, josta tehdään **ensiomassaa** ja siitä **ensiöpaperia**. Paperista ja kartongista voidaan valmistaa **kiertokuitua**, josta tehdään **uusiomassaa** ja siitä **uusiopaperia**.*

Uusiomassan valmistus alkaa keräyspaperin kuidutuksella rummussa, jossa paperimassa laimennetaan massa-vesiseokseksi, sulpuksi. Keräyspaperin seassa olevat muovit, metallit ja muut epäpuhtaudet poistetaan suodattamalla ja ne päätyvät jätteeksi. Siistauksen tärkein vaihe on painoväriin poisto vaahdotusmenetelmällä. Vaahdotuksessa massa-vesiseokseen lisätään saippuaa ja puhalletaan ilmaa. Vettä hylkivät painovärihiukkaset tarttuvat pintaan nouseviin ilmakupliin ja pintaan muodostunut vaahto poistetaan. Massa pestään ja sakeutetaan ennen sen pumppaamista paperikoneelle. Syntynyt siistausliete käytetään voimalaitoksella energiaksi tai ohjataan muuhun hyötykäyttöön.



Euroopassa paperiteollisuuden raaka-aineesta on puolet kierrätyskuitua. Suomessa käytetään lähes kaikki täältä saatavissa oleva kierrätyskuitu. Miksi kierrätyskuidun osuus Suomen paperi- ja kartonkiteollisuuden kuituraaka-aineista on kuitenkin vain 5 %?

Nykyisin Suomessa kulutetusta paperista, kartongista ja pahvista otetaan talteen noin 70 prosenttia. Se on hyvä saavutus näin harvaan asutussa maassa. Suomessa tuotetusta paperista yli 90 prosenttia menee vientiin, jolloin paperimme otetaan uusiokäyttöön lähinnä Keski-Euroopassa. Suomeen keräyspaperin tuonti ei olisi taloudellisesti eikä ympäristösyistä järkevää esimerkiksi pitkien kuljetusmatkojen aiheuttamien kustannusten ja päästöjen vuoksi. Suomen keräyspaperin hyötykäyttö vastaa kuitenkin yhden sellutehtaan koko vuoden tuotantoa. Noin puolet Euroopassa käytetystä paperista on valmistettu kierrätyskuiduista. Kierrätyskuidun arvioidaan ohittavan neitseellisen kuidun osuuden raaka-aineesta kymmenen vuoden kuluessa Länsi-Euroopassa. Aasiassa paperiteollisuus käyttää jo enemmän kierrätyskuitua kuin neitseellistä kuitua.

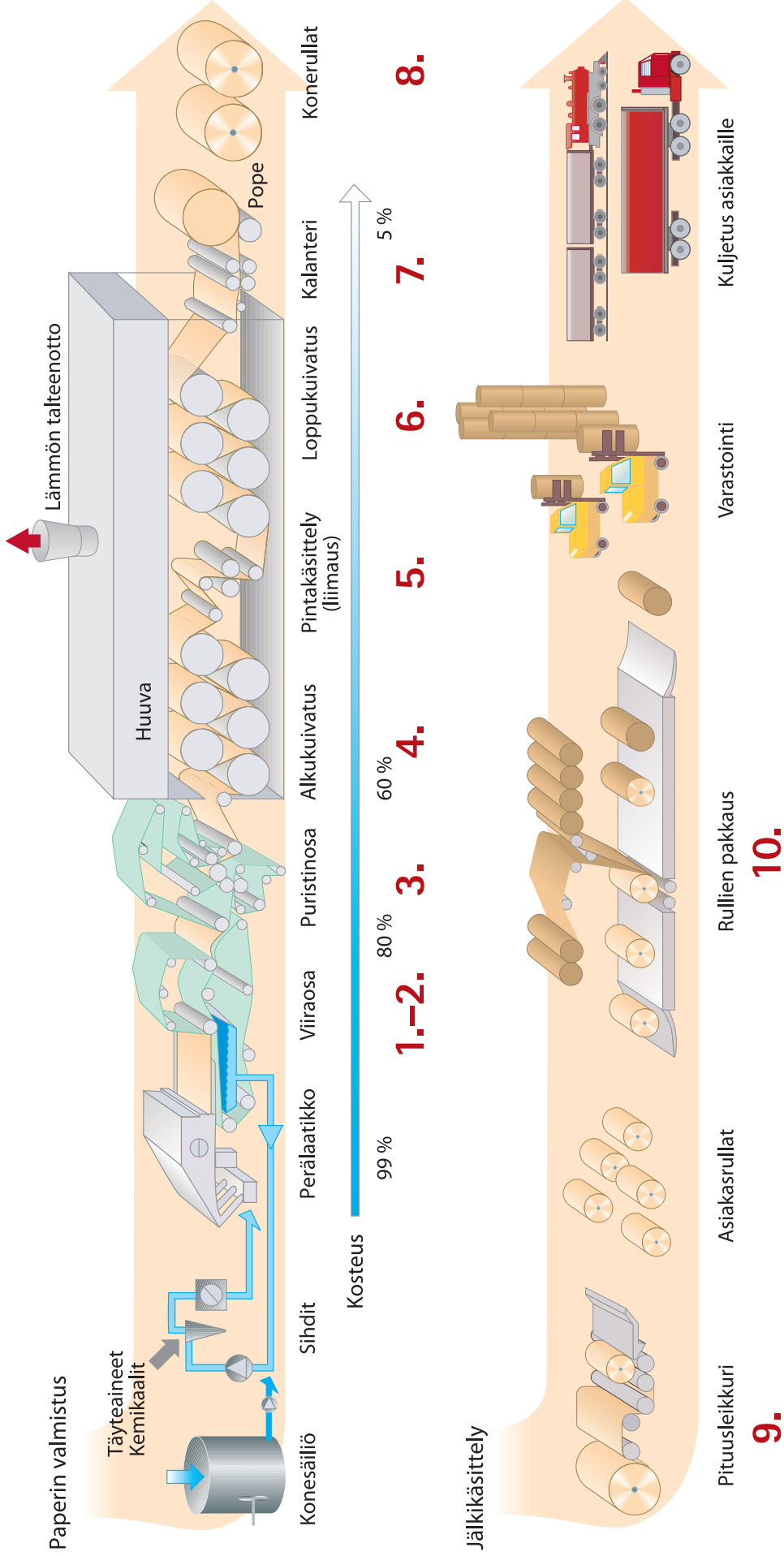


Suomessa paperin ja kartongin kulutus on 205 kiloa asukasta kohti. Keskimäärin maailmassa kulutetaan noin 55 kiloa paperia asukasta kohti, ääripäinä ovat Yhdysvallat 300 kiloa ja Afrikan noin seitsemän kiloa.

Painopaperin valmistus

Paperin valmistus alkaa kemiallisesti ja mekaanisesti valmistetusta massasta, joita yhdistetään sopivassa suhteessa. Paperikoneen idea on yleis-
tään yksinkertainen: poistetaan laimeasta kuituvullista vesi ja samalla tasoitetaan kuidut ohueksi ja tasalaatuisiksi "levyksi" eli paperiksi.

Paperikone tekee 9 metrin levyistä paperia 120 kilometriä tunnissa (1,5–2 km/min). Jos paperikoneen voisi lastata auton kyytiin, se voisi ajaa
moottoritietä täyttä vauhtia päälylystäen samalla kaksi kaistaa tiestä vuorokaudessa Helsingistä Inariin.



Paperinteon vaiheet (vaihtelevat hieman paperilaaduittain)

Sekoitusssäiliössä erilaisia massoja sekoitetaan tarkasti oikeissa suhteissa. Sen jälkeen massaa puhdistetaan, laimennetaan ja siihen lisätään täyte-, väri- ja liima-aineita.

Paperikoneella:

1. Massaseos eli sulppu levitetään perälaatikosta paperikoneen märkämpäässä liikkuvalla, vettä läpäisevälle viiralle. Tässä vaiheessa massassa on noin 99 % vettä 1% puukuituja ja täyteaineita.
2. Viiralle muodostuu paperirainaksi kutsuttu yhtenäinen paperirata, kun veden poistuksessa puukuidut kiinnittyvät toisiinsa. Viiran läpäissyt vesi ja sen sisältämät kuidut kierrätetään takaisin prosessin alkuun. Tämä vähentää veden, raaka-aineen ja lämmön kulutusta sekä päästöjä. Viiraosan jälkeen veden määrä paperirainassa on 70–85 %.
3. Viiran lopussa raina ohjataan puristinosaan. Siellä raina tuetaan huovalla ja ohjataan puristintelojen väliin. Puristinosan jälkeen paperirainan kosteusprosentti on noin 50–60 % ja paperi on mahdollista irrottaa viiralta, mutta paperin lujuus on vielä alhainen suuresta kosteudesta johtuen.
4. Paperiraina siirretään puristinosalta suljetulle kuivausosalle. Siellä kosteus poistetaan paperista höyryllä lämmitettyjen sylinterien avulla. Paperiraina kulkee kuivausviiralla tuettuna sylinterien päällä. Kuivatusosastossa vapautuva lämpö (poistoilma n. 80 °C) otetaan talteen ja käytetään uudelleen hyväksi prosessissa.
5. Paperin laatua ja ominaisuuksia voidaan räätälöidä päällystämällä tai killottamalla. Mikäli on kyse päällystetyn paperin teosta, lisätään paperin pintaan painettavuutta parantavia erilaisia aineita. Usein paperin pintaan laitetaan myös tärkkelysliimaa lisäämään lujuutta.
6. Päällystyksen jälkeen tehdään jälkikuivaus, jossa vesi haihdutetaan lähes kokonaan lukuisien kuumennettujen sylinterien ja usein myös infrakuivaimen avulla.
7. Paperi puristetaan mankelimaisessa kalanterissa eli lämmitetyillä teloilla pintojen tasoittamiseksi, kiillottamiseksi ja halutun paksuuden saavuttamiseksi.
8. Valmistunut paperi kelataan rullalle. Yhdessä, noin 9 metriä leveässä, rullassa voi olla paperia 100 km ja painoa 30–50 tonnia.

Jälkikäsitteily:

9. Pituusleikkurissa konerulla leikataan halutun kokoisiin asiakasrulliin tilausten mukaan.
10. Asiakasrullat pakataan, siirretään varastoon tai suoraan asiakkaalle. Osa rullista leikataan valmiiksi arkeiksi tehtaan viimeistelyosastolla. Standardikokoiset arkit (esim. A4 ja A3) pakataan 500 kappaleen pakkauksiin, riiseihin, toimitettavaksi asiakkaalle.

Paperi – ja kartonkiteollisuudella on tuhansia tuotteita

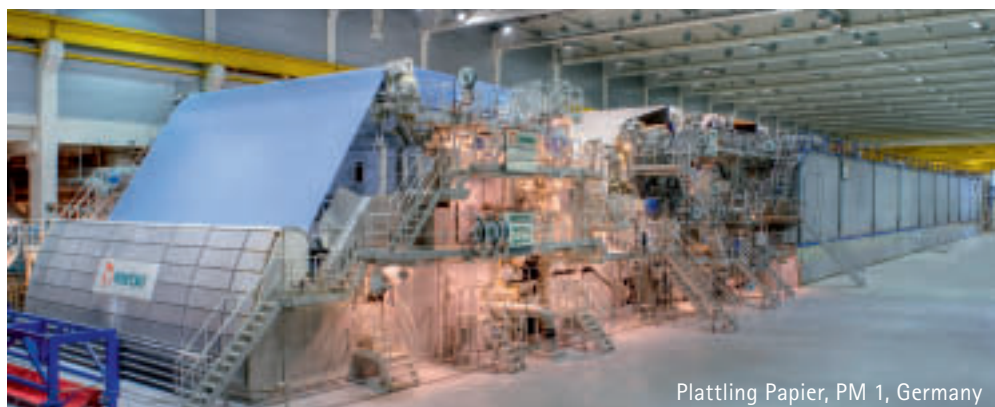
Paperin valmistus keksittiin Kiinassa

Paperi on vain noin 2000 vuotta vanha keksintö. Kivi- ja savitaulut sekä pergamentti- ja papyruskääröt olivat sen edeltäjiä. Kiinalainen Tsai Lun keksi vuonna 105 jKr. nykyisenkaltaisen menetelmän valmistaa paperia. Sen mukaisesti kasvikuituja sisältävä raaka-aine hajotetaan jauhamalla ja kuidut kootaan uudelleen veden avulla ohueksi paperirainaksi.

Kiinasta paperin valmistustaito kulkeutui arabien mukana 1100-luvulla Eurooppaan. Piispa Juhana Gezelius vanhempi rakennutti Suomen ensimmäisen paperimyllyn Pohjan pitäjään 1667. Varhaisimmat paperitehtaat valmistivat paperinsa pellavalumpuista ja muista kasvikuiduista. Puukuituja opittiin käyttämään paperin raaka-aineena vasta 1800-luvulla. Tämä tarjosi Suomelle mahdollisuuden kehittyä paperinvalmistuksen suurvallaksi.

Paperinvalmistusprosessi – yksinkertainen, mutta vaativa

Paperikone on massiivinen laite niin mittasuhteiltaan kuin investointina. Paperikone on automatisoitu, tietokoneohjattu ja täynnä huipputeknisiä ratkaisuja. Silti sen toimintaperiaate on yksinkertainen: laimeasta kuituvellistä poistetaan vesi ja samalla se tasoitetaan ohueksi ja tasalaatuiseksi paperikerrokseksi.



Paperikone on noin 140 metriä pitkä kokonaisuus, jonka alkupäästä menee sisään vetinen massaseos ja loppupäästä tulee ulos valmista paperia.



Paperikoneen konerullat ovat esimerkiksi 9 m leveitä, 50 tn painavia ja sisältävät paperia 100 km.



Paperin valmistusprosessia tarkkaillaan valvomon tietokoneilta.

Jotta syntyvä paperi on varmasti hyvää ja tasalaatuista, on prosessissa tarkkailtava lukuisia asioita automaattisilla mittalaitteilla ja laboratorionkojeilla. Paperia voidaan valmistaa yksinomaan sellusta, mekaanisesta massasta tai uusiomassasta, mutta tavallisesti näitä yhdistellään tarkasti tietyissä suhteissa sen mukaan millaista paperia halutaan saada aikaan.



Paperia pitävät koossa pääasiallisesti kuitujen väliset vetysidokset, jotka syntyvät kuivatusvaiheessa paperin vesipitoisuuden ollessa 20–30 prosenttia. Kun paperi upotetaan veteen, nämä sidokset hajoavat. Paperin kierrätysprosessi perustuu tähän sidosten hajoamiseen.

Kuitujen lisäksi paperi sisältää erilaisia laatua parantavia täyte-, päällystys- ja sidosaineita, joskus jopa 50 prosenttia. Täyte- ja päällystysaineet ovat mineraaleja kuten kalkkikivestä jauhettu kalsiumkarbonaatti, vuolukivestä jauhettu talkki tai kaoliini eli puhdistettu, valkoinen savi. Päällyste on alle 0,1 millimetrin paksuinen kerros paperin pinnassa. Päällysteet ja täyteaineet ovat myrkyttömiä. Suuri osa aineista päätyy kaatopaikalle, vaikka hyötykäyttöä on kehitetty (katso s. 87) vain osalle on keksitty uusiokäyttöä. Siksi niiden tilalle kehitellään orgaanisia aineita, kuten tärkkelyspohjaisia materiaaleja, jotka voitaisiin kierrättää tai polttaa.



Kevyesti päällystetyn aikakauslehtipaperin teossa viidennes kustannuksista tulee kemikaaleista. Tavallisen aikakauslehden sivun painosta päällystys- ja täyteaineiden osuus on 20–35 % – sanomalehdessä ei välttämättä ole lainkaan näitä aineita. Koska mineraalit eivät pala, palaa paperi sen paremmin, minkä pienempi on sen täyteaineisuus – siksi uusi tai takka kannattaa sytyttää sanomalehdellä.

Paperilaatuja on karamellikääreistä säkkeihin

Paperin kokonaiskulutus kasvaa maailmassa, mutta kulutus maanosittain muuttuu. Vaikka tuhannet erilaiset paperi- ja kartonkilaadut ovat vaatineet paljon tuotekehittelyä ja ovat sinällään alansa huippusaavutuksia, on tärkeä pyrkiä jalostamaan niistä edelleen jalostusarvoltaan korkeampia tuotteita.

PAINO- JA KIRJOITUSPAPEREITA KIRJOIHIN JA MAINOKSIIN

Paino- ja kirjoituspaperit ovat sanomalehti-, aikakauslehti- ja hienopaperit.

Sanomalehtipaperia ovat esim. sanoma- ja sarjakuvalehdet sekä puhelinluettelot. Aikakauslehtipaperia käytetään erilaisessa mainosmateriaalissa, ope-
tuskirjallisuudessa ja aikakaus-
lehdissä. Hienopaperia ovat ko-
pio- ja piirustuspaperit sekä sana-
kirjat ja Raamattu.

Sanomalehtipaperissa on paljon puuta ja vähän täyteaineita. Sanomalehtipaperi tehdään yleensä kuusesta ja yli 90 prosenttia massasta valmistetaan mekaanisesti.



Maailma muuttuu!

