

MUISTINVIRKISTYSTÄ PUURAKENTEISTEN EXPERIMENTALKONEIDEN RAKENTAJALLE

Normi HTO-013/22
pvm 27.12.2022

Lähteet:

- Tonym Bingelis,n kirjat kuuluvat jokaisen rakentajan kirjastoon.
- Werkstatt Praxis für den Bau von Gleit- und Segelflugzeugen, todella hyvä saksankielinen perusteos. Vanha mutta yhä edelleen parhaimpia.
- EAA aircraft building techniques kirjasarja, sekä videot, löytyy apua moneen pulmaan.
- Puuvene, hyviä neuvoja puutöihin.
- Sport Aviation erinumerot.
- EAA nytt, ruotsalainen experimental-lehti.
- AC 43.13-1B rakentajan perusteos.
- Werkstattarbeit, saksalainen peruskirja.
- Metallitöihin kotipajassa antaa hyvää apua Michel Colomban CRICRI MC-12 Construction manual.
- Älä aristele ostaa vieraskielistä kirjallisuutta, sanakirjan ja tuttavien avulla selviää mistä vaan. Paljon moitittu Google-kääntäjäkin auttaa yllättävän hyvin.

MuutosHistoria:

HTO-013/22, 27.12.2022, ensijulkaisu

Käyttölisenssi

Tämä vaatimus on julkaistu [Creative Commons lisenssillä \(CC BY-NC-ND 4.0\)](#). Saat käyttää niitä vapaasti omassa käytössä alkuperäisenä. Voit myös jakaa sitä (samalla lisenssillä), kunhan säilytät teoksen alkuperäisenä ja nimeät lähteen.



[ok HTH](#)

Sisällysluettelo

YLEISTÄ	3
Työtila	4
Työvälineet	5
Työpöytä	6
Miksi terävät työstövälineet.....	6
Teroituskulmat:.....	7
Raaka - aineet	7
Vaneri.....	7
Mänty.....	7
Muut puulajit.....	9
Metallit.....	10
Kangas.....	10
Muovit.....	10
Pleksit.....	10
Liimat.....	10
Liimatyytit.....	11
Epoksiliima.....	11
Liimauksen suoritus.....	11
Liimausolosuhteet ja liiman varastointi.....	13
Liimasanastoa:.....	14
Riman ja sälon sahaus ja jatkaminen.....	14
Vanerin jatkaminen.....	14
Muotin (jigin) valmistus.....	16
Jigin käyttö.....	17
Kylmälaminointi.....	17
Kokoaminen.....	18
Verhouslevyjen kiinnittäminen.....	18
Siiven kokoaminen runkopukilla.....	19
Suojalakkaus (kosteussulku).....	20
Maalaus	21
Koneen säilytys ja hoito	21
Lopuksi.....	22
LIITTEET	23
Liite 1	23
Liite 3	24
Liite 4	24
Liite 5 Torsiopuristin malli Pena	28
Liite 6 Puutavaran valinta ja Testaus	29
Liite 7	30
Liite 8 Vanerin höyry taivutus	31

Sisällysluettelo

- yleistä
- työtila
- työvälineet
- raaka-aineet
- työmenetelmät
- liimaus
- jiggit
- kokoonpano
- verhoilu
- kosteussulku
- maalaus
- säilytys
- hoito
- Good Luck!!!!!!!!!!!!!!!

YLEISTÄ

Suomenkielistä ohjeistoa puurakenteisten koneiden rakentajalle on vähän. Tämän monisteen ei ole tarkoituksenaan poistaa kokonaisuudessaan sitä aukkoa, vaan olla apuna rakentajalle hänen selvitellessä itsekseen pulmallisia tilanteita.

Teksti perustuu tekijän omiin kokemuksiin ja ennen kaikkea tekemiin virheisiin, joita on tullut paljon. Tämä moniste toivottavasti auttaa, että muiden ei tarvitsisi tehdä niitä uudelleen.

Kirjoituksen apuna on käytetty Hans Jacobs`n ja Herbert Lück`n mainiota kirjaa "Werkstatt Praxis für den Bau von Gleit- und Segelflugzeugen", teos, mikä tulisi olla jokaisen rakentajan kirjahyllyssä jo pelkän kuvitukseksi vuoksi. Hyvä perusteos on myös Tony Bingelis`n, "The Sportplane Builder". Näistä kahdesta teoksesta löytyy apu moneen pulmaan. Monisteen lopussa on luettelo kirjoittajan käyttämistä lähteistä. Toivottavasti tästä monisteesta on apua ja huomautukset sen parantamiseksi otetaan ilomielin vastaan.

Näitä ohjeita käytät omalla vastuullasi.

Mukavia rakennushetkiä.

Pentti

Työtila

Rakentamisen kannalta ja onnistuneen tuloksen saamiseksi, rakennustilalla on suuri merkitys. Perusedellytyksinä voidaan pitää sitä, että tila on niin suuri, jotta suurin yksittäinen osa mahtuu sinne ja sen ympärille ainakin pitkille sivuille jää tilaa noin 1 metri ja jommas-takummasta päästä pääsee kulkemaan. Tilassa tulee olla vapaa seisontakorkeus, kohtuulliset säilytystilat tarvittaville materiaaleille ja työkaluille. Ja muista että lopulta sinun pitää saada valmistettu osa ulos.

Sähkön saanti tulee olla esteetön ja lämpöä saisi olla noin 16 - 20 °C.

Mikäli rakennustilassa ei voi säilyttää kaikkia tarvikkeita ja valmiita osia, niitä varten tulee olla kuiva varastotila. Ihanteellinen rakennustila on väljä, lämmin tila, jossa voi säilyttää ja koota koneen.

Rakennustilan lattian on oltava tarpeeksi tukeva (valu tai vast.) jotta siihen voi kiinnittää tukevasti kokoamisjigit ja vaaita ne suoraan.

Autotalli täyttää useimmiten kaikki ehdot. Ainut hankaluus tulee tavallisesti siitä, kun muut perheenjäsenet alkavat kysellä, "Miksi auton pitää olla ulkona seuraavat vuodet?"

Yksistään perhesovun vuoksi kannatta projektin aloitusvaiheessa tehdä selväksi nämä asiat, näin välttyy monelta ongelmalta. Hyvän sävöyksen tekee myös, kun joskus muistaa liimata äiteelle kukkalaudan, mikä kyllä on ihan kohtuullinen vaatimus.

Rakennustilan organisointi on sitä tärkeämpi, mitä pienemmät tilat on käytössä.

Kaikille esineille ja tarvikkeille tulee olla oma paikkansa ja ne myös säilytetään siellä. Älä unohda kattoa, hihnoilla ja muilla konsteilla siitä muodostuu ensiluokkainen säilytystila harvoin tarvittaville esineille. Hyllyjen suunnitteluun kannatta paneutua huolellisesti. Kaikilla näillä säästetään arvokasta lattiatilaa, josta melkein aina tulee pulaa. Ja hyvät hyllyt suojelevat myös kallisarvoisia valmistuneita osia.

Sähköisten työkalujen sijoitus on tärkeää, jotta niistä voidaan ottaa tarvittava hyöty. Vannesahaa ei voi sijoittaa ahtaaseen kujaan, jos sitä aikoo käyttää tehokkaasti.

Projektin alkuvaiheessa varaa tilaa riittävän suurelle jäteastialle. Et arvaakaan paljonko sitä kertyy. Käyttökelpoinen ratkaisu on 200 litran jätessäkki. Se voi sijoittaa myös ulos, mutta ei liian kauas, jotta sinne tulee vietyä roskat myös.

Rakennustilan puhtaus muodostuu usein ongelmaksi, jos ei aina tule töiden jälkeen siitä heti huolehdittua. Joten ota tavaksi alusta pitäen puhdistaa jäljet välittömästi töiden päätyttyä.

Paloturvallisuus on varmistettava. Koneista kertyy uskomaton määrä lastuja ym. paloarkoja jätteitä, mitkä odottavat sytyttäjäänsä. Hyllyt ovat täynnä paloarkoja nesteitä, liimoja ym. litkuja. Varmista palotarkastajalta mitä voit säilyttää ja miten, niin ei tule viranomaisien kanssa - niin mutta - tilanteita. Ehdottomasti käyttökuntoinen ensisammutin on PAKOLLINEN varuste rakennustilassa. Eniten käyttöä olisi A luokan sammuttimesta, joka on tarkoitettu kuitumaisiin aineisiin, kuten puu.

Joku muukin alkusammutusväline kelpaa, mutta vaahtosammutin on tarpeeksi monipuolinen.

Tupakkamiehet voivat joko lopettaa tupruttelun tai hankkia kunnollisen automaattisella sammutuskannella varustetun tuhkakupin. Lattia ei ole tuhkakuppi.

Jos olet oluen ystävä, älä nauti sitä täällä. Tietenkin on Sinun oma asiasi, jos välttämättä tahdot hörpätä esim. lakkaa kaljapullon näköisestä putelistä. Minulla ei ole kokemusta sisäelinten säilömisestä lakalla.

Opettele alusta pitäen muutama asia: puhtaus, huolellisuus ja dokumentointi, niin projektisi onnistuu varmasti.

Työvälineet.

Puurakenteet vaativat yllättävän vähän työkaluja.

Välttämättömiä ovat :

- työpöytä
- käsihöylä, metallinen laatutuote
- selkäsaha
- puukko
- puristimia (vinkoja) eri kokoja min. 20 kpl
- talttoja useita eri kokoja
- raspeja eri karkeuksia (2 - 3)
- hionta-alustoja
- lenkki- ja ruuvitaltta sarjat
- rautasaha terineen
- metalliviila
- silitysrauta (teflonpohja, säätö >1200 W), verhoilutyöt
- lämpömittari + 300 C asti, verhoilutyöt
- Kunnollinen pölyimuri/puruimuri

Näillä tulee välttävästi toimeen, mutta työn helpottamiseksi ja monesti myös onnistuaksesi mukavia ovat:

- työkalujen terottamisvälineet, tahko
- ruuviväännin
- sähköpora ja tähän porateline
- täry- tai pyöröhiomakone
- vannesaha tai monitoimikone
- smirgeli
- ”Raspi-Roope”, sähköviila

Tähän voi myös lisätä tuttavan joka avustaa hitsaus- sorvaus- ja muissa harvemmin tarvittavissa töissä.

Käsihöylä kuuluu tärkeimpiin välineisiin ja sen tulee olla laatutuote. Tulos on yhtä suora kuin on höylän pohjakin. Huonolla terällä ei saa mitään aikaan. Pidä kuitenkin mielessä, että läheskään aina kallein ei ole paras. Yksinkertainen, ruuvisäätoinen, metallirunkoinen käsihöylä on hyvä työkalu moneen muuhunkin tarkoitukseen. Kunnollinen selkäsaha on pakollinen työkalu. Ei ole varmasti montakaan puista lentsikkaa rakennettu ettei kunnan ”kauhaavalaasella” ole ollut merkittävä osuutta sen rakentelussa.

Puristimet, ts. vinkat näyttävät tärkeää osaa liimauksissa. Siksi niitä tarvitaan eri kokoja ja malleja. Nykyisin on saatavissa huokeita, käyttökelpoisia vinkoja eri rautakauppojen tarjouksista. Valitse huolellisesti. Pienellä rahalla huolellisesti valikoiden saa mainioita puristimia ja niitä ei koskaan ole liikaa. Parikymmentä kappaletta taitaa olla minimi.