Sanomalehti on säilynyt merkittävänä tiedonlähteenä Suomessa – myös suomalaisten nuorten keskuudessa. Yhä suurempi osa ihmisistä lukee kuitenkin sanomalehtensä verkossa. Sanomalehtien määrä on Suomessa vähentynyt 1990-luvulta alkaen ja kokonaislevikki laskenut hieman. Sanomalehtipaperin kulutus kääntyi laskuun Amerikassa jo 1980-luvulla ja Euroopassa 1990-luvulla, Pohjoismaissa se on laskenut 2000-luvulta. Venäjällä ja Aasiassa kulutus kasvaa.

Mekaaninen massa sisältää paljon ligniiniä, mutta koska sanomalehden elinikä on lyhyt, ligniinin aiheuttama kellastuminen ei häiritse. Sanomalehtipaperi sisältää paljon pitkäaikaista hankkua. Nykyään valmistuksessa käytetään yhä enemmän kierrätyskuitua korvaamaan ensimassaa – sen osuus voi olla jopa 100 %. Sanomalehtipaperilta vaaditaan hyvää painettavuutta ja ajettavuutta nopeissa paperi- ja painokoneissa.

Aikakauslehtipaperilta vaaditaan ajettavuutta, painettavuutta, kiiltoa, läpinäkymättömyyttä ja vaaleutta. Paperi valmistetaan mekaanisesta massasta, mutta koska painopaperit ovat ohentuneet ja keventyneet vuosien myötä, lujittavaa sellua tarvitaan mukaan yhä enemmän. Aikakauslehtipaperi on sellunvalmistajan kannalta vaativin käyttökohde; miten saadaan yhdistettyä lujuutta paperin tekoon ja näyttävyyttä painamiseen. Pintaominaisuuksia, kuten kiiltoa ja sileyttä, lisätään päällystämällä paperi. Monet paperilaadut valmistetaan varta vasten tiettyä painomenetelmää silmälläpitäen.

Hienopaperissa käytetään paljon sellua ja mekaanisen massan osuus jää alle 10 prosenttiin. Tällaisille papereille on ominaista korkea vaaleus, joka saadaan valkaistun sellun ja täyteaineiden avulla. Täysin ligniinivapaat paperit eivät juuri kellastu UV-valossa ja niiden arkistoitavuus on hyvä.

Päällystämättömiä hienopapereita käytetään toimistopapereina kirjoitus-, tulostus- ja kopiointitarkoituksiin. Päällystettyjä hienopapereita eli graafisia papereita käytetään laadukkaissa paino- ja mainosjulkaisuissa.



Raamatun sivut ovat usein ohutta ohkopaperia.

Ohkopainopaperit ovat myös hienopapereita. Niiden valmistuksessa käytetään joko pelkästään kemiallista massaa tai kemiallista massaa, johon on lisätty lumppumassaa. Paperi on ohutta, mutta silti lujaa. Ohkopaperia käytettiin aiemmin pääasiassa virsikirjoissa ja raamatuissa. Nyt siitä on tullut suosittu mainospainopaperi keveytensä takia.



Hienopaperista kouluvihoksi

Jalostuskoneet ovat automaattisia, pitkiä linjoja: koneen alkupäähän syötetään paperia rullamuodossa ja loppupäässä luovutetaan tuote valmiiksi pakattuna lavalle. Jalostuslinjan rata-nopeus on noin 400 m/min.

Päällystämätöntä hienopaperia tulee rullalta

- *Kone painaa paperin molemmille puolille viivausyksikössä.*
- *Kone katkoo paperiradat sopivan pituisiksi arkeiksi ja kerää arkit tulevan vihkon paksuisiksi nipuiksi.*
- *Kone syöttää arkipinon päälle esipainetun kansilehtiarkin.*
- *Kone nitoo vihkon.*
- *Kone taivaa ja kantaa vihkon.*
- *Kone leikkaa etureunan siistiksi ja vihot erotetaan toisistaan leikkurilla.*
- *Kone pakkaa vihkot kutistekalvoon ja aaltopahvilaatikoihin sekä lastaa ne lavoihin.*

HYGIENIAPAPERIEISSA ON IMUKYKYÄ

Hygieniapaperista jalostettuja lopputuotteita ovat wc-paperit, talous- ja käsipyyhepaperit, nenäliinat, lautasliinat, suodatinpaperit ja vaippojen imumateriaalit.

Hygieniapaperit eli **pehmopaperit** ovat krepattuja ja ilmavia papereita. Lopputuotteet ovat usein monikerroksisia ja ne on kehitetty korvaamaan tekstiilejä. Pehmopaperit rypyttetään kuivatuksen yhteydessä joustavuuden parantamiseksi. Niiltä vaaditaan usein märkälujuuutta ja imukykyä. Suomalaisen pehmopaperin kuituna toimivat usein mänty ja kierrätyskuitu.



Hygieniapapereihin voidaan lukea myös ilman vettä valmistettava **kuivapaperi**. Sillä voidaan korvata hoitoalan käyttämiä kankaisia, kuitukankaisia ja paperisia hygieniatuotteita. Se kestää hajoamatta myös liuottimia ja pesunesteitä. Kuivapaperista valmistetaan pöytä- ja lautasliinoja sekä teollisuuspyyhkeitä.

ERIKOISPAPEREITA JOKA LÄHTÖÖN

Erikoispapereita ovat säilykepurkkien ja juomapullojen etiketit, tarrojen taustapaperit, voi- ja leivinpaperit, setelit, passin paperi, tapettipaperit, savukepaperit ja säkkipaperit.

Irrokepaperia käytetään pääasiassa tarrojen eli itseliimautuvien etikettien taustapaperina. Irrokepaperi on siis se osa tarrasta, joka heitetään pois. Taustapaperin pinnan on oltava äärimmäisen sileä ja tiivis. Taustapaperin pintaan levitetään erittäin ohut kerros sili-konia, joka auttaa taustan irtoamista liimakerroksesta.



Tuutin **varmuuspaperi** on seteli. Varmuuspapereille on yhteistä, että niiden ja niille painettujen dokumenttien väärentämisestä voi saada taloudellista hyötyä. Tavallisimpia aitoutta varmistavia tekijöitä paperissa ovat vesileima, kaiveruspainatus (setelin tuntu), metalli- ja helmiäislanka, hologrammi ja erikoispainovärit. Vesileima luodaan jo paperia valmistettaessa siten, että vesileiman muotoinen kuvio puristuu tiukasti paperin valmistuksessa käytettävää massaa vasten. Suomessa valmistetaan vientiin muun muassa passi- ja shekkipaperia.



Setelipaperi on puuvillaa. Puuvillan pitkät kuidut antavat paperille kestävyyttä. Markkapaperi valmistettiin Suomessa Tervakosken tehtaalla, mutta europaperia ei Suomessa valmisteta. Käytön jälkeen keskuspankki silppuaa tai polttaa loppuun kuluneet setelit.

Etikettipaperit ovat yleensä sellupohjaisia toispuolisesti päällystettyjä papereita. Niitä käytetään monenlaisten tuotteiden kuten lasi- ja säilyketölkkien ja juomapullojen etiketöinnissä. Etikettipaperin jatkojalostusprosesseja ovat metallointi, painatus, lakkaus, preglaus (kohotus), leikkaus, stanssaus (leikataan haluttuun muotoon) ja etiketöinti. Tarralaminoinnissa laminoidaan etikettipaperi ja irrokepaperi liimalla, jolloin syntyy tarraetiketti.

Eräs Suomessakin valmistettava erikoispaperien tuoteryhmä on tupakkateollisuudelle valmistettavat erittäin ohuet **savukepaperit**.

Rasvatiiviitä papereita ovat kaupan lihatiskin käärepaperi sekä voi- ja leivinpaperi. Rasvatiiviys saadaan jauhamalla massa varsin pitkälle ja kiillottamalla eli kalanteroimalla voimakkaasti. Usein paperia käsitellään vielä lisää käyttötarkoituksen mukaan.



PAKKAUSPAPERIT OVAT KESTÄVIÄ

Pakkauspaperia käytetään rehu-, sementti- ja jättesäkeissä sekä paperikasseissa ja -pusseissa.

Säkkipaperin valmistuksessa käytetään pääosin valkaisematonta pitkästä havukuidusta tehtyä sellua. Säkkipapereilta vaaditaan erilaisia ominaisuuksia. Nykyinen säkin automaattipakkaaminen (esim. 5000 säkkiä/h) vaatii säkiltä lujuutta, huokoisuutta ja venymistä. Usein säkkipaperilta vaaditaan aromitiiviyyttä, märkälujutta, pintakiiltoa tai elintarvikekelpoisuutta.

Pussi- ja käärepaperit ovat joko uusiopaperia tai valkaistua tai valkaisematonta voimapaperia. Muovipussien rinnalla kaupassa olevat paperikassit kuuluvat tähän ryhmään.

TEOLLISUUSPAPERIT ELI TEKNISET PAPERIT EIVÄT NÄYTÄ PAPERILTA

Teollisuuspapereita käytetään keittiökalusteiden laminaattipintana, sähköeristiminä, piirilevyinä, hiomapapereissa ja maalarinteipeissä.

Teollisuuspaperi eli laminaattipaperi ei näytä paperilta. Esimerkiksi keittiökalusteiden helposti puhdistettavien laminaattipintojen salaisuus on paperissa. Laminaattipapereiden käyttötarkoitukset ovat niin moninaiset, että nämä tuotteet räätälöidään asiakkaan tarpeisiin. Laminaattipaperisia tuotteita valmistettaessa useita paperiarkkeja puristetaan yhteen, jolloin syntyy erivahvuisia laminaattilevyjä.



Paperituotteita jaotellaan painon mukaan:

Paperit painavat 40–220 g/m²

Pehmopaperi 7–70 g/m²

Kopiopaperi 80 g/m²

Sanomalehtipaperi 42 g/m²

Taidepainopaperi 200 g/m²

Kartongit painavat yleensä yli 220 g/m²

Hylsykartonki 250–500 g/m²

Aaltopahvin kraftliner-kartonki 205–338 g/m².

Kartonkiteollisuudesta pakkausmateriaaleja

Paperin ja kartongin, jota sanotaan arki kielessä myös pahviksi, välinen raja on liukuva. Kartongit ovat yleensä jämsämpiä ja painavampia. Nyrkkisääntö on, että papereita käytetään painamiseen ja kartonkeja pakkaamiseen.

AALTOPAHVI YLIVERTAINEN PAKKAUSMATERIAALI

Aaltopahvista valmistetaan kuljetus- ja kuluttajapakkauksia, myyntitelineitä ja -esitteitä.

Kaikki tuntevat aaltopahvista valmistetun ruskean pahvi-laatikon. Aaltopahvi on maailman käytetyin kuljetuspakkauksen materiaali. Se on halpa, luja ja kevyt materiaali. Se patentoitiin Yhdysvalloissa vuonna 1871.

Aaltopahvin rakenne on nerokas, mutta yksinkertainen. Perusrakenteessa kahden kartongin välissä (kraftliner) on kolmas, aallotettu kerros eli fluting. Jäykkä rakenne saadaan aikaan pienellä materiaalimäärällä aallotetun kartongin avulla. Aallon korkeutta, aallotettujen kerrosten lukumäärää sekä kartonkien paksuutta muuntelemalla saadaan käyttötarkoitukseensa optimoitu materiaali.

Aaltopahvi on hyvin ympäristöystävällinen. Kierrätyskuidun osuus aaltopahvista kasvaa koko ajan ja yli 85 prosenttia käytetyistä pakkauksista päätyy uudelleen kierrätykseen. Koska aaltopahvi sisältää lujaa kuitua, se on haluttua raaka-ainetta kartonkiteollisuudelle ja korvaa ensikuitua. Kierrätetty pahvi jatkaa elämäänsä paperi- ja kangasrullien hylsynä, kirjankansina ja uuden aaltopahvin raaka-aineena.

TAIVEKARTONGIT OVAT YLEISIÄ ARJESSAMME

Taivekartonkia on kaupan hyllyt ja kodin kaapit pullollaan. Sitä ovat muun muassa muro- ja hiutalelaatikot, pahviset kahvi-, pesuaine-, kosmetiikka- ja lääkepakkaukset.

Taivekartonki on monikerroksinen kuluttajapakkauksissa käytetty kartonki. Jäykkä pinta ja tausta ovat sellusta, ilmava keskikerros mekaanisesta massasta. Kerrosrakenne tekee tuotteesta taloudellisen ja tukevan. Kaupoissa pakkauksia pakataan päällekkäin ja alimmat eivät saa litistyä. Elintarvikepakkaus ei saa antaa vierasta hajua tai makua tuotteeseen, eikä siitä saa siirtyä haitallisia aineita tuotteeseen. Pakkausten ulkonäkö on markkinoinnin kannalta tärkeä ja siksi pinnalta vaaditaan hyvää painettavuutta.

NESTEKARTONKIA LÖYTYY JÄÄKAAPISTA

Nestepakkaukset on valmistettu maito-, jogurtti- ja siirappi-, mauste- ja mehutölkit.

Nykyaikainen nestepakkaukset suojaa maidot, mehut ja mausteet tehokkaasti valolta ja pilaantumiselta. Pystyäkseen tähän nestepakkaukset tarvitsee monta erilaista päällystystä, parhaimmillaan jopa viisi. Nestepakkauk-



Pakkausmateriaalit ovat kehittyneet vuosien mittaan yhä kevyemmiksi. Litran maitotölkki on keventynyt parikymmentä prosenttia 20 vuoden aikana. Sellun- ja kartongin valmistuksessa samasta puumäärästä saadaan nyt yli 50 % enemmän pakkauksia kuin 40 vuotta sitten.

sisäpuoli laminoidaan alumiinilla. Alumiinifolion paksuus on reilu kymmenesosa hiuksen läpimitasta. Alumiini päättyy uusiomassan teossa metallinkeräykseen. Nestekartonkipakkauksen kuidut päättyvät kierrätyksessä hylsykartongin raaka-aineeksi.



Nestekartongista mehutölkiksi

Valmista päällystettyä kartonkia.

- Kartongin pintaan painetaan haluttu kuvio.
- Tehdään nuuttauksia eli uramaiset taitekohdat.
- Laminoidaan alumiinilla ja päällystetään muovilla.
- Leveä rulla leikataan yhden pakkausaihion levyisiksi rulliksi.
- Rullat toimitetaan pakkauksia käyttävälle tehtaalle.
- Pakkausmateriaali menee sterilointikylpyyn.
- Steriloitu pakattava tuote johdetaan täyttöputkessa kartonkiputkeen.
- Kartonkiputki saumataan ja vasta sitten katkaistaan ilmatiiviisti.
- Pakkaus muotoillaan tiiliskiveksi.



Mitä keräyskartonkiastian saa laittaa

- Maito- ja mehutölkkit
- Pizzalaatikat
- Munakennot
- Jauho- sekä sokeripussit
- Mysli- ja suurimopakkaukset
- Muut elintarvikkeiden kartonki- ja pahvipakkaukset
- Six-pakit
- Lääkekotelo
- Suklaarasiat ja muut kartonkiset karamellipakkaukset
- Pesuainelaatikat
- Kodinkoneiden, taloustavaroiden yms. pakkaukset

Muista litistää pakkaus:

Litettä kartonkipakkaus vie esimerkiksi 30 kertaa vähemmän tilaa varastossa kuin tyhjä pullo.

ELINTARVIKEKARTONGIT

**Elintarvikekartonkia on pahvisissa jääte-
lö- ja hampurilaispakkauksissa sekä leivos-
laatikoissa.**

Nesteiden lisäksi myös muita elintarvikkeita pakataan kartonkisiin pakkauksiin. Elintarvikekartongin raaka-aineena ei voi käyttää kierrätyskuitua hygieenisyyssyistä. Elintarvikekartongin on oltava jäykkää, muotoutuvaa, mautonta, hajutonta ja tarvittaessa nesteen pitävää.

HYLSYKARTONKI ON KIERRÄTYSKUITUA

Hylsykartongista on valmistettu wc- ja talouspaperirullien sisukset, lankarullien ytimet, kangaspakkojen sisukset ja postitusputket.

Hylsykartonkia valmistetaan pääasiassa keräyskuidusta, aaltopahvista ja kartonkipakkauksista, jonka osuus vaihtelee 50–100 prosenttiin. Keräyskuidusta tärkein on aaltopahvi. Hylsykartonki tehdään hylsykoneella ajamalla 20–30 nauhaa spiraalina akselille ja katkomalla hylsy asiakkaan haluamaan mittaan. Siten valmis hylsy muodostuu 20–30 päällekkäisestä kerroksesta.

Äly tulee paperiin ja pakkaukseen

MIKÄ ÄLYN TEKEE?

Kun luet kirjaa tai selaillet lehtiä ne viestivät perinteisesti tekstin ja kuvan avulla. Painetulla älyllä laajennetaan viestinnän keinoja. Painetussa älyssä hyödynnetään **elektroniikkaa, kemiaa, optiikkaa, optoelektroniikkaa** sekä **bio- ja nanoteknologiaa**. Paperiin tai kartonkituotteeseen voidaan liittää äärettömän pieniä elektronisia ja optisia komponentteja tai sensoreita ja indikaattoreita. Ominaisuudet voivat olla itse kuitupohjaisessa tuotteessa, älytarran avulla tuotteeseen liitettynä tai erikoispainomuisteiden avulla pintaan painettuna.