Puutalttoja tarvitaan vähintään kolmea kokoa 10 mm, 15 - 20 mm ja kouru n. 10 - 15 mm. Älä tingi laadusta. Näillä tulee mainiosti toimeen. Jos haluat voit ostaa välikoko-jakin. Pari raspia tarvitaan saumojen ja viisteiden tekoon, karkea laatta ja puolikarkea, puolipyöreä ”lentokone- viila”. Mainio apuväline on Raspi-Roope. Todella hyvä työkalu mutta sitä on käsiteltävä taiten, muutoin onnistuu huippunopeasti tekemään ”sutta”.

Hiekkapaperin hionta-alustat voi valmistaa itse tai ostaa kumiset kaupasta. Itse olen huomannut itse tehdyt parhaimmiksi.

Työpöytä

Työpöytä on tärkeä. Höyläpenkki on hyvä mutta kunnollinen, tasainen, tarpeeksi kookas pöytä, jossa on höyläys kiinnikkeet, on parhaimpia ratkaisuja.

Tee pöytä itse ja tarpeeksi tukeva. Mikäli laitat pöytään pyörät, älä laita jonkun muun hylkäämiä jäännöspareja vaan kunnolliset jarruilla varustetut.

Pöydällä valmistat suurimman osan yksittäisistä osista, joten sen on oltava hyvä.

Metalliosat pitää saada kiinni ja tähän tarvitset kunnolliset ruuvitaltat ja lenkki- tai hylsytarjan. Näitä on kaupassa melkoinen valikoima.

Metallitöihin tarvitaan pari viilaa, laatta ja pyöreä. Rautasaha terineen katkaisutöihin. Älä osta huonoa rautasahan kaartta vaan tukeva hyvällä teräkiinnityksellä varustettu.

Yllä olevia voidaan pitää perustyökaluina. Käytännössä et tule toimeen ilman kunnollista porakonetta. Istukan koko tulisi olla vähintään 10 mm. Poran terät tarpeen mukaan. Osta kunnan terät, ne voi teroittaa smirgelillä. Höylänterän ja taltan huoltoon pieni tahko on mainio. Smirgelillä kyllä hoitaa tämänkin homman mutta ole huolellinen ja osta valkoinen kivi.

Hiontatöitä on paljon ja kunnolliset hiontakoneet tekevät niistä miellyttävämpiä ja nopeuttavat työtä. Nykyaikaiset pyörivät täryhiomakoneet ovat mainioita.

Vannesaha on oikeastaan pakollinen työkalu, niin paljon se auttaa. Vahinko vain, kunnolliset ovat kalliita. Käy kirppareilla, sopiva voi tulla vastaan. Monitoimikoneet ovat myös hyviä.

Jos vielä maltat ostaa kompressorin minkä tuotto min. 200 litraa.

Nämä kun Sinulta löytyy, verstaasi on monipuolinen ja työ sujuu. Paljon vähemmälläkin tulee toimeen, työkaluvalikoima on yksilöllinen ja työ opettaa tekijäänsä.

Työkaluihin pätee ohje: Osta tarvittavan laadun mukaan.

Vinkki: Kirpputoreilta löytyy monasti laatutavaraa pikku kunnostuksella.

Miksi terävät työstövälineet

Tylsät työstövälineet saavat aikaan vain haavoja ym. muuta vahinkoa, joten leikkaavien työkalujen on oltava teräviä. Terävällä työstövälineellä aiheutat itsellesi vähiten vahinkoja!

Leikkaavuuteen vaikuttavat seikat:

- työstettävä materiaali; tiheys, kosteus, hartsit, hapot ja mineraalit
- taltan teroituskulma; teroituskulman jyrkkyys
- taltan terävyys; teränsuun kuluminen l. tylsyminen
- työstökulma; leikkaavan kohdan kulma puun syysuuntaan nähden.

Materiaalin käyttäytyminen sitä työstettäessä:

- puuta voi verrata tiukkaan, puristettuun olkinippuun, joka on liimattu kasaan puun ligniineillä. Työstettäessä tästä nipusta revitään irti sälöjä.

Puuntyöstöön vaikuttavat voimat:

- päätypuun työstämiseen tarvitaan lähes kolminkertainen voima, verrattuna syysuuntaiseen työstöön.
- syysuuntainen työstö tarvitsee voimaa enemmän kuin työstö poikittain syysuuntaan nähden.
- kosteus ja eri puulajit aiheuttavat eroja tarvittaviin voimiin, mutta suhde eri työstösuuntien tarvittavien voimien välillä pysyy samana.

taltan asennon merkitys työstössä:

- taltan terä toimii kiilana, joka repii kuituja irti toisistaan.
- mitä jyrkempi on taltan teroituskulma, ja mitä paksumpaa lastua leikataan, sitä suurempi voima kohdistuu edessä oleviin kuituihin.
- muuttaessa taltan leikkauskulmaa vinoksi (työntämällä talttaa vinosti) kuituihin nähden leikkaus tapahtuu pidemmällä terän osalla ja kuidut leikkautuvat vinosti, jolloin leikkausjälki ei repeydy niin helposti. Tämä siksi että terä leikkaa osaksi syiden suuntaisesti ja osaksi poikittain syysuuntaan vasten.

Teroituskulmat:

Repimistä voidaan vähentää pienentämällä teräkulmaa, mutta sitten tulee vastaan terän kestävyys. Sen avulla ei voida välittää kuituihin kovin paljoa voimaa ilman että se lohkeaa, murtuu tai terän kärki taivuu.

Teroituskulma on tasapainoilua kestävyuden ja leikkausjäljen laadun välillä. Tärkeintä on pyrkiä työstämään leikkaamalla, veistämällä ja kokemuksen kautta oppia hakemaan oikea teroituskulma taltalle.

Raaka - aineet

Raaka-aineiden valinta suoritetaan aina annettujen rakennusohjeiden mukaan. Mikäli poikkeat rakennusohjeista ja korvaat jonkun materiaalin toisella, selvitä uuden materiaalin soveltuvuus ko. kohteeseen.

Jos et itse tiedä kysy tai tutki kirjoista. Poikkeamasta tehdään aina merkintä rakennus-selostukseen.

Keskustele asiasta myös valvojasi kanssa.

Vaneri

Suomalainen koivuvaneri on mainio rakennusaine. Käytettävä laatuluokka on GL I ja GL II.

Monet ulkomaiset lentokoneet on rakennettu mahonkivanerista ja paras tapa on rakentaa ne myös siitä. Mahonki sattuu kyllä olemaan yleisnimitys useille trooppisen alueen punasävvisille puille. Se ei ole vain yksi puulaji! Mitä vanhemmat ohjeet ovat, sitä tarkempi ennakkotutkimus pitää tehdä siitä, mitä siinä on tarkoitettu.

Mikäli vaihdat materiaalilaatua, alkulause pätee. Muista ettei välttämättä aina voi korvata 2 mm mahonkia 2 millin koivulla. Painot, lujuudet ym.

Vanerit säilytetään suorassa auringonvalolta suojatussa paikassa, laaduittain. Jos leima menee rakenteisiin, jäännöspalaan merkitään AINA laatu ja paksuus.

Mänty

Suomen puuston valtapuulajit ovat mänty, kuusi ja koivu. Mänty ja kuusi ovat yleisimmät rakennuspuulajit. Suomalaisen männyn tiheys on 370 – 550 kg/m³, kuusen 300 – 470 kg/m³ ja koivun 590 – 740 kg/m³.

Puun vuosirenkaassa puuaineksesta vaaleampi kevätpuu on selvästi harvempaa kuin tummempi kesäpuu. Normaalilla mäntypuulla kesäpuun osuus on keskimäärin 25 % ja kuusella noin 15 %. Suomalaisilla havupuilla puun lujuuden kannalta ihanteellinen vuosirengasväli on 1 - 1,5 mm, jolloin kesäpuun suhteellinen osuus lustosta on suurimmillaan. Puun vuosirengasvälin pienuus ei välttämättä merkitse puun suurta tiheyttä ja lujuutta. Esimerkiksi Lapin männyn vuosikasvusto on lähes yksinomaan harvempaa kevätpuuta, vaikka sen lustojen väli on huomattavan pieni. Tämän vuoksi Pohjois-Suomessa kasvanut män-

ty on tiheydeltään pienempää ja sen puuaines keveämpää kuin Keski- ja Etelä-Suomessa kasvaneella männyllä.

Sydänpuun kestävyys ei johdu sen tiheydestä, koska valtapuulajeillamme männyllä, kuusella ja koivulla puun tiheys lisääntyy ytimeistä pintapuuhun mentäessä. Sydänpuun kestävyys selittyy sen suurella hartsi- ja pihkapitoisuudella, joka lisää puun kestävyyttä lahoa ja tuohyönteisiä vastaan. Puun tiheys ja lujuus vähenevät valtapuulajeillamme jonkin verran tyvestä latvaan mentäessä. Männyllä tämä puun pituussuuntainen tiheysmuutos on suurempi kuin kuusella. Puun tiheys kasvaa iän mukana niillä puulajeilla, joilla tiheys kasvaa ytimeistä pintaa kohti.

Puun lujuuteen vaikuttaa oleellisesti se, missä suunnassa syitä vastaan sitä kuormitetaan. Samalla tavalla kuin komposiittirakenteissa, puu on määritelmän mukaisesti komposiittia. Syiden suunnassa taivutuslujuus on suoraan verrannollinen puun tiheyden kanssa.

Tasa-aineisella, virheettömällä puulla puristuslujuus on pienempi kuin vetolujuus. Taivutuslujuus on aina näiden välistä, joten se on suurempi kuin puristuslujuus.

Puun syiden suuntainen vetolujuus on yleensä 10 - 20-kertainen verrattuna puun lujuuteen kohtisuoraan syitä vastaan. Vetolujuus riippuu myös puun tiheydestä: esimerkiksi männyn kevätpuun vetolujuus on vain 1/6 kesäpuuhun verrattuna. Ilmakuivan puun puristuslujuus on noin puolet vastaavasta vetolujuudesta.

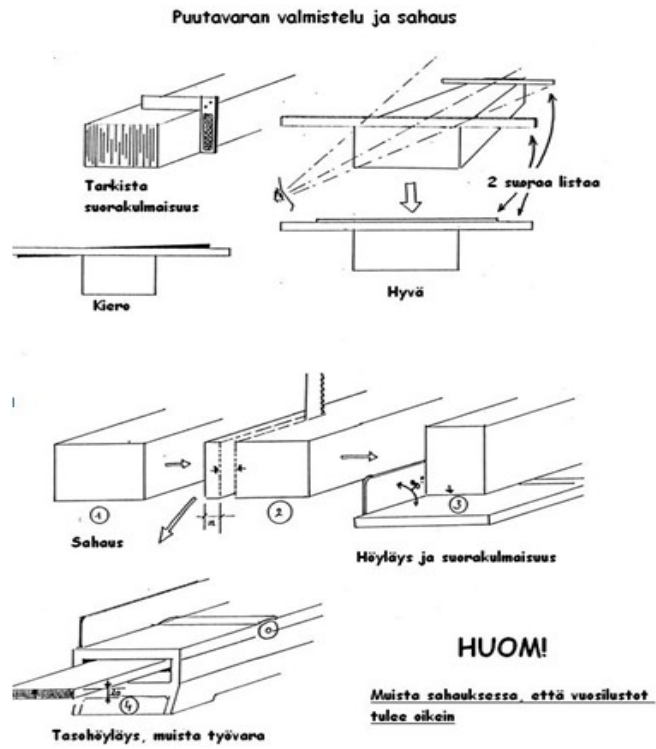
Puun leikkauslujuus on 10 - 15 % puun syiden suuntaisesta vetolujuudesta. Leikkauslujuutta heikentävät oksat sekä puussa esiintyvät viat ja halkeamat.