MISSÄ JA MITEN ÄLYÄ VOI HYÖDYNTÄÄ?

Älyn hyödyntämiseen esimerkiksi pakkauksissa on lukemattomia ideoita, mutta kaupallisesti hyödynnettäviä tuotteita on vielä vähän. Suurin osa näistä on toteutettu muovituotteille edullisuutensa vuoksi.

Mitä äly voisi olla? Älykkäässä pakkauksessa voisi olla muutaman millimetrin kokoinen optinen muisti, joka aukaisee vaikka viisikymmentä A4-sivua tuotteen alkuperästä, laadusta ja käytöstä useilla eri kielillä kertovaan tietoon. Kuluttaja voisi lukea tuotetietoja omalla äidinkielellään kamerakännykän avulla. Tai informaation välittäjänä voisi olla diffraktiivinen hila niin, että katselukulmasta riippuen tuotetiedot näkyvät eri kielellä. Käyttämällä orgaanista lediä voidaan lääkepakkauksen kylkeen painaa kaksivärinen näyttö, joka ilmaisee liian alhaisen tai liian korkean säilytyslämpötilan. Nanoteknologian kehityksen myötä paperiarkin yksittäisten kuitujen varustaminen muistipiireillä voi periaatteessa tulla mahdolliseksi.

Suomessa ilmestyy sanomalehti, jossa on kamerakännykällä luettava koodi, älyruutu, jonka kautta aukeaa reaaliaikainen oikotie päivän pörssiutuusiin. Tällaista teknologiaa, jossa kuitupohjaista ja sähköistä viestintää yhdistetään uusilla tavoilla, kutsutaan **hybridimediaksi**.



Suomalaisen metsäteollisuusyrityksen kehittämä kartonkikotelo CD- ja DVD-levyille on saanut hyvän vastaanoton maailmalla. Kotelo voi sisältää älytarran, joka mm. hälyttää myymälävarkauksista ja kertoo tuotteen elinkaaren. Patentoidun kotelon käyttö torjuu myös piratismia.

Kuitupohjaiseen tuotteeseen voidaan painaa myös biosensoreita, esimerkiksi vasta-aineita tai entsyymejä, jotka reagoivat ympäristön tiettyihin aineisiin esimerkiksi allergeeneihin tai huoneilman mikrobin määrään. Tulevaisuudessa tällaiset **bioaktiiviset paperit** voisivat valvoa turvallisuuttamme ja terveyttämme. Käytössämme voi olla vaikkapa homeen ilmaisevia älytapetteja tai myrkkyykaasun ilmaisevia hengityssuojaimia. Älykäs nenäliina voisi tunnistaa bakteerit ja kehottaisi hakeutumaan lääkäriin. Bioaktiivisia tarroja on jo valvomassa elintarvikkeiden laatua.

Älykomponentteja on ensimmäisenä sovellettu logistiikkaketjuun, kuten tuotteen seurantaan tehtaalta kauppiaille, varastokirjanpitoon ja kulunvalvontaan. Kaupallisia tuotteita on kehitetty myös elintarvikkeiden laadun seurantaan sekä lääkepakkauksiin.

Älykkyyttä ja toiminnallisuutta kehitetään myös puurakentamisen ja asumisen tuotteisiin, esimerkiksi rakenteisiin tai kalusteisiin upotetut anturit tärkeiden toimintojen tai ominaisuuksien seuraamiseen ja ohjaamiseen.

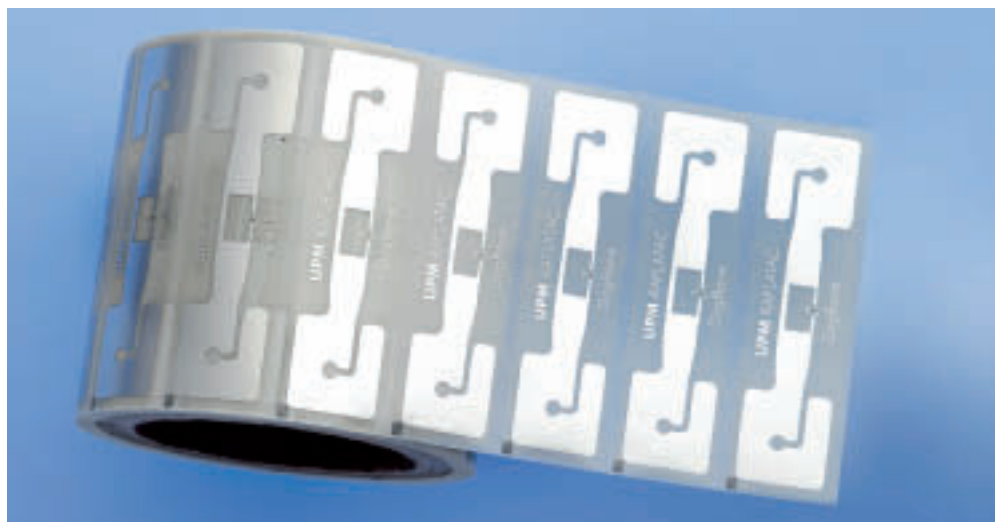


Älykkäitä tarroja RFID-tekniikalla

Maailmamme on täynnä etikettitarroja erilaisissa paikoissa: hedelmien pinnalla, lainakirjoissa, postipaketissa, hintalappuina.

Älytarrat ovat yksi älypaperisovellus. Useimmat tarrat ovat nykyisin kustannussyistä muovisia, mutta kierrätettäviin materiaaleihin laitetaan paperisia älytarroja, kuten paperitehtaiden paperirulliin ja liikkeiden pahvilaatikoihin logistiikan helpittamiseksi ja lukuisiin pääsy- ja kausilippuihin esim. formulakisoihin tai konserttiin.

Älytarrat perustuvat RFID- tekniikalle, joka tarkoittaa radiotaajuista tiedon etälukua ja -tallentamista. RFID-tunniste, eli suomeksi saattomuisti, on pieni laite, joka sisältää mikrosirun ja antennin. Laite sisällytetään tarraan, tarra kiinnitetään haluttuun tuotteeseen ja siruun ladataan halutut tiedot. Nämä tiedot voi aina uusia. Jotta tunnisteen tietoja voidaan lukea tai tunnisteelle voidaan lähettää uusia tietoja, tarvitaan erillinen lukijalaite sekä tietokoneohjelma, joka ohjailee ja tallentaa tiedon virtaa. RFID-tunnisteita käytetään maailmalla muun muassa kirjastoissa ja kirjakaupoissa kirjojen jäljittämiseen, terminaaleissa kuormalavojen, konttien ja lentolaukkujen jäljittämiseen, rakennusten kulunvalvontaan, tuotteiden tuoreuden valvontaan ja aitouden tarkistamiseen.



Kuvassa on RFID-älytunniste, joka sisältää mikrosirun ja antennin. Siru tallentaa tietoa ja hoitaa älytunnisteen kommunikoinnin lukijan kanssa. Antenni vastaanottaa ja lähettää radiosignaaleja.

Älykäs lääkepakkaus

Pakkaus voi pitää päiväkirjaa: minä päivänä, mihin aikaan ja mikä tableteista otetaan. Potilas voi tallentaa myös tietoja voinnistaan.

Älykkyys perustuu pakkaukseen upotettuun mikrosiruun ja sähköä johtavaan painatukseen.

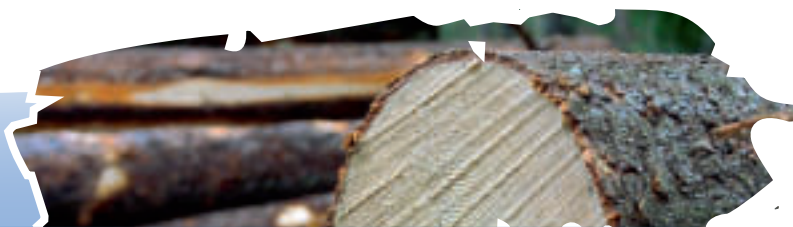
Pakkaus voi muistuttaa potilasta lääkityksestä äänimerkillä.



Pakkaukseen kuuluva lukija muuntaa tallentuneen tiedon tietokoneelle sopivaan muotoon.

Pakkaukseen tallentuneita tietoja voidaan lukea kännykällä.

Lääkäri voi tehdä tallentuneen tiedon avulla tarkempaa vaikuttavuusseuranta.



7

Puun koostumusta hyödynnetään monin tavoin

Perinteisen mekaanisen ja kemiallisen puunjalostuksen lisäksi puuainesta voidaan hyödyntää muillakin tavoilla.

Puu sisältää useita yhdisteitä, joita käytetään muun muassa lääke-, elintarvike- ja kemianteollisuudessa. Esimerkiksi sellun keiton rinnakkaistuotteena saatavaa mäntyöljyä ja tärpättiä käytetään moneen kemianteollisuuden tuotteeseen. Ksylitoli, sitosteroli ja HMR-lignaani ovat terveyttämme edistäviä aineita.

Näiden lisäksi puussa on valtavia määriä vielä tuntemattomia yhdisteitä. Erityisesti puun uuteaineista etsitään uutta lisäarvoa puulle.

Myös sellukuitua voidaan edelleen jatkojalostaa viskoosiksi, selluvillaksi ja monikäyttöiseksi CMC:ksi.

Komposiiteissa yhdistetään kahta materiaalia toisiinsa – metsäteollisuudessa puuta ja muovia. Komposiittituotteissa pyritään yhdistämään kahden aineen hyvät ominaisuudet, kuten muovin kosteuden kestävyys ja puun elävä pinta sekä kierrätettävyys.

Nanotutkimukseen panostetaan paljon. Nanomateriaalia syntyy, kun aineita muokataan millimetrin miljoonasosan tasolla. Esimerkiksi nanosellun kehittämiseen on perustettu Suomessa oma tutkimuskeskus.

Puun yhdisteet hyötykäyttöön

Puussa on tuhansia yhdisteitä ja tunnemme niistä hyvin vain murto-osan. Monia näistä, etenkin puun uuteaineita, tutkitaan ja niiden avulla toivotaan lisäarvoa puunjalostuksen sivutuotteille.

"Kun luonto on kehitellyt vuosituhansien aikana niin hienoja molekyylejä, miksi emme käyttäisi niitä - eikä keinotekoisia petrokemian tuotteita."

- Tutkijan toteamaa -

PUU PUOLUSTAUTUU - IHMINEN HYÖTYY

Puun **uuteaineet** ovat pihkoja, joilla puu puolustautuu sisäisiä ja ulkoisia tekijöitä vastaan.

Uuteaineet voi erottaa puuaineesta liuottimien avulla uuttamalla.

HMR-LIGNAANI

Kuusen sisäoksista.

Elintarvikelisiä syövän ja sydän- ja verisuonitauti-riskin pienentämiseen.

MÄNTYÖLJY

Sellunkeiton sivutuote.

Jalostetaan mm. hartsiksi, pieksi ja rasvahapoiksi, joita käytetään liiman, maalin, saippuan ym. raaka-aineena.

BETULIINI

Koivun tuohesta.

Kliinisiä kokeita HIV-lääkkeeksi.



KSYLITOLI

Koivun hemiselluloosasta.

Ehkäisee hampaiden reikiintymistä.

PUUTÄRPÄTTI

Pihkan haihtuvista kaasuista.

Liutin ja ohennusaine. Parfyymeissä ja lääkkeissä (kamfer).

SUBERIINI

Koivun tuohesta.

Tutkitaan käyttöä mm. komposiiteissa ja öljyissä.



KASVISTEROLIT JA -STANOLIT

Männystä uuttamalla.

Alentaa kolesteroliarvoja.

KOIVUTISLE

Grillihillituotannon sivutuote.

Torjunta-aine ja karkote.

MANNAANI

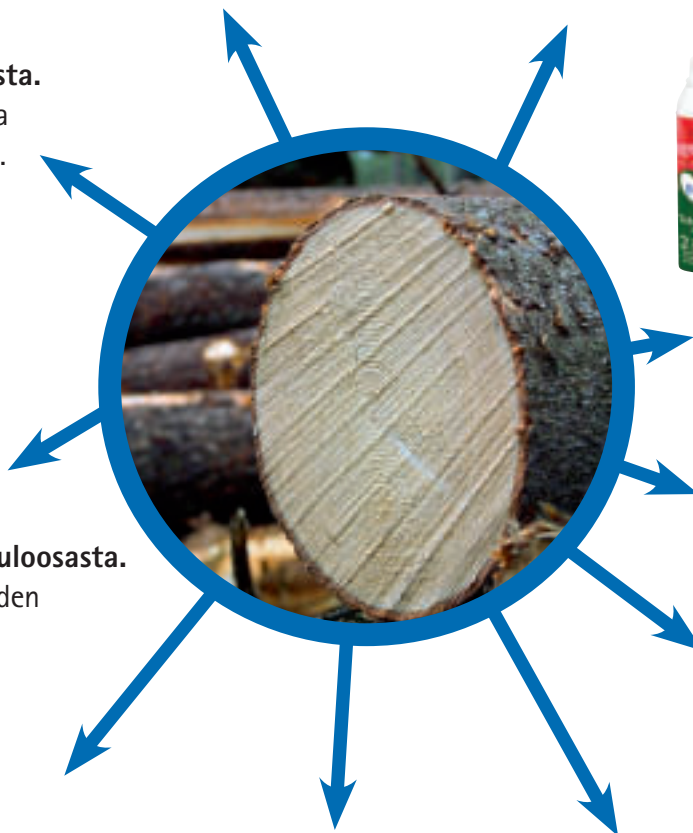
Hemiselluloosasta.

Tutkitaan mahdollisuuksia korvata öljypohjaisia muovituotteita.

STILBEENI

Kuusen kuoresta.

Tutkitaan mm. vaikutuksia syövän estoon ja solun vanhenemiseen.



Kemikaaleja suoraan puusta

Kuitujen lisäksi puubiomassa sisältää tuhansia eri yhdisteitä. Tuttuja esimerkkejä ovat ter-
va ja piki, jotka olivat 1700-luvulla merkittävimmät vientituotteemme sahatavaran ohel-



Uuteaineet, arkikielessä puhutaan pihkoista, ovat puun komponentteja,

- joita on tuhansia kemiallisesti hyvinkin erilaisia yhdisteitä.
- jotka aikaansaavat puulajien luonteenomaisen värin ja hajun.
- jotka usein suojaavat puuta mikrobiologisilta vaurioilta tai hyönteisten hyökkäyksiltä.
- joiden määrä vaihtelee paljon puulajeittain, kasvupaikoittain ja puun eri osissa.
- jotka voidaan jakaa kolmeen pääryhmään:
 1. **Terpeenit, terpenoidit ja sterolit.**
Niitä on paljon pihkatiehyiden pihkassa.
 2. **Rasvat ja vahat**
 3. **Fenoliset yhdisteet:** tanniinit, flavonoidit, stilbeenit, lignaanit. Niitä on paljon sydän puussa, sisäöksissä ja kuoressa

la. Useimmat yhdisteet tunnetaan kuitenkin edelleen huonosti ja siksi niitä hyödynnetään vähän. Puukemian tutkimusta vauhdittaa mahdollisuus korvata öljypohjaisia tuotteita puulla. Metsäteollisuus tuottaa valtavat määrät sivutuotteita, joille etsitään arvokkaita jalostuspoja. Tähän tähtäävät tulevat biojalostamot. Yhdisteitä voidaan erottaa uuttamalla, tislamalla tai pyrolyysin avulla (s. 37).

Rungon lisäksi yhdisteitä voidaan saada vihermassasta, oksista, kannoista, kuoresta ja pääpuulajiemme lisäksi muista puulajeista. Puukemikaalit voivat olla tulevaisuu-

dedessa yhä tärkeämpi raaka-aine kemian-, lääke-, elintarvike- ja energiateollisuuden tarpeisiin.

Mäntyöljyä tislataan moniksi jalosteiksi

Mäntyöljyn eri tisleitä käytetään voiteluaineena sekä liima-, maali- saippua ja painoväriteollisuudessa. Esimerkiksi mäntysuopa tehdään tislattusta mäntyöljystä.

Sulfaattiselluloosan valmistuksen rinnakkaistuotteista ehdottomasti tärkein on mäntyöljy. Mäntyöljyn aineosia, eli rasva- ja hartsihappoja, on havupuiden ja erityisesti männyn pihkassa. Mäntyöljyä saadaan noin 35 kiloa sellutonnista. Raakamäntyöljy tislataan edelleen jakeisiin. Näitä ovat hartsi, rasvahappo, piki ja tislattu mäntyöljy. Mäntyöljyä on jalostettu konepajoille, joissa voiteluaineen pitää kestää kovaa kuumuutta. Biohajoavuus on myös yksi markkinavaltti. Mäntyöljystä saadaan myös mäntysuopaa, mutta sitä ei valmisteta enää Suomessa. Mäntyöljyn mäntyhartsia käytetään purukumin perusraaka-aineena.

Kasvistanoleilla ja -steroleilla alennetaan kolesterolia

Kasvistanoleita ja -steroleita käytetään useissa ruoka-aineissa, sekä lääke- ja kosmetiikkateollisuudessa.

Sellunkeiton yhteydessä syntyvästä mäntyöljystä saadaan puusteroleita. Sterolit ovat solukalvojen rakennemolekyylejä, joita esiintyy sekä kasvi- että eläinsoluissa. Ihmissolujen pääasiallinen steroli on kolesterolia. Kasvistanoli on kasvisterolin johdannainen. Säännöllisesti käytettynä nämä molemmat aineet vähentävät kolesterolin imeytymistä ohutsuoesta veren ja siten ne alentavat veren kolesterolia.

Kasvisterolia sisältävän margariini tulo markkinoille 1990 –luvulla oli merkittävä läpimurto. Menestystuotteen valmistustapa syntyi suomalaisten tutkijoiden yhteistyön tuloksena. Nykyisin kaupoissa on monenlaisia kasvistanoli- ja sterolituotteita.

Ksylitoli – koivun lahja hampaille

Ksylitolia käytetään makeisissa, muissa elintarvikkeissa ja lääkkeissä esimerkiksi yskänlääkkeissä.

Ksylitoli on luonnon oma makeutusaine. Sitä löytyy luonnosta mm. marjoista ja hedelmistä ja ihminen itsekin valmistaa ksylitolia aineenvaihdunnan tuloksena. Ksylitolia valmistetaan teollisesti koivun hemiselluloosasta, josta saadaan selluloosan valmistuksen sivutuotteena. Ksylitolin toinen nimi on koivusokeri, mutta se on kuitenkin rakenteeltaan alkoholi, ei sokeri.

Ksylitolin merkitys reikiintymisen torjunnassa huomattiin Turun yliopistossa 1970-luvun alussa: ksylitolin käyttö lisää neutraaleja pH-olosuhteita suussa, mikä ei ole bakteerien viihtymisen kannalta edullista. Ksylitolin talteen-

otto selluliemestä on myös suomalainen keksintö, joka kehitettiin ja patentoitiin Suomessa. Tästä alkoi ksylitolilla makeutetun purukumin ja pastillien menestystarina.



Ksylitoli lääkkeenä

Oulun yliopiston lastentautien klinikan tutkimus osoittaa, että täysksylitolipurukumin pureskelu vähentää merkittävästi lasten korvatulehduksia. Säännöllinen ja määrältään riittävä ksylitolipurukumin pureskelu vähensi korvatulehdusten esiintymistä 40 prosentilla. Täysksylitolipurukumin pureskelu ei vähentänyt korvatulehdusta aiheuttavien pneumokokki-bakteerien esiintymistä nielussa, mutta se esti bakteerin kiinnittymisen ja korvatulehduksen kehittymisen.

Puutärpättiä pihkasta

Tärpättiä käytetään lakka- ja maaliteollisuuden liuottimena ja ohennusaineena sekä lääkeaineiden (mm. kamferin) ja parfyymien raaka-aineena.

Raakatärpättiä muodostuu selluteollisuuden rinnakkaistuotteena. Tärpätti saadaan havupuun pihkan helposti haihtuvista komponenteista. Pääosan muodostavat terpeenit. Raakatärpätti lauhdutetaan sellukeittimen poistokaasuista. Tärpättiä saadaan 2–12 kg sellutonna kohti. Raakatärpättiä jalostetaan edelleen tärpättislaamossa.

HMR-lignaani suomalaisten palkittu keksintö

HMR-lignaani on kuusen sisäoksista eristetty ja puhdistettu lignaani, hydroksimataire-sinoli. Ihmisessä siitä muodostuu suolistobakteerien vaikutuksesta elimistön oma lignaani, enterolaktoni. Alentuneen enterolaktonipitoisuuden on useissa tutkimuksissa osoitettu liittyvän lisääntyneeseen rintasyövän ja sydän- ja verisuonitautien riskiin. HMR-lignaania myydään tällä hetkellä elintarvikelisiä tablettina.

Suomalainen paperiteollisuus käsittelee kuusta niin suuria määriä, että siitä on sivutuotteena mahdollista tuottaa HMR-lignaania määrä, joka kattaa koko maailmanlaajuisen tarpeen. Lignaaniin tie sisäoksista syöpää ehkäiseviksi tableteiksi on suomalaistutkijoiden ansiota.

Pyrolyysin avulla hiiltä, tervaa ja karkotteita

Puuhiilen pyrolyysitisleestä saadaan monia kemikaaleja kuten tervaa, asetonia ja formaliinia ja ekologisia torjunta-aineita. Puuhiili sopii myös kimröökien eli maalien mustan väriaineen ja aktiivihien valmistukseen.

Kuivatislaus eli pyrolyysi on puuaineksen hajottamista erilaisiksi tuotteiksi lämmön avulla. Kun kuumennusta jatketaan noin 270 asteeseen, käynnistyy runsaasti lämpöä kehittävä reaktio, jossa puuaines hajoaa kaasumaisiksi ja nestemäisiksi tuotteiksi. Perinteinen tervanpolttoakin on kuivatislausta. Puun pyrolyysi on ollut vähäistä, koska kivihiilen koksi ja terva ovat syrjäyttäneet puuhiilen. Nyt pyrolyysin avulla pyritään kehittämään nestemäisiä biopolttoaineita (katso s. 37)

Merkittävin puun kuivatislauksen tisleistä on terva. Tervaa saa taas käyttää niin puunsuojauksessa kuin muissakin tarkoituksissa. Tutkimus kumosi EU:n kiellot.

Koivutisle on grillihiilituotannon tervaisa sivutuote, josta kolmasosa on puuta suojaavia fenolisiyhdisteitä. Tisleen käyttöä on tutkittu viime vuosina ja se on osoittautumassa keksinnöksi, joka muuttaa monien kasvintuhoajien torjunnan ekologisemmaksi. Esimerkiksi tisleestä kehitetyt rajausaineet estävät tehokkaasti espanjansiruetanan ja lehtokotilon pääsyn tisleellä käsiteltyjen muovimateriaalien yli. Aineella on tällä hetkellä lupa kaupalliseen koekäyttöön karkotteena.

Tutkimustoiminta on vilkasta

Puiden kuoret sisältävät paljon bioaktiivisia suoja-aineita. Monia niistä tutkitaan tällä hetkellä, vaikka kaupallisesti hyödynnettäviä tuotteita ei ole vielä saatavilla.



Esimerkkejä menestyksekkäistä betuliini-tutkimuksista

Betuliinjohdannainen on ympäristöystävällinen mansikkänälvikkään torjunta-aine mansikanviljelijöille. Kun mansikkamaata käsitellään betuliinilla, eläin ei syö mansikoita eikä siten myöskään itse kuole aineeseen, vaan etsii uusia ravintokohteita.

Kun kosmetiikassa käytetään betuliinia ja sen johdannaisia, on tuote antibakteerinen ja torjuu melanooman esiasteita eli suojaa UV-säteilyltä.

Betuliinimolekyylillä on niin iso, ettei se läpäise soluseinää. Lääketutkimuksissa pyritäänkin tautien ennaltaehkäisyyn suojaamalla solun pinta betuliinilla. HIV-lääkkeen kehittämisessä ollaan jo pitkällä eli tehdään kliinisiä kokeita ihmisillä.

Betuliinit ovat erityisesti koivun kuoresta runsaina esiintyviä uuteaineita. Koivun tuohesta 40 % on betuliinia. Tällä hetkellä metsäyhtiöt märkäpolttavat koivun kuoren ja tuohen, mikä ei ole kovin taloudellista. Betuliinia voidaan erottaa tuohesta helposti ja se on edullinen raaka-aine. Betuliinilla ja sen johdannaisilla on todistettu olevan useita lääkinnällisiä vaikutuksia kuten esimerkiksi tulehduksia, virus-toimintaa, malariaa sekä syöpää estäviä ja HIV-aktiivisuutta vähentäviä vaikutuksia. Varsinaisia kaupallisia läpimurtoja ei vielä ole, mutta patenteja on haettu.

Koivun tuohesta saatavaa **suberiinin** käyttöä pinnoitteissa, uudenlaisissa voiteluaineissa sekä komposiiteissa tutkitaan. Kuusen kuoresta on suuria määriä erilaisia **stilbenejä**, joil-

la on monia terveysvaikutuksia. Tutkimus on keskittynyt **resveratroliin**, jonka on todettu estävän syövän kehittymistä ja pidentävän solujen ikää. Hemiselluloosat, kuten **mannanit**, ovat soluseinien rakennusaineita. Mekaanisen massan valmistuksessa niitä liukenee prosessivesiin. Tutkimuksissa on kuusen mannaanista tehty erilaisia kalvoja, joilla toivotaan voitavan korvata tulevaisuudessa öljypohjaisia muovituotteita.

Puun kuituja käytetään monella tavoin

Viskoosia selluloosasta

Viskoosia käytetään lankoihin sekä vaatetus- ja sisustuskankaisiin. Siitä tehdään kuitukankaita sairaala- ja hygieniatuotteisiin, kuten leikkaussalien päähineitä, suojapukuja ja kasvosuojia. Kuitusuolesta tehty makkarankuori esimerkiksi metvursteissa on viskoosia.

Viskoosia kutsutaan myös tekosilkiksi. Viskoosi luetaan tekokuituihin. Viskoosia valmistetaan kuitenkin uusiutuvasta luonnonvarasta, puuselluloosasta. Raaka-aineena käytetään tavallisesti koivusta tai kuusesta tehtyä liukosellua. Ominaisuuksiltaan viskoosi on luonnonkuitujen ja tekokuitujen väliltä. Se imee kosteutta ja hengittää kuten luonnonkuidut. Lisäksi viskoosi on sileää, kiiltävää, vilpoisaa, miellyttävää iholla, johtaa lämpöä ja ei sähköisty.

CMC:tä on kaikkialla

CMC:tä on arjessasi lähes kaikkialla kuten tapettiliistereissä, lateksimaaleissa, poraöljyissä, ruoissa (lisäaine E466), lääkkeissä, hammastahnassa, papereissa ja pesupulvereissa.

Koivu- ja kuusiselluloosaa voidaan edelleen muokata arvokkaaksi karboksimeetyyliselluloosaksi eli CMC:ksi. Sillä on tällä hetkellä 200 erilaista teollista sovellusta ja lisää kehittään koko ajan.

Selluvillaa lämmöneristeeksi

Selluvilla on puukuitueriste, jota on käytetty maailmalla jo 1920-luvulta alkaen ja Suomessa kolmekymmentä vuotta. Selluvillalla käytetään lämmöneristeenä rakennusten ylä-, väli- ja alapohjissa sekä ulko- ja väliseinissä.

Selluvilla valmistetaan puhtaasta keräyspaperisilpusta. Siihen lisätään boorimineraaleja parantamaan palonkestävyyttä sekä ehkäisemään home- ja lahottajasienkasvustojen kehittymistä. Boorihappo ja booraksi ovat oikein käytettynä vaarattomia yhdisteitä. Tulipalon syyttyessä

CMC:stä on moneen lähtöön.

- Pesupulvereissa se imee lian, ilman sitä pyykki jää laikukkaaksi.
- Jäätelössä se estää kiteiden syntymisen.
- Kalanrehussa se parantaa kellumista.
- Jogurtissa se säätelee sakeutta.
- Öljynporauksen voiteluaineena se korvaa ympäristölle haitallista öljyä.
- Paperin päällystyspastassa se on sideaine.



Selluvillan puhallusta eristeeksi.

selluvillan booriyhdisteet luovuttavat sitomaansa vettä ja hidastavat siten syttymistä ja paloa. Selluvilla on hengittävä materiaali, joka ei tarvitse erillistä muovista kosteussulkua.

Komposiiteissa yhdistellään ominaisuuksia

Luonnonkuitukomposiiteista tehdään sähkökitaroita, kaiuttimia, pyöreitä ikkunan karmeja, puutarharakenteita, astioita, kännykän kuoria ja kotelaita. Käyttökohteet vaihtelevat käytetyn muovilaadun mukaan.



Komposiittimateriaali on kahden tai useamman materiaalin yhdistelmä, jossa materiaalit toimivat yhdessä, mutta eivät ole lienneet tai sulautuneet toisiinsa. Olennaista komposiittimateriaaleissa ovat niiden uudet ominaisuusyhdistelmät. Esimerkiksi puumuovi on kierrätettävä, mutta siinä ei ole kosteuselämistä.

Esimerkkejä komposiiteista:

teräsbetoni = metalli + keraami,

lasikuitu = keraami + muovi

puumuovi = puu + muovi

Komposiitti on kahden liukenemattoman materiaalin yhdistelmä; metsäteollisuudessa siis esimerkiksi puu-, paperi- tai kartonkikuidun ja muovin yhdistelmä. Maailmalla luonnonmateriaaleilla lujitetut komposiitit ovat yksi nopeimmin kasvavista teollisuuden aloista.

Luonnonkuitukomposiitit laajentavat puun käyttöä. Komposiittituotteella haetaan massiivipuuta parempia tuoteominaisuuksia, kuten

kosteuden- ja homeenkestävyyttä, pitkäikäisyyttä tai vapaata muotoilua. Komposiitissa puun osuus vaihtelee 20–80 prosenttia tuotteen kokonaispainosta. Suuri kuidun määrä lisää materiaalin vetolujuutta ja jäykkyyttä sekä lisää puumaista ulkonäköä ja tuntua. Tuotteet valmistetaan samalla tavalla kuin muovitkin valamalla tai puristamalla. Puumuovikomposiittia voi työstää kuten puuta, mutta se on herkempää murtumaan kuin puu.

Raaka-aineena käytetään havukuitusellua, mutta vain Suomessa puumuovikomposiittia tehdään myös metsäteollisuuden omista jätemateriaaleista. Komposiittituote voidaan kierrättää takaisin uuden tuotteen raaka-aineeksi tai polttaa. Biohajoavat komposiitit ovat tulosia. Säänkestävänä puumuovikomposiitti on vaihtoehto painekyllästetylle puulle.

Komposiittituotteet

Luonnonkuitukomposiiteissa hyvät ominaisuudet yhdistyvät

Muovilaadulla sekä puun ja muovin suhteella munnellaan lopullisen materiaalin ominaisuuksia. Tuotteen voi kierrättää tai polttaa.



Kuksa

Luja ja tasa-
laatuinen

Väritys luonnon-
läheinen

Ei tunnu
muovimaiselta

Kestää kuumaa
juomaa

Konepesunkestävä

Matkailuyrittäjille
mieleen:
helppo pestä,
edullinen, korvaa
kertakäyttöastiat



Kitara

Soi puhtaasti
koko sävel-
asteikolla, (toisin
kuin puukitara)

Ilmasto-olot
eivät vaikuta
viritykseen

Puusoittimen
ilmaisuvoima
tallella

Puunjalostuksen
Rolls Royceja
- kilohinnaltaan
kallein puutuote



Puumuovilankku

Käyttö piha-
rakteissa

Imee hyvin vähän
kosteutta

Hyvä kitka

Miellyttävä tuntu

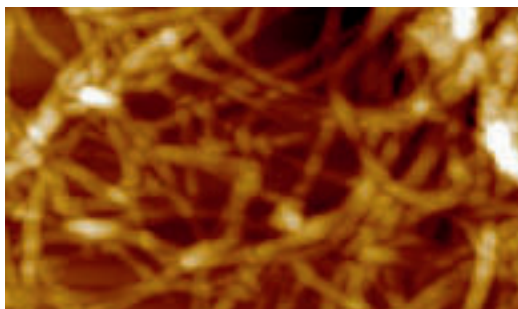
Tasainen laatu

Valmistetaan
sivutuotteista

Ei tarvitse
pintakäsittelyä

Nanomateriaali syntyy millin miljoonasosista

Nano etuliite tulee kreikan kielestä ja tarkoittaa kääpiötä. Nanometri on millimetrin miljoonasosa. Yksi nanometri on 100 000 kertaa ohuempi kuin ihmisen hius. Lähestyttäessä nanometrinen kokoluokkaa, kappaleen ominaisuudet alkavat poiketa jyrkästi makroskooppisen kappaleen ominaisuuksista. Esimerkiksi läpinäkyvyydestä aineista tulee läpinäkyviä (kupari), huoneenlämpötilassa kiinteistä aineista nesteitä (kulta) ja eristeistä johteita (pii).



Atomivoimamikroskoopilla (AFM) mitattu $1 \mu\text{m}^2$ korkeuskuva selluloosananosäikeistä.

Tiesitkö tämän?

Millimetrin tuhannesosa eli mikrometri on tuhat nanometriä.

- Selluloosakuitu on noin 30 mikrometriä leveä.
- Punasolut ovat noin 10 mikrometriä.
- Mikrosirun johtimet ovat noin mikrometrin kokoisia.
- Virukset ovat noin 100 nanometriä.
- Atomit ovat noin 0,1 nanometriä.

Nanotutkimusta on ollut jo 1960-luvulta lähtien – sitä on hyödynnetty esimerkiksi autojen katalyysaattoreissa ja tietokoneiden mikrosiruissa. Puukuitujen käyttö nanomateriaalina on melko uutta – paperiteollisuuden liittyvien "nanopatenttien" määrä on moninkertaistunut 2000-luvulla. Nanotutkimus on poikkitieteellistä: kemistit valmistavat muutaman nanon kokoluokkaa olevia yhdisteitä, fyysikot yhdistävät nämä toiminnallisiksi laitteiksi tai materiaaleiksi ja biologit puolestaan liittävät niihin biologisia toimintoja, vaikkapa lääkeaineen tunnistus- ja kuljetuskyvyn. Sovellusmahdollisuudet nanotieteissä ovat lähes rajattomat. Nanoteknologian odotetaan vaikuttavan tällä vuosisadalla kaikkiin teollisuuden aloihin sekä terveydenhuoltoon, ruuan tuotantoon, liikenteeseen, materiaaleihin sekä informaatioteknologiaan.