Puun kimmoisuus ja kulutuskestävyys lisääntyvät puun tiheyden kasvaessa. Puun kimmomoduuli syiden suunnassa voi olla jopa satakertainen verrattuna puun kimmomoduuliin syitä vastaan kohtisuorassa. Säteen suunnassa kimmomoduuli on noin kaksi kertaa niin suuri kuin kimmomoduuli tangentin suunnassa.

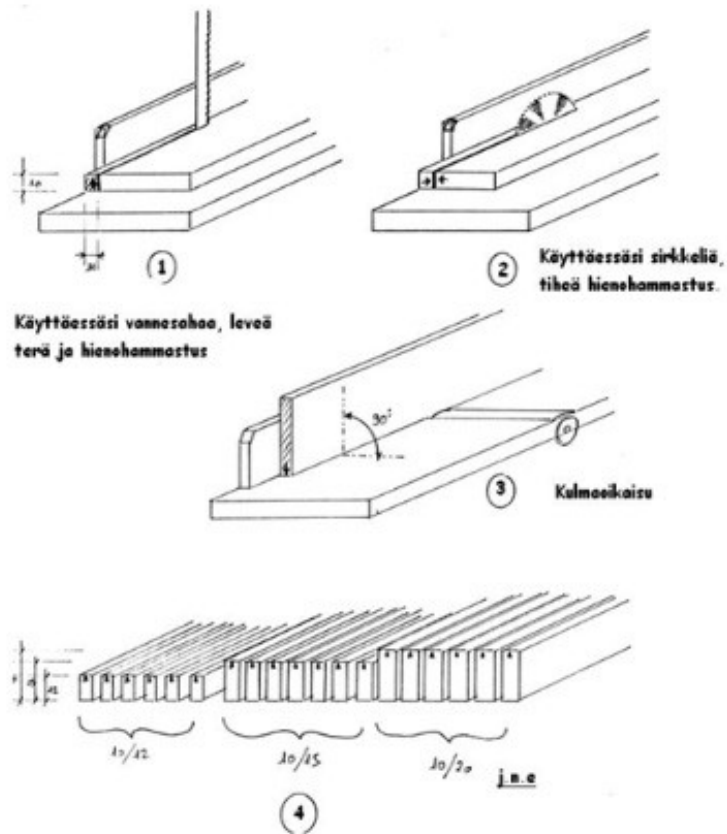
Koska puun ominaisuudet voivat vaihdella eri tekijöistä riippuen hyvinkin paljon, puuta on tarkoituksenmukaista lajitella käyttötarpeen mukaan. Lajittelussa voidaan erottaa kaksi pääasiallista tarkastelukriteeriä, jotka ovat puun ulkonäkö ja lujuustekniset ominaisuudet

Monet määrittelevät lujuuden syitten perusteella, mutta ainut oikea tapa on ottaa jokaisesta puutavaraerästä tarpeellinen määrä lujuuskokeita, jotta olet varma. Taivutuskoe on hyvä laadun tasalaatuisuuden valvontaan. Ole erityisen vaativa kun teet salkoja ja paarteita. Rakennusohjeista selviää mitä luokkaa puun tulee olla. On hyödytöntä tehdä lujemmasta, paino vain lisääntyy ja on muistettava, että koneella lennetään sille asetettujen ohjeiden (lentokäsikirjan) mukaa. Valittavan puu on oltava suoraa, oksatonta, kuivaa ja vähäpihkaista puuta. Pihkaisuus ei saa ylittää 30%. Paras puu on uittamatonta.

Puu ostetaan läpisahattuna, jolloin lankkujen paksuus vaihtelee 50 - 100 mm välillä. Loppusahaus suoritetaan tarpeen mukaisesti.



Kuvassa on miten puu tulee sahata rimoiksi.



4 kuva että rimat pannaan rinnakkain.

Ole tarkkana syitten suunnasta. Älä hylkää ylijäämä puuta, sitä voi käyttää moniin muihin tarkoituksiin. Lekorakenteisiin sopivan puun hinta kuutiolta on n. 350 € (2020).

Sahauksen jälkeen rimat ja jäljelle jäänyt raakamateriaali varastoidaan suoraan, kuivaan, (kosteus 40 - 60 % välillä) pölyltä ja suoralta auringonvalolta suojattuun paikkaan. Varastointiohje sopii kaikille puille ellei sitä erikseen mainita. Älä sahaa heti kaikkia rimoja jos se ei ole pakko, vaan useissa erissä.

Puu säilyy parempana isona lankkuna. Voit tietysti ostaa myös pieneriä kun huolehdi ym. seikoista. Lekorakenteisiin sopimattomat erät erotetaan ja varastoidaan muualle. Hyvä tapa on merkitä lekotavara esim. värillä riman päähän. Tällöin aina tietää laadukkaan materiaalin. Ole huolellinen.

Muut puulajit

Varsinkin amerikkalaisissa piirustuksissa on varsin yleinen spruce (ei pohjoismaissa kasva kuusilaji), minkä saatavuus suomessa on huono. Eräs tapa sen korvaamiseen on selvittää mitä lujuuksia vaaditaan ja korvata se suomalaisella männyllä mikä on saman arvoista. Mikäli toimit näin keskustele aina asiantuntijan kanssa jotta et erehdy.

Muut puulajikkeet, jotka tulevat kysymykseen ovat potkurinteossa tarvittavat koivu, saarni j.n.e.

Tavallisesti näitä voi käsitellä aivan samoin kuin esim. mäntyä, mutta varmista aina, soveltuuko käyttämäsi liima ko. puulle.

On muutamia puulajeja, mitkä vaativat erikoisliimoja tai erikoiskäsittelyä liimauksen onnistumiseksi.

Metallit

Väistämättä joudut tekemisiin eri metallien kanssa. Kyseeseen tulee lähinnä teräs- ja alumiinilaadut.

Teräslevystä ja putkista muotoillaan saranapukit ym. Alumiinia käytetään paljon työntötangoissa. Normaalisti piirustuksissa on ilmoitettu aine ja laatu, noudata näitä, älä sävellä.

Kangas

Monista väittämistä huolimatta verhoilussa yhä vieläkin kangas puolustaa paikkaansa päällysmateriaalina.

Nykyisin puuvilla/pellava on melkein poistunut markkinoilta, mutta on kumminkin käytössä. Niiden hankinta on todella kivisen tien takana.

Polyesterikankaat ovat nykyaikaa, ne ovat lujia, helppoja käsitellä kun noudattaa ohjeita.

Kauppanimiä ovat: Diatex, Ceconite, Poly-Fiber j.n.e.

Jos piirustuksissa puhutaan puuvillasta, voit huoletta korvata sen nykyaikaisella keinokuidulla edellyttäen ettei suunnittelija ole erikseen maininnut että puuvilla tai vastaava luonnonkuitu.

Muista, eri tyyppisiä aineita ei sotketa keskenään.

Systeemit on kehitetty kokonaisvaltaisiksi. Ts. keinokuituun ei käytetä kiristyslakkaa tai päinvastoin.

En myöskään suosittelen eri valmistajien valmisteita sekoitettavan. LUE OHJEET!

Muovit

Tavallisesti konepeitot ym. monet muut kaarevat osa valmistetaan lujitemuovista. Lähinnä kysymykseen tulee epoksihartsilla kyllästetty lasikuitulujite. HTH järjestää näiden käytöstä kurssseja.

Pleksit

Kabiinin valmistuksessa käytetystä kirkkaasta muovilevystä käytetään yleisesti nimitystä pleksi. PMMA on sen teknillinen nimitys. Kuomussa käytettävä laatu on valettu levy. On olemassa myös pursotettu levy, mutta se ei ole optisesti kovinkaan hyvä kuomuihin.

Kirjallisuutta vähän suomeksi. Tämän monisteen liiteosassa ohjeita niiden käsittelystä.

Liimat

Lentokonerakenteissa saa käyttää vain tarkoitukseen hyväksytyä liimaa. Rakennusluvan haun yhteydessä saatat mainita käytettävä liima.

Liiman valinnassa on oltava tarkka.

Liimatyytit

Fenoli-resorsinoli-liima. Liima on veteen tai veden ja spriin sekoitukseen liuotettua fenoli ja resorsinoli-formaldehyriä. Resorsinoli ja formaldehyri reagoivat keskenään kunnes toinen niistä tai molemmat on kulunut reaktioon.

Valmistuksen yhteydessä formaldehydin osuus jätetään vajaaksi. Liimankäyttöseosta tehdessä vajaasuus, kovetin jauhe, lisätään seokseen.

Sauma on sään-, vedenkestäviä. Kestää hyvin ikääntymistä ja lämpöä ja mikro-organismit eivät siihen pysty.

Puristusaine on suuri 0,6 – 1,8 Mpa.

Tämä rajoittaa sen käyttöä monissa lekorakenteissa.

Puun kosteuden on oltava 8 – 15% ja suoria rakenteita liimattaessa alin liimauslämpötila on 10°C, käytännössä 15–16°C.

Epoksiliima

Liima sisältää epoksihartseja ja kovete useimmiten kaksi- tai useampiarvoisia amiinia tai tiolia. Liima ei sisällä prosessin aikana haihtuvia aineita. Liima on helppokäyttöinen ja turvallinen mutta seos on aina oltava ehdottomasti ohjeiden mukainen. Sauma on kirkas, ei vaadi suuria puristusaineita. Puun kosteuden tulee olla alle 14%. Kovettumislämpötilat vaihtelee 10°C (käytännössä 18°C) - 43°C. Kovettumislämpötilan ollessa alhainen jälkikovuus kestää kauan 8 – 12 päivää. Sauma on sään-, kosteudenkestäviä. Kestää hyvin ikääntymistä ja mikro-organismit eivät siihen pysty.

HUOM! Liimasauama ei kestä pitkiä aikoja yli 60°C lämpötiloja.

Allekirjoittanut on käyttänyt CS-Stanin hyväksymiä epoksiliimoja ja Aerodux 185 + kovete 155 sekä Casco Cascosinol 1711 + kovete 2622(Fenoli-resorsinoli) -liimoja hyvällä menestyksellä.

Liiman ohjeet on aina tiedettävä. Mitään liimaa ei tule käyttää, ellei tunneta sen käyttöohjetta. HTH:lla on ohje west system liimoista.

Suosittelen salkojen, paarteiden ja vastaavien liimaukseen fenooli-resinoliliimoja ja mielellään kokokoneen tekemiseen. Jos käytät näitä liimoja noudata liiman ohjeita huolellisesti niin saat moitteettomat saumat ja ongelmia ei ole. Huolimattomuus kostautuu heti.

Liimauksen suoritus

Nykyisin käytetään pääsääntöisesti epoksiliimoja koneen rakennuksessa. Tämä ei todista sitä, että resinol-pohjaiset liimat olisivat huonoja, päinvastoin mutta epoksien käyttö on paljon yksinkertaisempaa ja pienpää tarkkuutta vaativaa. Resinol-liimat yleensä täyttävät BS 1204 standardin vaatimukset. Nykyinen standari EN301-1-90-GF-1,5M

Epokseilla voi olla rajoituksia kohteissa ja käyttötiloissa.

Liimaus vaatii aina huolellisuutta ja tarkkaa saumantekoa jotta tulos olisi turvallinen.

Eräs oleellisempia työvaiheita ja mikä normaalisti lyödään laimin, on esityöt ja liimausvaiheen valmistelut. Muutamat epoksivalmistajat väittävät jopa 1 mm liimapaksuuden olevan sallittu sauman siitä kärsimättä. Varmasti se sopii perunalaatikon liimaamiseen mutta ei lentokoneeseen. Saumat sovitetaan siten että ne sopivat tarkasti yhteen.