Nanosellua on opittu jo valmistamaan laboratoriomittakaavassa. Sellukuitu koostuu äärettömän ohuista nanomittakaavan fibrilleistä eli säikeistä, jotka ovat noin tuhannesosan sellukuidun mitoista. Säikeet ovat kiinni vetysidoksilla toisissaan. Nanosellun valmistuksessa nämä säikeet irrotetaan toisistaan kokonaan tai jätetään verkoiksi. Tämän jälkeen nanosellua voidaan liittää johonkin toiseen aineeseen. Myös itse fibrillejä voidaan muokata ja tehdä niille uusia ominaisuuksia; lisäämällä fibrilleihin esimerkiksi titaanioksidia, johtavia polymeerejä tai tärkkelystä saadaan juuri sopivan lujaa, taipuisaa, sähköä johtavaa, eristävää tai muulla tavoin halutunlaista materiaalia. Haasteena on muun muassa tuottaa suuria määriä tasalaatuisia nanofibrillejä.

Nanosellun avulla pyritään tekemään vähemmällä kuitumäärällä kevyempää ja lujempaa paperia, mutta myös aivan uusia tuotteita ja materiaaleja kehitellään. Paperille voidaan kehitellä älykkäitä pintoja, jotka muuttuvat olosuhteiden mukaan: pinnat voivat muuttaa väriään, tarttumisominaisuuksiaan, ne voivat muuttua vettä kerääviksi tai luovutta-

viksi, bakteereja sitoviksi tai hylkiviksi. Paperi- ja pakkausteollisuuden lisäksi sovelluskoh- teita ovat esimerkiksi rakennus-, auto-, huonekalu-, elektroniikka-, elintarvike-, lääke- ja kosmetiikkateollisuus.

Puutuoteteollisuus pyrkii myös hyötymään nanoteknologiasta. Luonnostaan puu on hyvin elävä materiaali, jonka ominaisuudet vaihtelevat. Puulle pyritäänkin luomaan ns. täsmä- ominaisuuksia. Kehitys kulkee kohti täsmäräätälöityjä biokomposiittimateriaaleja: ostaja tietää tarkalleen millaista kyseinen puu on esimerkiksi akustiikaltaan, kosteudeltaan tai sisäilmaa parantavien mikrobien suhteen.

Nanopartikkelit voivat käyttäytyä arvaamattomasti ja tämän vuoksi nanoteknologian kehitystyössä on erityisesti huomioitava turvallisuus- ja terveysasiat.



Puusta energiaa



Puuta uusiutuvana energialähteenä tarvitaan korvaamaan fossiilisia polttoaineita. Puuperäinen energia on hiilineutraalia. Kotimaisen energian hyödyntäminen jättää energiarahoja Suomeen ja työllistää suomalaisia.

Suomi on maailman johtavia maita puuenergian hyödyntämisessä. Viidennes Suomen energiasta (2006) tuotetaan puulla. Metsäteollisuus on suurin puuenergian tuottaja ja käyttäjä Suomessa. Puupolttoaineilla voi olla alueellisesti suuri merkitys.

Puupolttoaineisiin luetaan klapit, pelletit, briketit, hake, puuhiili, mustalipeä, kuori, sahanpuru, hiontapöly sekä puuperäinen etanoli, biodiesel ja pyrolyysiöljy.

Metsäteollisuudessa tärkeimmät polttoaineet ovat mustalipeä ja kuori. Metsähakkeen käyttö kasvaa selvästi ja sen käyttöä edistetään. Hakkeen käytölle on suositukset ja käytön vaikutusta luontoon tutkitaan. Puusta jalostettavia liikennepolttoaineita kehitetään ja koelaitoksia perustetaan.

Polttopuu
eli klapi.



Metsähake
saadaan oksista,
latvuksista, kannoista,
rangoista ja lumpeista.



Sahanpuru, lastu,
sahahake, hiontapöly.



Puun kuori
Metsäteollisuudelle
tärkein kotimainen
polttoaine.



Metsästä suoraan energiaksi

Teollisuuden sivutuotteet

Puupolttoaineet

Jalostetut puupolttoaineet

Puupuristeet

Puuhiili
Käytetään grillihiilenä

Puupelletti
Puristetaan purusta,
höylälastusta jne.



Puubriketti
Koko 5 cm x 15 cm.
Sopii isompiin
polttolaitoksiin.

Nestemäiset polttoaineet

Puudiesel
Puusta kaasutetaan
synteesikaasua, jota
jalostetaan edelleen.



Pyrolyysiöljy
Nesteytettyä puuta.
Kehitteillä.

Etanoli
Tuotettu enimmäkseen
peltokasveilla. Puun
käyttö vasta alkamassa.



Sanat tutuiksi:

Biomassoiksi kutsutaan eloperäisiä, fotosynteesin kautta syntyneitä kasvimassoja. Näistä tuotettu- ja polttoaineita kutsutaan **biopolttoaineiksi**. Biopolttoaineita saadaan Suomessa metsissä, soilla ja pelloilla kasvavista biomassoista sekä yhdyskuntien, maatalouden ja teollisuuden energian tuotantoon soveltuvista orgaanisista jätteistä.

Bioenergia on biopolttoaineista saatua energiaa ja bioenergia on osa **uusiutuvaa energiaa**.

Puuperäiset polttoaineet on yleisnimitys kaikille puu- ja kuoriaineksesta peräisin oleville polttoaineille sisältäen myös ja puunjalostusteollisuuden sivutuotteet kuten sahanpurun, kutterinlastun, hiontapölyn ja mustalipeän.

Energiapu tarkoittaa latvusmassaa, harvennusenergiapuuta, järeää tyvilahoista puuta eli lumppeja ja kantopuuta sekä edellä mainitusta tehtyä haketta ja murskettä. Näistä saatava energia on **met-säenergiaa**.

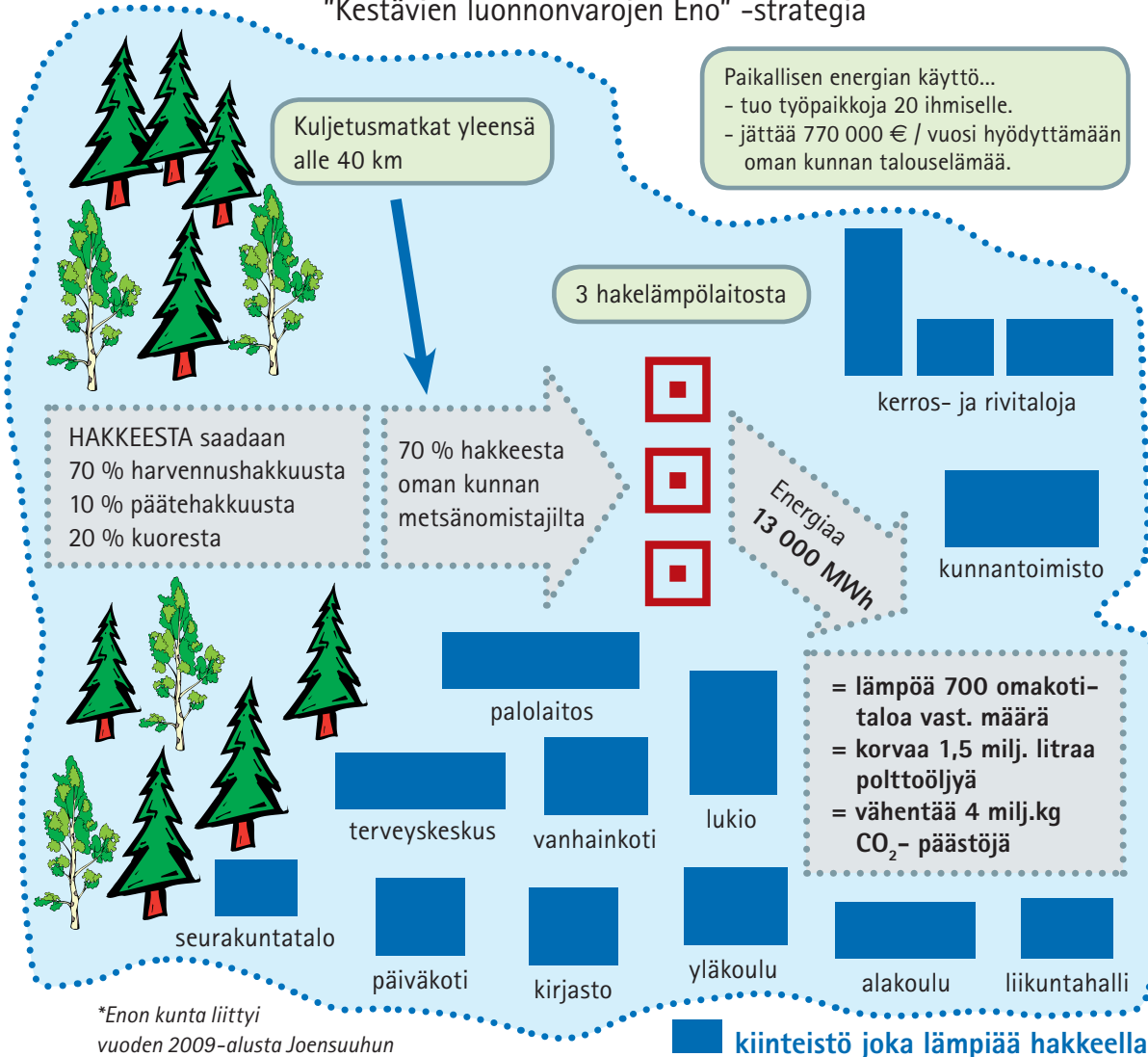
Latvusmassa (hakkuutähde) on metsäteollisuudelle sopivan ainespuun hakkuun sivutuote. Sitä ovat latvat, oksat, lehdet ja neulaset sekä hakkuualueelle jäävä ns. raivauspuu – ei kannot.

Kantopuu koostuu rungon kaatoleikkauksen alapuolelle jäävästä kannosta ja sen maanalaisesta jatkeesta.

Metsähake tarkoittaa metsästä kerätyistä kannoista ja hakkuutähteistä, kuten oksista ja latvuksista valmistettua haketta. Muuta haketta saadaan metsäteollisuuden sivutuotteista.

Eno – hake korvasi öljyn, loi työpaikkoja ja toi rahaa

"Kestävien luonnonvarojen Eno" -strategia



Maailman energiatalous vaatii uusia ratkaisuja ollakseen kestäväällä pohjalla. Nykyinen energian käyttö pohjautuu liikaa uusiutumattomiin energialähteisiin. Energian tuotantoon käytettävistä polttoaineista 80 % on fossiilisia polttoaineita, joiden hiilidioksidipäästöt ovat suurin yksittäinen ihmisen toiminnan aiheuttama kasvihuonekaasupäästöjen lähde.

Puu on uusiutuva luonnonvara, joka voi korvata uusiutumattomia materiaaleja ja energialähteitä. Puu itsessään on hiilidioksidipäästöjen suhteen neutraalia, koska puusta ilmakehään sen palaessa tai lahotessa vapautuva hiilidioksidi sitoutuu uusiin kasvaviin puihin. Kun puulla korvataan fossiilisia energialähteitä, se vähentää energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöjä ja estää haitallista ilmastomuutosta.

Puuperäisen energian käyttö lisää energiantuotannon kotimaisuutta ja vähentää riippuvuutta tuontipolttoaineista. Energiapuun käytöllä on huomattavia aluetaloudellisia vaikutuksia. Energiapuun hankinta, kuljetus ja käsittely antaa työtä suomalaisille ja tukee maaseudun elinvoimaisuutta. Sen hyödyntäminen vahvistaa alan suomalaista ammatti- ja teknologiaosaamista ja lisää laitevientiä. Koska energiapuuta tulee metsähoidon sivutuotteena, edistää sen lisääntyvä tarve myös metsien hoitoa ja tämä turvaa talousmetsän puun laadun.

Viidennes Suomen energiasta saadaan puusta

Vuonna 2009 uusiutuvan energian osuus Suomen koko energiantuotannosta oli yli neljännes. Uusiutuvasta energiasta valtaosa on bioenergiaa – sen osuus Suomessa on teollisuusmaiden korkein. Bioenergiasta suurin osa on puusta tai puuperäisistä polttoaineista. Ne kattavat nykyisin noin 20 prosenttia energian kokonaiskulutuksestamme (liikenne mukaan lukien) ja ovat maamme toiseksi tärkein energianlähde öljytuotteiden jälkeen. Teollisuuden energiankulutuksesta puuperäisillä polttoaineilla katetaan lähes puolet. Suurin osa puuperäisestä polttoaineesta on metsäteollisuuden sivutuotteina syntyviä polttoaineita, kuten mustalipeää, kuorta ja sahanpurua. Sähkötämme puuperäisillä polttoaineilla tuotetaan 10 %, mikä on korkein osuus maailmassa. Tämä tapahtuu usein puunjalostustehtaan läheisessä voimalaitoksessa sähkön ja lämmön yhteistuotantona.

Suomen teollisuudelle toimitetusta puusta

60 % päättyy lopullisiin puunjalostustuotteisiin ja

40 % päättyy prosessien sivutuotteina energiantuotantoon

10 % on korjattu suoraan energiakäyttöön.

Suomi on johtava maa maailmassa sähkön ja lämmön yhteistuotannossa.

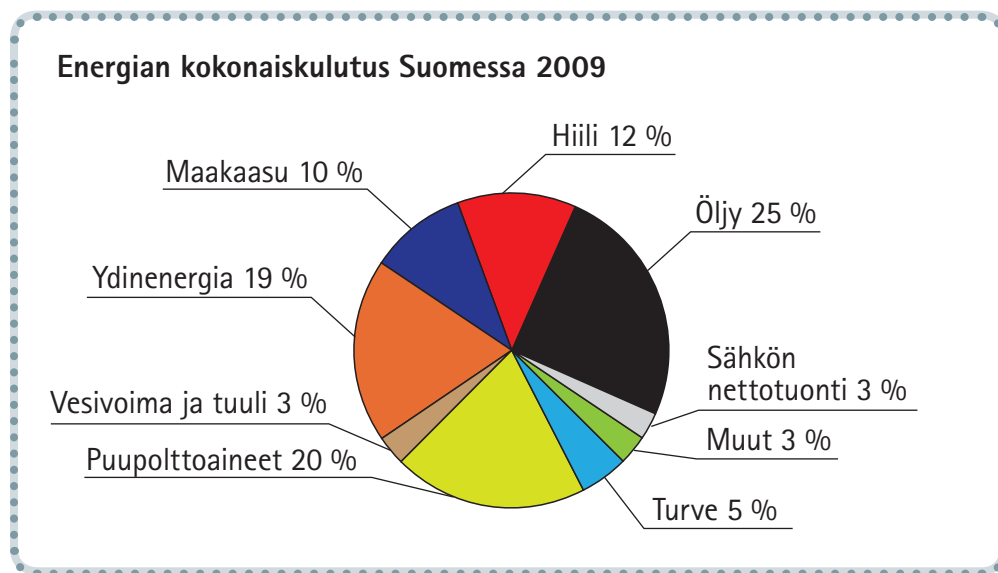
Suomen metsäteollisuuden jäteliemet ja muut puupolttoaineet ovat merkittävä polttoaineryhmä voimaloissa, joissa on sähkön ja lämmön yhteistuotantoa. Yhteistuotannossa polttoaineesta voidaan hyödyntää lähes 90 % – se on lähes kolme kertaa enemmän kuin erillisessä sähköntuotannossa. Näin korkea hyötysuhde säästää polttoainetta ja kokonaispäästöt vähenevät puoleen.

Sähkön ja lämmön yhteistuotanto (CHP) tarkoittaa sitä, että sähköntuotannossa syntyvä ylimääräinen lämpöenergia käytetään kaukolämmön tuotantoon sen sijaan, että se johdettaisiin hukkalämpönä vesistöön. Lämpö käytetään teollisuudessa tai myydään kaukolämpöverkon kautta lähitaajamalle kiinteistöjen lämmitykseen.

Voimalat tuottavat yleensä sähköä valtakunnanverkkoon, teollisuudelle prosessihöyryä ja –lämpöä sekä lähitaajamalle kaukolämpöä. Esimerkiksi Varkauden, Kuhmon ja Savonlinnan kaupungit saavat suurimpaan osaan asunnoistaan lämmön kaukolämpönä metsäteollisuuden tehtaan voimalasta.

Metsä lämmittää Suomea. Entä sinun kotiasi?

Suomen energian kulutuksesta neljännes on puupolttoaineita. Paikallisesti merkitys voi olla paljon suurempi.



PIETARSAARESSA on maailman suurin biovoimalaitos. Se käyttää puun kuorta, risutukkeja, irtohaketta, kantoja. Puun osuus energialähteenä on 45 %. Laitos tuottaa 2,5 % Suomen sähköstä sekä prosessihöyryä ja lämpöä.