Liimattavien pintojen on oltava puhtaita. Mikäli saumat ovat seisseet useita päiviä, ne puhdistetaan välittömästi ennen liimausta. Hyviä työvälineitä tähän ovat höylä, hiekkapaperi tai sikli. Periaate on, että liimataan vain "tuoreita" pintoja, koska myös puu "hapettuu". Kutterilla ajettu pinta ei ole myöskään paras mahdollinen liimapinta, koska pyörivä kutteri "manklaa" puun solukot kiinni ja estää liiman tunkeutumisen puuhun. Nämä pinnat puhdistetaan ja homma on ok.

Varmista ennen liimausta että kaikki viisteet on oikein: vaneri 1:15(1:12) ja mäntypaar-teissa 1:20 (1:15) sekä tee tästä merkintä liimauspöytäkirjaan

Liimausjigit, pöydät ja muut ovat puhdistetut ja kunnostettu.

Tarvittavat puristimet ja vastaavat ovat helposti saatavavilla, naularimat ym. tehty. Tarpeellinen työvoima paikalla. Käy heidän kanssaan läpi liimaussuunnitelma, jotta jokainen tietää mitä tehdä.

Kun valmistelut on suoritettu, sekoitetaan liima. Sekoita liimaa vain yhtä työvaihetta varten. Mikäli liimaus on iso, varaa yksi apuri sekoittamaan liimaa tarpeen mukaan. Täten käytössä on aina tuore liimaerä.

Epoksit ovat tarkkoja sekoitussuhteen oikeellisuudesta, virhemarginaali alle 0,5 %. Paras tapa mitata seos on ruisku, joita saa ostaa apteekista. Tällöin käytetään TILAVUUSOSIA.

Mikäli liimaseos valmistetaan vaa'alla, käytetään PAINO-OSIA. Älä sekoita näitä käsitteitä keskenään. Käytä aina samaa mittayksikköä, niin ei mene suhteet sekaisin. Varmista aina että seossuhteet ovat oikeat. Jos ohjeet ovat epäselvät, kysy valmistajalta/maahantuojalta.

Käyttäessäsi paino-osia, vaa'an pitää olla tarkka. Kannatta muistaa, että suurin osa kirjevaaioista on lähinnä suuntaa antavia. Tasapainovaaka (apteekkivaaka) on hyvä. Tällaisen voi valmistaa myös itse samoin nykyiset digivaat.

Sekoituskuppien on oltava puhtaita. Käyttökelpoisia on huoltoasemilla myytävien litran vetoisten jäänestonestepurkkien puoliskot. Käyttäessäsi kertakäyttömukeja, varmistu että ne eivät ole vahakäsiteltyjä. Vaha pilaa liiman. Sekoitustikun on oltava puhdas. Tee se siten, että samaa tikkua voi käyttää liiman levitykseen. Käyttäessäsi lisäaineistusta, on sekoittamiseen kiinnitettävä normaalia suurempaa huomiota.

Liiman saostamiseen (lisäaineet) ja ohentamiseen saa käyttää vain valmistajan hyväksymiä tai kokeellisesti hyväksi havaittuja tuotteita. Muista: Väärä lisäaineistus tekee hyvännäköisestä saumasta hengenvaarallisen.

Liima levitetään aina valmistajan ohjeiden mukaan. Ellei tästä ole mainintaa, perustapa on, saostamaton liima levitetään molemmille pinnoille. Mikäli ensimmäinen sively imeytyy puuhun, lisätään liima siten että pinnoilla on ohut kalvo.

Mikäli käytät saostettua liimaa, levitä ensin molemmille pinnoille saostamaton liima ja se jälkeen vain toiselle pinnalla saostettu liima.

ÄLÄ KOSKAAN LEVITÄ HARTSIOSAA TOISELLE PINNALLE JA KOVETTAJAA TOISELLE, ELLEI SITÄ NIMENOMAAN OLE KÄSKETTY OHJEISSA.

Liimaa levitetään sen verran, että kun osat puristetaan toisiaan vasten liima pursuaa joka puolelta ulos. Tällöin ilma poistuu saumasta.

Pehmeä puu vaatii enemmän liimaa kuin kova.

Puristus määrää sen tuleeko saumasta kunnollinen. Väärällä puristustavalla pilataan sauma.

Perussääntö on: Puristus ei koskaan saa pienentyä kovettumisen aikana.

Epoksit eivät yleensä vaadi suuria puristuspaineita. 0,1 kg/cm² riittää eli naularimallakin päästään oikeaan puristukseen. Resinoltyyppiset liimat vaativat monesti todella korkeita puristuspaineita.

Noudata aina valmistajan ohjeita puristuksessa.

Liian suurella puristuspainella on vikansa, varsinkin kun on epoksista kysymys. Liika puristusvoima puristaa liiman ulos. Vaikka sauma näyttää hyvältä se ei kestä.

Kiilaamalla puristettaessa kuivuminen saattaa muuttaa painetta, varsinkin jos kovetat korotetussa lämmössä. Puukiilojen kuivuminen voi tuottaa ongelmia.

Ohjeita noudattamalla ja huolellisella työllä onnistut varmasti.

Jokaisesta käytettävästä liimaerästä otetaan koeliimaus (koepala), mikä numeroidaan ja merkitään rakennuspöytäkirjaan ko.työn kohdalle.

Liiman kuivuttua sauma ja koepala tutkitaan. Jos koepalan liimaus on pielessä, todennäköisesti myös sauma on pielessä ja se uusitaan. Vaikka koepala on ok., on varsinaisen sauman kunto tutkittava huolellisesti. Koputtamalla kuulee paljon saumasta. Korva oppii pian erottamaan onton, liimattoman äänen. Saumaa voi "läpivalaista" valolla, kokeilla ohuella piikillä onko sauma kiinni j.n.e. Epäilyttävissä tapauksissa sauma aina uusitaan.