ÄÄNEKOSKELLA puulla ja teollisuuden puuperäisillä jäteliemillä tuotetaan 79 % kulutetusta energiasta. Näistä paikallisia on 84 %. Asukkaita 20 394.

RAUMALLA 60–70 % asunnoista lämpiää kaukolämmöllä, josta yli puolet on tehty metsäteollisuuden sivutuotteista. Asukkaita 36 598.

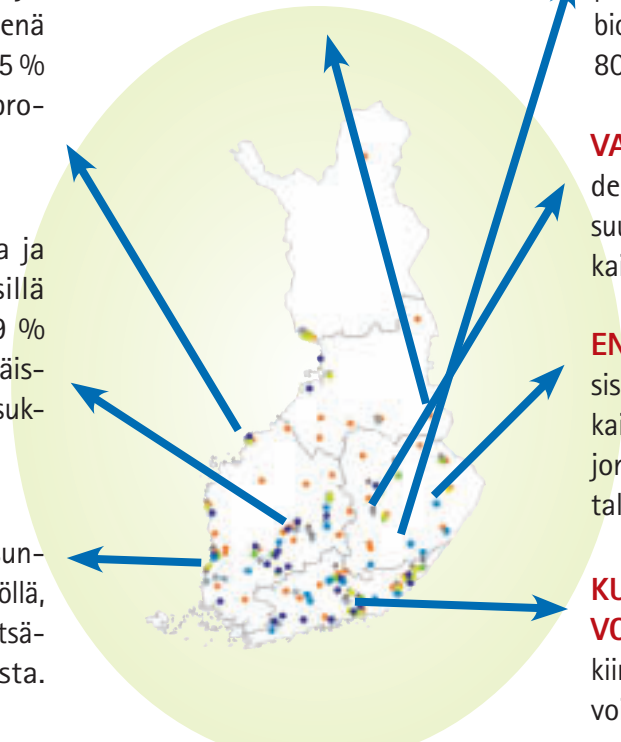
KUHMOSSA yli 85 % asunokkutoioista lämpiää sahan sivutuotteilla tehdyllä kaukolämmöllä. Asukkaita 9 899.

SAVONLINNASSA yli 80 % taajaman yleiskaava-alueen asunnoista on kaukolämmönpiirissä. Lämpö tuotetaan 90 % bioenergialla ja tästä on puuta 80 %. Asukkaita 26 759.

VARKAUDESSA 85 % kodeista lämpiää metsäteollisuuden kaukolämmöllä. Asukkaita 23 366.

ENOSSA oman kunnan metsistä saatava hake lämmittää kaikki kunnan kiinteistöt sekä jonkin verran rivi- ja kerrostaloja. Asukkaita 6 617.

KUUSANKOSKEN JA KOUVOLAN alueella 53 %–75 % kiinteistöistä saa kaukolämpöä voimalaitokselta joka käyttää suurimmaksi osaksi metsäteollisuuden sivutuotteita sekä haketta. Asukkaita yhteensä 50 544.



Uusiutuvan energian saatavuus on Suomessa olennaisesti sidoksissa metsäteollisuuteen. Se riippuu metsäteollisuuden tuotannon määrästä ja sen kehityksestä. Kuluneen vuosikymmenen aikana uusiutuvan energian käytön laajeneminen Suomessa onkin pitkälle selitettävissä puunjalostusteollisuuden kasvulla. Vaikka metsäteollisuus ei ole kokonaisuutena energiaomavarainen, vaan käyttää ostopolttoaineita ja -sähköä, niin yksittäiset tehdaslaitokset voivat olla tuotantorakenteensa takia yliomavaraisia ja myydä energiaa merkittävästi myös muulle yhdyskunnalle.

EU:ssa keskimääräinen uusiutuvien energialähteiden osuus loppukulutuksesta on tällä hetkellä 8,5 %. EU:n tavoitteeksi on asetettu nostaa osuus 20 %:iin. Unionin tavoite on jaettu jäsenmaille sitovina maakohtaisina tavoitteina. Suomen tavoitteena on nostaa uusiutuvien energialähteiden osuus 38 %:iin vuoteen 2020. Liikenteessä uusiutuvan energian osuuden kaikissa jäsenmaissa tulisi olla tuolloin kymmenen prosenttia.

Kun EU:n ja Suomen energia- ja ilmastostrategian tavoitteita toteutetaan, tulee energia-puun merkitys korostumaan entisestään. Puupolttoaineiden energiakäyttö lähes kaksinkertaistui Suomessa 15 vuodessa vuosituhannen vaihteessa ja se kasvaa edelleen.

Suhteellisesti suurimmat kasvutavoitteet on asetettu metsähakkeen käytölle yhdessä kierrätyspolttoaineiden ja biokaasun kanssa. Metsähakkeen käytön tulisi jopa kolminkertaistua vuoteen 2020 mennessä. Suurista puuvarannoista ja metsien hyvästä kasvusta huolimatta energiapuuvaramme eivät kuitenkaan yksistään riitä korvaamaan fossiilisten polttoaineiden osuutta nykyisestä energiankulutuksesta. Metsähakkeen kolminkertaistaminen vaatii investointeja energian tuotantolaitoksiin sekä metsähakkeen tuotanto-, käsittely- ja kuljetuskalustoon. Yhtenä ongelmana tavoitteen toteutumisessa on myös korjuutyövoiman saatavuus.

Puupolttoaineet

Puupolttoaine voi olla puuta sellaisenaan sekä kiinteä, kaasumainen tai nestemäinen jaloste. Puupolttoaineita tai puuperäisiä polttoaineita ovat klapi, hake, pelletti, briketti, puuhiili, mustalipeä, puru, lastu, hiontapöly, kuori, pyrolyysiöljy, etanoli, metanoli ja biodiesel. Entistä suurempi osa puupolttoaineista jalostetaan aiempaa arvokkaammiksi energiatuotteiksi. Puulla voidaan tuottaa lämpöä, prosessihöyryä, vastapaine- tai lauhdesähköä sekä liikennepolttoaineita.

Biopolttoaineet ja niihin liittyvä teknologiaosaaminen voi olla jatkossa Suomen vahvuus. Ilmastomuutoksen hillitsemisessä teknologioilla ja niiden kehittämisellä on merkittävä rooli.

Maailmanmarkkinoiden arvioidaan kasvavan tulevina vuosina sellaisilla aloilla, joilla suomalaisilla on vahvaa osaamista: bioenergian, tuulivoiman ja jätehuollon teknologiat sekä teollisuuden ja palvelujen energiankäyttöä tehostavat teknologiat. Suomessa tutkitaan muun muassa puhtaita energiantuotantomenetelmiä ja polttoaineita, kasvihuonekaasujen talteenottoa ja hyötykäyttöä sekä energiatehokkaampia teknologioita.

Polttopuut eli kalpit eli pilkkeet

Klapeja käytetään Suomessa vuosittain noin kuusi miljoonaa kiintokuutiota. Lämmityspilkkeen hyvä laatu varmistetaan vähintään vuoden ulkokuivatuksella ennen käyttöä. Arvos-



Oman metsän polttopuu on edullista korvattaessa muualta ostettua energiaa.

0,8 PINO-m³ KOIVUHALKOJA KORVAA

106 kg kevyttä polttoöljyä tai

179 kg kivihiltä tai

1 250 kWh sähköä

Lähde: VTT Energia

tetuinta on koivupilke. Suomessa on arviolta noin pari tuhatta pilkekauppiasta.

Pelletti

Puupelletit ovat pieniä, sylinterinmuotoisia puristeita, jotka valmistetaan sahanpurusta, höylänlastusta ja hiontapölystä. Puun omat aineet toimivat puristeessa sideaineena. Pel-



Pienhiukkaset ja puu

Viime vuosina on selvinnyt ilman pienhiukkasten haitat terveydelle. Pienhiukkasia syntyy erityisesti liikenteessä ja puun pienpoltossa eli kodin tulisijoissa. Suuret voimalat on varustettu tehokkailla suodattimilla ja siellä päästöt eivät ole ongelma. Suomen pienhiukkaspäästöistä 30–40 prosenttia syntyy puun pienpoltosta. Suomen ilmanlaadun vuosikeskiarvo on hyvä verrattuna muuhun Eurooppaan.

Hiukkaset jaotellaan koon mukaan. Pienhiukkaset ovat alle 2,5 mikrometriä halkaisijaltaan ja ne pääsevät hengityksessä keuhkorakkuloihin saakka. Korkea pienhiukkaspitoisuus lisää hengitys- ja sydänoireita.

Palamisolosuhteet vaikuttavat paljon puun polton päästöihin. Kodin tulisijojen aiheuttamia savuhaittoja voi vähentää polttamalla hyvällä vedolla ainoastaan kuivaa ja puhdasta puuta sekä nuohoamalla tulisija säännöllisesti. Jos kaikki on kunnossa, piipusta nousevan savun tulisi olla lähes huomaamaton tai puhtaan valkoista ja tulisijaan jäävän tuhkan vaalean harmaata.

lettien valmistusprosessi kuluttaa vain noin 1–3 prosenttia pellettien energiasisällöstä, jos käytettävä raaka-aine on kuivaa. Pelletillä on hyvä energiasisältö ja varastotilaa tarvitaan vähän hakkeeseen verrattuna. Puupelletti on nykyhinnoilla kotitalouksien lämmöntuotannossa huomattavasti öljyä ja sähköä edullisempaa.

Suomi on pelletin suurtuottaja, mutta kotimaan kulutus on yhä vähäistä – pääosa pelletistä menee vientiin. Suomessa käytetään yli satatuhatta tonnia lämmityspellettiä vuodessa, kun taas Ruotsissa käyttö on vajaa kaksi miljoonaa tonnia. Käyttö on kuitenkin kasvussa Suomessakin.

Briketti

Briketit ovat puupellettien tavoin puristetuotteita, mutta halkaisija on selvästi suurempi, 5 cm–15 cm. Ison koon ja korkean palamislämpötilan johdosta puubriketit soveltuvat lähinnä suuremman kokoluokan polttolaitoksiin.

Metsähake

Valtaosa metsähakkeesta tehdään latvusmassasta. Lisäksi haketta saadaan kannoista, juurakoista ja lumpeista. Yli puolet metsähakkeesta tulee päätehakuista ja loput erilaisista harvennushakuista. Eniten hakkuutähdettä kertyy kuusikon uudistushakkuussa eli noin kolmasosa korjattavan tukki- ja kuitupuun määrästä.

Metsähakkeen osuus puuperäisen energian kokonaistuotannosta on alle 10 %. Vuonna 2005 päätehakkuiden latvusmassasta kerättiin talteen energiapuuksi alle 15 pro-

senttia ja kantoja korjattiin talteen alle prosentti. Metsähakkeen hyödyntämistä on siten mahdollista lisätä. Metsähakkeen käytön lisäysmahdollisuudessa on suuria alueellisia eroja. Sen käyttöä on mahdollista lisätä runsaasti etenkin Savossa, Kainuussa ja Pohjois-Karjalassa. Metsähakkeen kilpailukykyä ja käyttöä ovat lisänneet ilmastostrategiaan liittyvä päästökauppa ja tukitoimet. Energiapuun kilpailukykyisyys edellyttää tehokkaita korjuuketjuja sekä puun tasaista toimitusta voimalaitoksille.

Latvusmassa kerätään irtorisuina ja paaleina eli risutukkeina. Irtorisut haketetaan joko metsätien varressa, haketerminaalissa tai vasta käyttöpaikalla energialaitoksella. Risutukit paalaa metsätraktori ja ne on helppo kuljettaa puurekassa hakettavaksi voimalaitokselle. Kannot nostetaan maasta ja pilkotaan pienemmiksi kaivinkoneella. Ne jätetään kasoiksi korjuualalle, jotta sade puhdistaa niistä maa-aineksen ja kannot kuivuvat. Metsästä kannot kuljetetaan murskattavaksi ennen käyttöä.

Energiapuun keräämisellä on sekä myönteisiä että kielteisiä vaikutuksia metsätalouteen ja luonnon monimuotoisuuteen. Energianpuun korjuusta on kuitenkin annettu suosituksia, joita tarkistetaan jatkuvasti. Hakkuutähteen kerääminen nopeuttaa metsän uudistamista. Koska neulasten ravinnepitoisuus on selvästi puumaisia kasvosia korkeampi, latvusmassan korjuusta aiheutuu moninkertainen ravinnemenetys ainespuunkorjuuseen verrattuna. Jos kasojen annetaan kuivua muutamia viikkoja, neulaset tippuvat maahan ja metsämaa menettää vähemmän ravinteita. Kannot voivat olla lahoppulajien lisääntymispaikkoja, mutta toisaalta niillä on merkitystä myös metsien terveydelle haitallisten sieni- ja hyönteislajien lisääntymisessä. Energiapuun talteenoton seurannaisvaikutuksista tiedetään vielä vähän, mutta sitä tutkitaan koko ajan. Tutkiminen on hidasta metsän hitaan kasvun vuoksi.

Teollisuuden puutähteet ja mustalipeä

Mustalipeä on Suomen tärkein biopolttoaine. Sitä saadaan sulfaattisellun keitossa. Puolet puun kuiva-aineesta liukenee silloin keittoliemeen. Tämä puuaineksen ja keittokemikaalien seos väkevöidään haihduttamossa ja poltetaan tehtaan soodakattilassa kemikaalien uudelleen käyttöä varten ja energian tuottamiseksi. Sellutehdas on yliomavarainen energian suhteen – se käy syömällä omia jätteitään.



Yksi risutukki on noin kolme metriä pitkä, 60–70 cm paksu ja 500 kg painava. Siinä on energiaa noin 1 megawattitunti. 10 risutukin energiasäilytys vastaa 1000 litran polttoöljyn energiasäilytystä.

Hehtaarilta saadaan keskimäärin 100 risutukkia eli viiden omakotitalon vuotuinen lämpöenergian tarve, jos risutukit poltetaan nykyaikaisen voimalaitoksen kattilassa.



Yhdeltä hehtaarilta saaduissa kannoissa on energiaa keskimäärin 200 megawattituntia, mikä vastaa kymmenen omakotitalon vuotuista energiankulutusta.



Joitakin suosituksia energiapuun korjuuseen:

- Hakkuutähteestä jätetään noin 30 prosenttia korjaamatta.
- Vanhat kannot sekä eri puulajien järeitä, tuoreita kantoja jätetään vähintään 25 kpl/ha.
- Säästetään olemassa oleva lahoppuusta
- Jätetään metsäluonnon arvokkaat elinympäristöt korjuun ulkopuolelle
- Kantoja ei korjata esimerkiksi jyrkiltä rinteiltä, vesistöjen, pienvesien ja ojien suojakaistoilta, luonto- ja kulttuurikohteista tai säästöpuiden läheltä.

Mekaanisen metsäteollisuuden ja puusepänteollisuuden prosesseissa syntyvää sahanpurua, hiontapölyä ja lastua käytetään energiaksi sellaisenaan, seulottuna tai esim. pelleteiksi puristettuna. Se on tärkeä ja edullinen aluelämpölaitosten ja erillisten voimaloiden biopolttoaine.

Ainespuun teollisessa kuorinnassa syntyvä kuorijäte on metsäteollisuudellemme tärkeä kotimainen polttoaine. Märkä kuori kuivataan puristamalla ja murskataan polttokelpoiseen muotoon.

Uudet liikennepolttoaineet

Uusien biopolttoaineiden kehitystä ja käyttöä ohjaa energia-, ilmasto- ja aluepolitiikka, öljyn hinta ja teknologian kehitys. EU:n tavoitteet nostaa liikenteen uusiutuvan energian osuus 10 %:iin edellyttävät puun ja muiden biomassojen käyttöä. Näiden tekijöiden arvioidaan synnyttävän merkittävän uuden markkinan biomassan kaasutustekniikoille. Vaikka vaihtoehtoisten polttoaineiden merkitys on kasvamassa maailmanlaajuisesti, muutoksen arvioidaan näkyvän hitaasti.



EU:n tavoitteleva liikenteen uusiutuvan energian 10 %:n käyttövelvoite vuodelle 2020 on todella haastava. Koko Euroopan teollisuuden puun käyttö on 350 milj. kuutiometriä, joka kokonaan käytettynä liikenteen biopolttoaineiden valmistukseen vastaisi vain reilua 10 %:a liikenteen polttoaineiden käytöstä. Käytännössä tämä tarkoittaa, että liikenteen biopolttonesteitä tai niiden raaka-aineita tullaan tuomaan Euroopan ulkopuolelta sekä kustannus- että saatavuussyistä. Lisäksi liikenteessä tullaan käyttämään uusiutuvasti tuotettua sähköä ja vetyä.

Ensimmäisen sukupolven liikenteen biopolttoainella tarkoitetaan viljasta tehtyä etanolia ja rasvoista tehtyä biodieseliä. Tällaisia polttoaineita voi käyttää vain rajoitetusti sekoitettuna normaalin polttoaineen kanssa. Niiden vaikutus hiilidioksidipäästöihin vaihtelee suuresti.

Toisen sukupolven biopolttoaineissa raaka-ainevaihtoehtoja on useampia ja niitä voi sekoittaa suuria määriä osaksi muita polttoaineita. Tällaisia ovat esimerkiksi synteettiset biodieselit ja selluloosasta valmistettu etanoli. Niitä on tarkoitus tuottaa niin sanotuissa **metsä-biojalostamoissa** missä puu hyödynnetään tehokkaasti kuitujen, kemikaalien ja energian tuottamiseen.

Pyrolyysiöljy eli puuöljy on nesteytettyä puuta. Puu kuumennetaan hapettomissa oloissa nopeasti 500–600 asteen lämpötilaan, jolloin se höyrystyy kaasuksi. Jäähdyessään höyryt tiivistyvät pyrolyysiöljyksi. Tonnista kuivaa puuta saa 600–650 kiloa öljyä. Se vastaa ominaisuuksiltaan raskasta polttoöljyä. Siitä voidaan jalostaa kevyttä polttoöljyä, mutta se ei ole nykyhinnoilla kannattavaa. Tuotantoprosessi vaatii vielä kehittämistä.

Etanolin tuotanto on nopeimmin kasvava vaihtoehtoinen polttoainetuotanto, mutta se on perustunut peltokasveihin ja siinä mielessä se kilpailee ruuantuotannon kanssa. Puu olisi hyvä materiaali etanolin valmistukseen, sillä puun kasvattamiseen kuluu paljon vähemmän energiaa kuin viljan kasvattamiseen. Jalostamisen tuotantokustannukset ovat olleet toistaiseksi este valmistukselle. Ensimmäinen kaupallisen mittakaavan metsäbiomassaan perustuva etanolitehdas aloitti toimintansa USA:ssa vuonna 2008.

Puuaineksessa on luonnostaan **metanolia eli puuspriitä**. Sen valmistusta on kokeiltu Suomessa, mutta kustannukset ovat tällä hetkellä 2–4 kertaa korkeammat kuin maakaasusta valmistetun metanolin kustannukset.

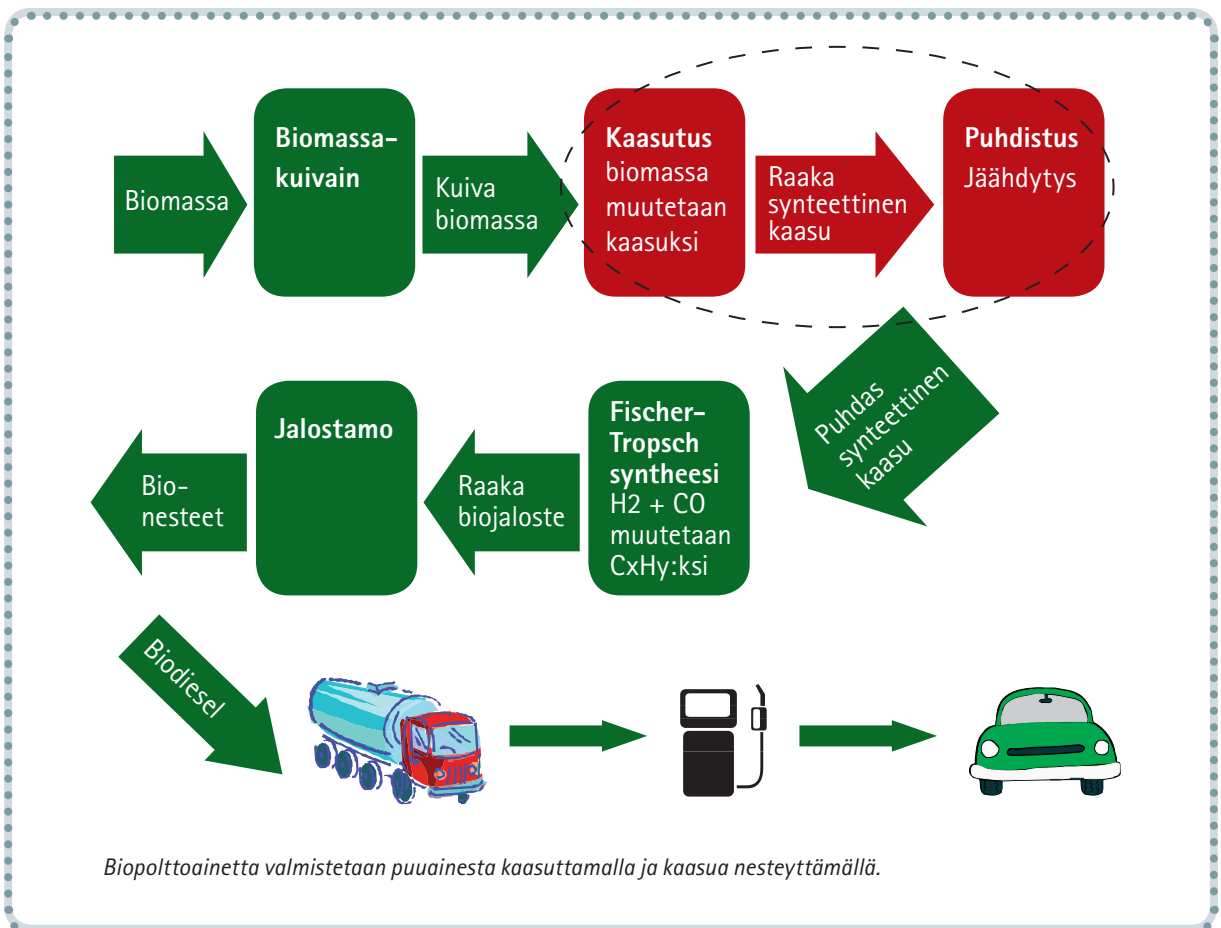


Mistä hiilet kesän grillihetkiin?

Suomessa käytetään grillihiiltä noin 1 kg/asukas eli noin 6 miljoonaa kiloa vuodessa. Tästä kotimaisen hiilen osuus on alle 10 %.

Grillihiiltä valmistetaan Suomessa kotimaisesta lehtipuusta retorttimenetelmällä: puu kuivatislataan eli kuumennetaan suljetussa lähes hapettomassa tilassa. Puun hiiltyminen toivotulla tavalla edellyttää tiettyä lämpötilaa (max 400–500 °C). Suomessa käytetty retorttimenetelmä takaa, että kaikki hiili on tasalaatuista ja se on hiiltynyt loppuun asti. Tällöin se syttyy ilman sytytysnestettä, ei savuta eikä pala keltaisella liekillä eli minimoi vaarallisten PAH-yhdisteiden määrän. Tuontihiilen laatu on hyvin epätasaista. Grillihiiltä koskevat laatumormit antaisivatkin kotimaiselle hiilelle mahdollisuuksia kilpailussa tuontihiilen kanssa.

Biodieselin valmistusprosessissa puu ensin kaasutetaan ja sen jälkeen kaasu puhdistetaan synteetikaasuksi. Tästä valmistetaan dieseliä menetelmällä, jossa biomassan käytön kokonaishyötysuhde on lähes 90 prosenttia, jos synteetissä syntyvä lämpö hyödynnetään sähköksi, lämmöksi tai teollisuuden prosessihöyryksi. Siksi tuotantolaitos kannattaa sijoittaa puuta tai turvetta käyttävän voimalaitoksen tai paljon lämpöä tarvitsevan sellu- ja paperitehtaan kupeeseen. Suomeen rakennetaan parhaillaan metsähaketta käyttävää, biodieseliä valmistavaa koelaitosta.



Biopolttoainetta valmistetaan puuainesta kaasuttamalla ja kaasua nesteyttämällä.



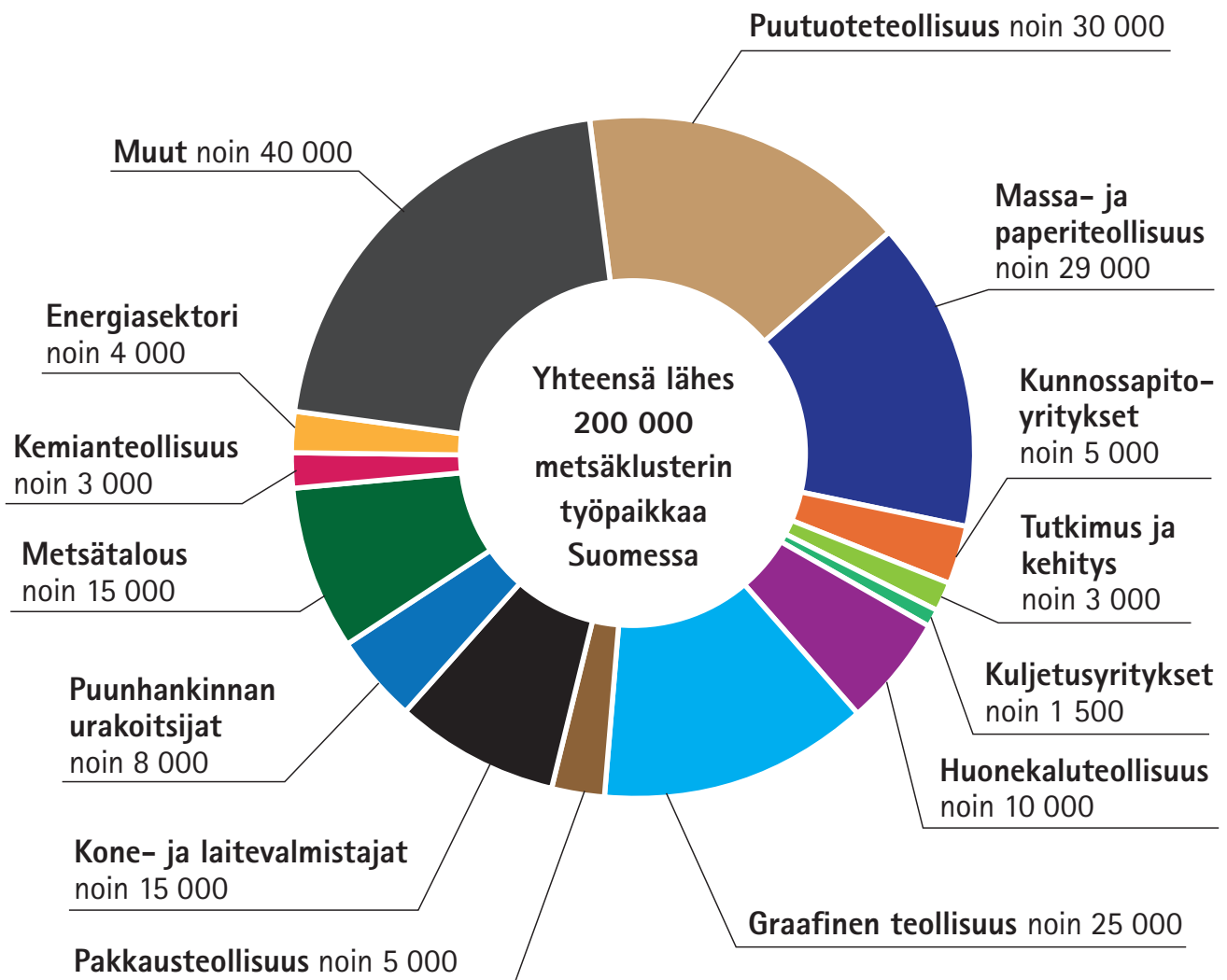
Suomalainen metsäklusteri – vahvuutta yhteistyöstä

Metsäteollisuutemme menestys perustuu pitkälti sen ympärille muodostuneeseen korkean osaamisen verkkoon, metsäklusteriin. Siihen kuuluu eri alan yrityksiä, tutkimuslaitoksia ja korkeakouluja. Metsäteollisuus on klusterin ydin, mutta lisäksi siihen kuuluu mm. metsätalous, kemian- ja teknologiateollisuutta sekä logistiikkayrityksiä. Vastaavaa yhteistyömallia ei löydy maailmalta.

Metsäklusteri työllistää noin 200 000 suomalaista, muodostaa BKT:stä kymmenen prosenttia ja käsittää nettovientitulosta neljäkymmentä prosenttia.

Metsäklusteri on tällä hetkellä suurien haasteiden edessä maailmantalouden muuttuessa ja kilpailukyvyn kiristyessä. Klusteri laajentaa yhteistyötä uusille aloille etsien sitä kautta uutta osaamista ja uusia innovaatioita.

Metsäklusteri työllistää (2008)



Mikä on metsäklusteri?

Klusteri voidaan määritellä eri yritysten muodostamaksi osaamiskeskittymäksi, jossa keskinäistä yhteistyötä tekevät yritykset, tutkimuslaitokset ja korkeakoulut muodostavat yhteistyöryppään. Klusterissa on mukana myös keskenään kilpailevia organisaatioita.

Suomen metsäteollisuuden menestys perustuu pitkälti sen ympärillä toimivaan monipuoliseen, korkean osaamisen verkkoon, metsäklusteriin. Klusterin toimijoiden menestys on toisistaan riippuva ja toisiaan hyödyttävä. Missään muussa maassa ei ole yhtä vahvaa ja monipuolista metsävaroihin perustuvaa osaamista ja yritystoimintaa.

Metsäteollisuus on klusterin ydin, mutta siihen kuuluvat myös:

- metsätalouden harjoittajat
- logistiikkayritykset
- tuotantoon tarvittavien koneiden, laitteiden ja automaation valmistajat
- energiaa tuottavat yritykset
- kemikaalien valmistajat
- alan tutkimuslaitokset, korkeakoulut ja konsultit
- graafinen teollisuus
- pakkausteollisuus
- tekstiiliteollisuus (viirat, huovat)
- rakennus- ja sisustusala
- viestintäala

Metsäklusteri ei ole pysyvä vaan se on muuttunut ja muuttuu ajan myötä. Metsäklusterin on ennustettu sisältävän aivan uusia yhteistyöaloja muun muassa nanotekniikan ja älysovellusten kehityksen myötä.

Metsäklusterin merkitys Suomessa

Metsäklusterin osuus Suomen bruttokansantuotteesta on noin kymmenen prosenttia, teollisuuden tuotannosta kolmekymmentä prosenttia ja nettovientituloista noin neljäkymmentä prosenttia. Metsäklusteri työllistää suoraan tai välillisesti lähes 200 000 suomalaista. Joka kymmenes suomalainen saa siten elantonsa metsäteollisuudesta tai sitä palvelevilta aloilta.

Mitattuna työpaikoilla tai vaikutuksella suomalaisen yhteiskunnan tulonmuodostukseen, metsäklusteri on edelleen merkityksellisempi kuin esimerkiksi tietoteknologia-klusteri. Metsäala käyttää paljon kotimaisia tuotantopanoksia ja siksi vientituloista jää hyödyntämään Suomen kansantaloutta suurempi osa kuin elektroniikkateollisuudessa.

Suomella on metsäklusterissa valtava osaamispääoma. Vaikka yrityksemme ovat kansainvälistyneet, on Suomi edelleen metsäsektorin tutkimus- ja kehitystyön keskus, sen kansainvälinen kärkimaa. Myös ulkomaalaiset tulevat opiskelemaan alaa Suomeen. Suomi kouluttaa Euroopan paperi-insinööreistä puolet ja puutuotealan diplomi-insinööreistä joka kuudennen. Yritykset, tutkimuslaitokset ja korkeakoulut hyödyntävät toistensa erikoisosaamista ja vievät yhdessä alaa eteenpäin. Työn tuloksena Suomessa on esimerkiksi erinomainen teknologiaosaaminen.

Suomeen ollaan perustamassa **strategisen huippuosaamisen keskittymiä** vahvoille osaamisen alueillemme. Metsäklusteri oli ensimmäinen toimintaan saatu huippuosaamisen keskittymä. Tavoitteena on luoda kansainvälisesti vahvin metsäalan innovaatioympäristö.

Metsäklusteri on suurien muutosten edessä. Muutospaineita luovat monet tekijät: globalisaatio ja maailmantalouden muutokset, uusien alueiden, kuten Aasian, nouseminen kilpailijoiksi, omistajien odotukset, kestävä kehitys ja kilpailu raaka-aineista. Klusterin on nopeasti vahvistettava kilpailukykyään pärjätäkseen maailmanlaajuisessa kilpailussa. Tavoitteena on mm. kehittää radikaalisti uudenlaisia energiatehokkaita ja resursseja säästäviä tuotantoteknologioita.

Esimerkkejä klusterin osaamisalueista

Metsäteollisuutemme menestys perustuu metsäklusteriin, jossa eri alat hyödyntävät toistensa erikoisosaamista.

KONE- JA LAITEVALMISTAJAT

Suomi on puun korjuuseen ja jalostamiseen tarvittavien koneiden johtavia valmistajia maailmassa.

Esimerkkituotteita:
kokonaiset tuotantolinjat
esim. saha-, paperi- ja vanneriteollisuuteen, hakkuukoneet, energiapuukourat



AUTOMAATIO- JA TIETOTEKNIikka

Esimerkkejä tuotteista:

Puutavaran mittauslaitteet esim. puukuorman laserskannaus tehtaan portilla.

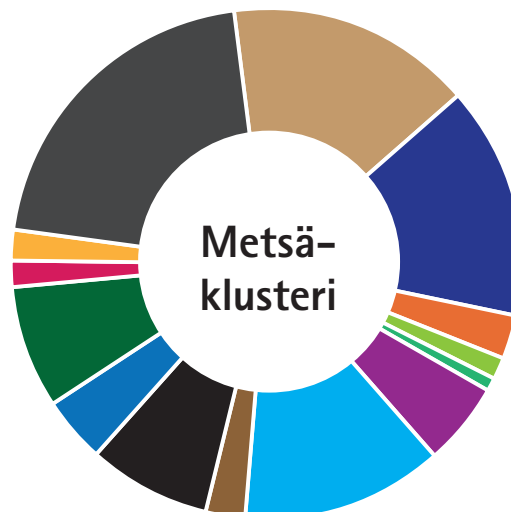
Ajoneuvotietokoneet ja paikannusteknologia.

Kartta- ja ohjausohjelmistot puunhankinnan ja -korjuun ohjaukseen.

Konenäkölaitteet puun läpivalaisuun ja laadun arviointiin.

PAKKAUSTEOLLISUUS

Pakkauksista kehitetään huipputuotteita räätälöimällä pakkausmateriaaleja tuotteen, jakeluketjun ja asiakkaan toiveen mukaisesti. Pakkauksilta vaaditaan esimerkiksi hygieenisyyttä, ympäristöystävällisyyttä, keveyttä ja kestävyyttä, näyttävyyttä ja älykkyyttä.



KULJETUSYRITYKSET

Metsäteollisuus on erittäin merkittävä kuljetuspalvelujen käyttäjä ja on vaikuttanut tieverkkomme laatuun ja toimivuuteen.

Metsäteollisuuden osuus

- rautateiden kuljetussuoritteesta on noin 60 %
- maanteiden kuljetussuoritteesta on noin 30 %
- ulkomaan meriviennistä 45 %

KEMIANTEOLLISUUS

Metsäkemia on yksi vahvuusalueemme.

Esimerkkejä tuoteryhmistä:

Kemikaaleja metsäteollisuudelle esim. keitto- ja valkaisuaineet, päällystys- ja täyteaineet, jäteveden käsittelyaineet.

Sellun ja sivutuotteiden jatkojalostusta esim. viskoosia, räjähdysaineita ja liimaa.

Biojalostamot tuovat uusia tuotteita esim. polttoaineita.

kuvaluettelo:

SIVUNUMERO / AIHE LÄHDE / KUVAAJA

LUKU 1: Metsät ovat tärkein luonnonvaramme	
4 Koivikko	Suomen Metsäyhdistys ry / Sirpa Kärkkäinen
5 Piirroskuva: tukin pää	Suomen Metsäyhdistys ry
6 Piirroskuva: Suomi	Suomen Metsäyhdistys ry
9 Ahma	Metsästäjäin keskusjärjestö
9 Koivikko	Suomen Metsäyhdistys ry
9 Kuhmon vaakuna	Kuhmon kaupunki

LUKU 2: Puun rakenne ja ominaisuudet raaka-aineena

10 Metsä ja puupino	Suomen Metsäyhdistys ry / Krista Kimmo
11 Mikroskooppikuva puusoluista	Pekka Saranpää
11 Piirroskuvat: Puun ja puusolujen rakennekuva	Suomen Metsäyhdistys ry
11 Valokuva oksaisesta laudasta	Suomen Metsäyhdistys ry / Anu Suomalainen
13 Valkohahottajat ja ruskolahottajat	Pirjo Piesala
14 Mikroskooppikuva puusolukosta	Pekka Saranpää
15 Metsä ja puupino	Suomen Metsäyhdistys ry / Krista Kimmo
15 Kääpiä lahpuussa	Pirjo Piesala
15 Hirsitalo	Honkarakenne Oyj
15 Puuleluja	Suomen Metsäyhdistys ry / Anu Suomalainen
16 Puun putkimaiset solut	Pekka Saranpää
16 Valokuva oksaisesta laudasta	Suomen Metsäyhdistys ry / Anu Suomalainen
17 Piirroskuvat: Puu kutistuu kuivessaan	Suomen Metsäyhdistys ry

LUKU 3: Puun jalostaminen alkaa metsässä

22 Metsä	Suomen Metsäyhdistys ry / Krista Kimmo
24 Metsäsuunnitelman kuviokartta	Suomen Metsäyhdistys ry
25 Hakkuu- ja ajokone	Metsäteollisuus ry
26 Piirroskuvat: Puun jalostaminen alkaa metsästä	Suomen Metsäyhdistys ry
28 Metsänomistaja ja metsä-ammattilainen	Suomen Metsäyhdistys ry / Sirpa Kärkkäinen
28 Metsikkö	Suomen Metsäyhdistys ry / Sirpa Kärkkäinen
28 Hakkuukone	Metsäteollisuus ry
28 Metsä ja puupino	Suomen Metsäyhdistys ry / Krista Kimmo
28 Ajokone	Suomen Metsäyhdistys ry / Elina Antila
29 Tukkipöytä	Suomen Metsäyhdistys ry / Krista Kimmo
28 Paino- ja kirjoituspapereita ja taivekartongit	Suomen Metsäyhdistys ry / Anu Suomalainen
28 Maitotölkki ja piimätölkki	Valio Oy
28 Tietokone	gravision
28 Piirroskuvat	gravision
30 Kääpiä lahpuussa	Pirjo Piesala
30 Energiapuuta	Pirjo Piesala
30 Skaala Skandia ovi	Skaala Ikkunat ja Ovet Oy
30 Sahanpurua ja haketta ja lautoja	Suomen Metsäyhdistys ry / Sirpa Kärkkäinen
30 Keräyspaperipaaleja	Lassila & Tikanoja

SIVUNUMERO / AIHE LÄHDE / KUVAAJA

LUKU 4: Metsäteollisuus jalostaa puusta tuotteita	
31 Sahatavaraa	Suomen Metsäyhdistys ry / Sirpa Kärkkäinen
Piirroskuvat	gravision

LUKU 5: Puutuoteollisuus on monipuolista – talotehtaista soitinverstaisiin

40 Kitara	Suomen Metsäyhdistys ry / Krista Kimmo
41 ON vuodesohva- ja tasosarja	Tapio Anttila Design ky / Matti Silvennoinen
41 Skaala Skandia ovi	Skaala Ikkunat ja Ovet Oy
41 Hirsitalo	Honkarakenne Oyj
41 Kitara	Suomen Metsäyhdistys ry / Krista Kimmo
41 Laituri	Lip-Lap Laituri Oy / Ville Helenius
41 Lämpöpuinen lauta	Oy Lunawood Ltd
41 Satula	Marjaana Heinonen
41 Seinä ja katto	Puuinfo Oy / Brandon
41 Talo Linnea: Tuulensuojalevyjä	Puuinfo Oy / Timo Korhonen
42 Kaavakuva sahasta	Heinolan Sahakoneet Oy
43 Piirroskuvat: Tukki, pelkka, lauta-aihiot, sähmätty lauta	gravision
44 Piirroskuvat: tukkeja, sahaus-tapoja, tuotteita ja sivutuotteita	Suomen Metsäyhdistys ry
46 HewSaw SL250 Quartet sahalinja	Veisto Oy
47 Mäntysahatavaran laatuluokat A–D	Puuinfo Oy / Seppo Kaksonen
47 Päijänne-tunnelin vedenalainen alkuosa	Versowood Oy / Kuva-Pihla Ky
48 Piirroskuvat: Muotoonhöylätty puu	Suomen Metsäyhdistys ry
49 Turvatolppa	Versowood Oy
50 Laituri	Lip-Lap Laituri Oy / Ville Helenius
50 Nuotio	Suomen Metsäyhdistys ry
51 Lämpökäsiteltyä puuta rakennuksen ulkoverhoiluissa	Oy Lunawood Ltd
51 Lämpöpuinen lauta	Oy Lunawood Ltd
52 Piirroskuva: Lastulevy	Suomen Metsäyhdistys ry
52 Kuitulevy	Puuinfo Oy / Timo Korhonen
52 Piirroskuva: Liimalevy	Suomen Metsäyhdistys ry
52 Valokuva: Liimalevy	Suomen Metsäyhdistys ry / Anu Suomalainen
52 Piirroskuva: vaneri	Suomen Metsäyhdistys ry
52 Filmivaneri	Metsäliitto / Teemu Töyrylä
53 Linja-auto	Suomen Metsäyhdistys ry / Anu Suomalainen
54 Viilu	Koskisen Oy
55 Lentokone	Erkki Heinonen
55 Vanerikulho	Suomen Metsäyhdistys ry / Anu Suomalainen
55 Satula	Marjaana Heinonen
56 Piirroskuvat: Vanerin valmistus	Suomen Metsäyhdistys ry
57 Piirroskuva: Skeittilauta	Suomen Metsäyhdistys ry
58 Talo Linnea: Tuulensuojalevyjä	Puuinfo Oy / Timo Korhonen
59 Piirroskuvat: Insinöörirakentamisen tuotteita	Suomen Metsäyhdistys ry
59 Pohjala Stadion Vantaa	Puuinfo Oy / Mikko Auerniitty
59 Cor-huset: Liimapuupalkkeja	Puuinfo Oy / Kimmo Räisänen
59 Omakotitalon laajennus Kerto-Rungolla	Metsäliitto / Hans Koistinen

SIVUNUMERO / AIHE	LÄHDE / KUVAAJA	
60	Vihantasalmen silta	Insinööri toimisto Ponvia Oy
62	Aalto-jakkara	Artek oy ab
63	KOKO talo	Koskisen Herrala-Talot
64	Chip-tuolit	Puuinfo Oy / Kimmo Räisänen
65	ON vuodesohva- ja tasosarja	Tapio Anttila Design ky / Matti Silvennoinen
67	Radisson SAS Tallinnan ravintolan kaide	Idea-Puu Oy ABC-Studiot Oy / Heikki Savolainen
67	Hotelli Kämpin aulabaari	Idea-Puu Oy ABC-Studiot Oy / Heikki Savolainen
68	Valokuvat ikkunoista	Skaala Ikkunat ja Ovet Oy
69	Kitara	Suomen Metsäyhdistys ry / Krista Kimmo
70	Vene	Vallilan Veneveistämö
70	Markku Rudangon kengät	Woodplanet / Markku Rudanko Ari Karhu
70	Paola Suhosen kengät	IVANA Helsinki, Pirjo Suhonen
70	Läpivärjätty puu: lautaset	CWP Coloured Wood Products Oy
71	Linnanmäen ravintola	Puuinfo Oy / Matti Karjanoja
71	Puukerrostalo	Puuinfo Oy / Yrjö Suonto
71	Piano-paviljonki	Puu kulttuurissa ry / Forka
71	Sibelius-talo	Puuinfo Oy / Mikko Auerniitty
71	Linnanmäen vuoristorata	Lasten Päivän Säätiö
72	Vanha Rauma	Vanhan Rauman korjausrakentamiskeskus Tammela / Kalle Saarinen
73	Kirkkoniemen kellotapulin paanukatto	Savonlinna-Säämingin seurakunta / Marko Paakkunainen
75	Hirsitalo	Honkarakenne Oyj
76	Hirsityypit	Kontiotuote Oy
77	Pietarin Marinski-teatteri	Metsäliitto / Seppo Kaksonen
78	Pariisin Charles de Gaullen lentokenttä	Metsäliitto / EKD studio
78	Korkeasaaren näkötorni	Puuinfo Oy / Jussi Tiainen
79	Porvoon modernia puukaupunkia	Puuinfo Oy / Kimmo Räisänen

LUKU 6: Kemiaallinen metsäteollisuus valmistaa erilaisia papereita ja kartonkeja

80	Paino- ja kirjoituspaperit	Suomen Metsäyhdistys ry / Anu Suomalainen
81	Maitotölkki ja piimätölkki	Valio Oy
81	Aaltopahvi	Suomen Metsäyhdistys ry / Anu Suomalainen
81	Taivekartongit	Suomen Metsäyhdistys ry Anu Suomalainen
81	Paino- ja kirjoituspaperit	Suomen Metsäyhdistys ry / Anu Suomalainen
81	Raamattu	Hans-Cristian Daniel
81	Jäätelötuutit	Ingman Ice Cream Oy Ab
81	Hygieniapaperit	Suomen Metsäyhdistys ry / Anu Suomalainen
82	Selluarkkeja	Stora Enso
84	Sellun ja mekaanisen massan valmistus-kaavakuva	Stora Enso
88	Paperin valmistus ja jälkikäsittely	Stora Enso
90	Paperinkone	Metso Paper
90	Paperikone / konerulla	Metsäteollisuus ry
90	Paperitehtaan valvomo	Metsäteollisuus ry
91	Paino- ja kirjoituspaperit	Suomen Metsäyhdistys ry / Anu Suomalainen

SIVUNUMERO / AIHE	LÄHDE / KUVAAJA	
92	Raamattu	Hans-Cristian Daniel
93	Hygieniapaperit	Suomen Metsäyhdistys ry / Anu Suomalainen
93	Erikoispaperit	Pirjo Piesala
94	Leivinpaperi	Suomen Metsäyhdistys ry / Anu Suomalainen
95	Aaltopahvi	Suomen Metsäyhdistys ry / Anu Suomalainen
95	Taivekartongit	Suomen Metsäyhdistys ry / Anu Suomalainen
95	Maitotölkki ja piimätölkki	Valio Oy
97	CD- ja DVD-kotelot	Stora Enso
98	RFID-älytunniste	UPM
99	Älykäs lääkepakkaus	Stora Enso

LUKU 7: Puun koostumusta hyödynnetään monin tavoin

100	Tukkikasa	Kuvaste Oy / Saku Ruusila
101	Tukkikasa	Kuvaste Oy / Saku Ruusila
101	Ksylitolipurukumi	LEAF Suomi Oy
101	Valio Evolus-tuotteet	Valio Oy
105	Selluvillaa seinäeristeenä	Suomen Selluvilla-Eriste Oy
107	Kuusa	Joensuu Meskari Oy / Mikko Asikainen
107	Kitara	Flaxwood Oy
107	Terassilaudat	Puu kulttuurissa ry / Forka
108	Selluloosananokuidut	TKK / Monika Österberg

LUKU 8: Puusta energiaa

110	Haketta	gravision
111	Polttopuita	Suomen Metsäyhdistys ry / Anu Suomalainen
111	Metsähake	Vapo Oy
111	Sahanpurua	Vapo Oy
111	Kuori	Vapo Oy
111	Puupelletti	Vapo Oy
111	Puudiesel	UPM
112	Piirroskuvat: puita	gravision
117	Risutukki	Kuvaste Oy / Saku Ruusila
119	Piirroskuvat: auto, bensapumppu, säiliöauto	gravision

LUKU 9: Suomalainen metsäklusteri – vahvuutta yhteistyöstä

120	Ajokone	Suomen Metsäyhdistys ry / Elina Antila
123	Ajokone	Metsäteollisuus ry
123	CD- ja DVD-kotelot	Stora Enso

graafit:

SIVUNUMERO / GRAAFI	LÄHDE
LUKU 1: Metsät ovat tärkein luonnonvaramme	
5 Maailman metsävarat	tiedot: FAO kuva: Metsäntutkimuslaitos Essi Puranen
6 Puuston kasvu ja poistuma Suomessa 1920–2006	Metsätilastollinen vuosikirja 2008 Metsäntutkimuslaitos www.forest.fi
LUKU 2: Puun rakenne ja ominaisuudet raaka-aineena	
20 Metsien rooli Suomen hiilitaseessa	Jari Liski Suomen ympäristökeskus www.metsavastaa.net
20 Mitä tapahtuu hiilelle vuoden aikana keskimääräisellä suomalaisella metsähehtaarilla	Jari Liski Suomen ympäristökeskus piirros: gravision
21 Eräiden rakennusmateriaalien koko elinkaaren aikaisten CO ₂ -päästöjen nettomäärät	Rakennustietosäätiö RTS
30 Suomen vuotuinen puuvirta milj. m ³	Metsätilastollinen vuosikirja 2008, Metsäntutkimuslaitos piirros: gravision
32 Tuotannon bruttoarvo Suomen teollisuudessa	Tilastokeskus / Metsäteollisuus ry
32 Suomi on maailman suurimpia puujalosteiden viejiä	Metsäteollisuus ry
33 Puunjalostaminen vaikuttaa monella paikkakunnalla	Metsäteollisuus ry
33 Vientiin menee monenlaisia tuotteita	Tullihallitus / Metsäteollisuus ry
39 Metsäklusterin tutkimuksen painopisteitä	Päättäjäien metsäakatemia 2008 / Hagstöm-Näsi, Metsäklusteri Oy
LUKU 5: Puutuoteteollisuus on monipuolista – talotehtaista soitinverstaisiin	
41 Suomen puutuoteteollisuus	Tilastokeskus / Metsäteollisuus ry
74 Rakennusmateriaalit ja markkinat	VTT, RT 2008
LUKU 6: Kemiallinen metsäteollisuus valmistaa erilaisia papereita ja kartonkeja	
81 Suurimmat paperin ja kartongin viejämaat	Metsäteollisuus ry
81 Paperin ja kartongin tuotannon jakautuminen Suomessa v. 2007	Metsäteollisuus ry
114 Energian kokonaiskulutus Suomessa 2007	Tilastokeskus
121 Metsäklusteri työllistää	Metsäteollisuus ry

Julkaisija: Suomen Metsäyhdistys ry

Sähköinen aineisto: www.smy.fi
> kouluyhteistyö > aineistot

Ulkoasu ja taitto: gravision

Painopaikka: Erweko 2011