Sauma on ok., se suojataan. Varmista ettei liiman ja suojalakkauksen väliin jää paljasta puuta. Jos sitä on jäänyt vedä lakka päälle. Liimasauma menee aikaa myöten pilalle jos kosteus pääsee tunkeutumaan sitä ympäröivään puuhun ja tällaisesta paljaasta kohdasta kosteus menee. Kannattaa muistaa että epoksiliimat menettävät huomattavan osan liimauspitävyydestään jos puu pääsee kostumaan. Jotkut yli 50 %. Tämä kannattaa pitää mielessä kun tekee vesi- ja tuuletusreihiä koneeseen ja varmistaa niiden auki pysyvyys. Kunnolliset vesireiät varmistavat koteloiden tuuletuksen ja kosteuden poiston ja samalla liimasaumojen pitkän iän.

Liimausolosuhteet ja liiman varastointi

Liimaus suoritetaan valmistajan antamissa olosuhteissa ja näistä ohjeista ei saa poiketa. Normaalisti sopiva lämpötila on < +18°C?. Liimattavan puun kosteuspitoisuus 8 - 16 %. Kuivuminen huoneen lämmössä +18 ... +24°C.

Puun kosteusprosentti lasketaan kaavalla:

Kosteusprosentti = (W1 - W2) / W2 x 100 %

missä:

W1 = koepalan paino ennen kuivausta

W2 = koepalan paino kuivauksen jälkeen

Helppo tapa määrittämiseen: Punnitaan koepala ja punnituksen jälkeen laitetaan pala uuniin n. 100 - 105°C? lämpöön, jatketaan kuivausta kunnes koepalan paino ei enää muutu.

Kosteus voidaan määrittää myös siihen tarkoitettulla mittarilla.

Määrittäminen tehdään aina, jos olosuhteissa tapahtuu oleellinen muutos. Tulokset merkitään rakennuspöytäkirjaan.

Kaikilla liimoilla on purkkiaika (potlife), mikä tarkoittaa sitä kauanko liimaseosta saa käyttää tietyissä lämpötilassa. Noudata näitä aikoja. Vanhaa liimaa ei käytetä. Monet valmistajat ilmoittavat myös kauanko sauma saa olla auki ja kauanko kiinni, kunnes puristus alkaa.

Nämä tiedot pitää olla selvillä liimasta jota aiot käyttää koneesi rakentamiseen. Jos et tiedä näitä, valitse liima josta tiedät. Liimapurkin kyljessä on normaalisti ohjeet säilytyksestä, noudata niitä.

Yleisohjeena voidaan pitää: Varastoaika yksi vuosi liiman valmistamisesta. Säilytetään hyvin suljetussa peltipurkissa +15°C? valolta suojatussa paikassa.

Aina kun ostat liiman, merkitse niihin ostopäivä. Kaksikomponentti liimoissa merkitse kannet, jotta oikea kansi tulee oikeaan purkkiin.

Jos kovettajan kansi tulee liimaosan kanneksi heitä liimaerä pois varmuuden vuoksi.

Ei liimaaminen ole mitään vaikeaa kun noudattaa ohjeita ja puhtautta.

Liimasanastoa:

Varastointiaika= aika, jonka liima kestää varastointia. Tämän jälkeen käyttökelvotonta.

Käyttöaika= seoksen käyttöaika ns. potlife

Avoin liimausaika= liiman levittämisestä liimattavien kappaleiden yhdistämiseen

Suljettu liimausaika= liimattavien kappaleiden yhdistämiseen ja puristamisen välinen aika.

Kovettumisaika= aika minkä jälkeen sauma on käsittelykelpoinen.

Jälkikovettumisaika= aika minkä jälkeen sauma on saavuttanut täyden lujuuden.

Lämpenemisaika= aika siitä kun puristus on lisätty ja sauma saavuttanut tietyn kovettumislämpötilan.

Puristusaika= lämpenemisaika + kovettumisaika

Puristuspaine= paine joka tarvitaan pitämään liimattavat pinnat yhdessä puristusaikana.

Riman ja sälön sahaus ja jatkaminen

Rimojen sahaus käy kätevästi sirkkelillä tai tukevalla vannesahalla missä on kallistettava pöytä.

Jokaisesta sahauserästä valmistetaan koesauva mikä koestetaan. Jos tulos on asianmukainen erä otetaan käyttöön. tämä on hyvä tehdä ennen kuin sahaa kokoerän. Rima sahataan siten että sen syitten keskikallistus on n. 30°.

Tavallisesti joutuu jatkamaan rimaa. Tämä tehdään viistoliitoliitoksella 1:15 (1:20). Viitottujen pintojen on oltava suoria ja tasaisia koko viiste alueella.

Pinnoille levitetään liima ja puristetaan yhteen. Puristuksen on oltava Muista että jatkoksessa syitten suunnan on oltava mahdollisimman likellä toisiaan. Liitokset voi tehdä myös rakenteissa mutta ehdottomasti varmempaa se on tehdä suoralla pöydällä tukien va-

rassa. Hyvä tapa on valmistaa etukäteen jokaista työvaihetta varten tarvittava rimamäärä oikean mittaisena.

Pyri jo sahausvaiheessa siihen, ettei tarvitse myöhemmin tehdä turhia jatkoksia.

Vanerin jatkaminen

Vanerin jatkaminen tapahtuu samoin kuin rimojenkin Suhteena käytetään 1:15 ja 1:12. Näistä tunnutaan riitelevän melkoisesti. Itse käytän 1:15 pääsääntöisesti, joskus harvoin 1:12 ja vain ei kantavissa rakenteissa. Kummassakaan ei ole ollut vaikeuksia.

Vaneri jatketaan, mikäli mahdollista, suorana. Kuvan mukaisella puristimella.

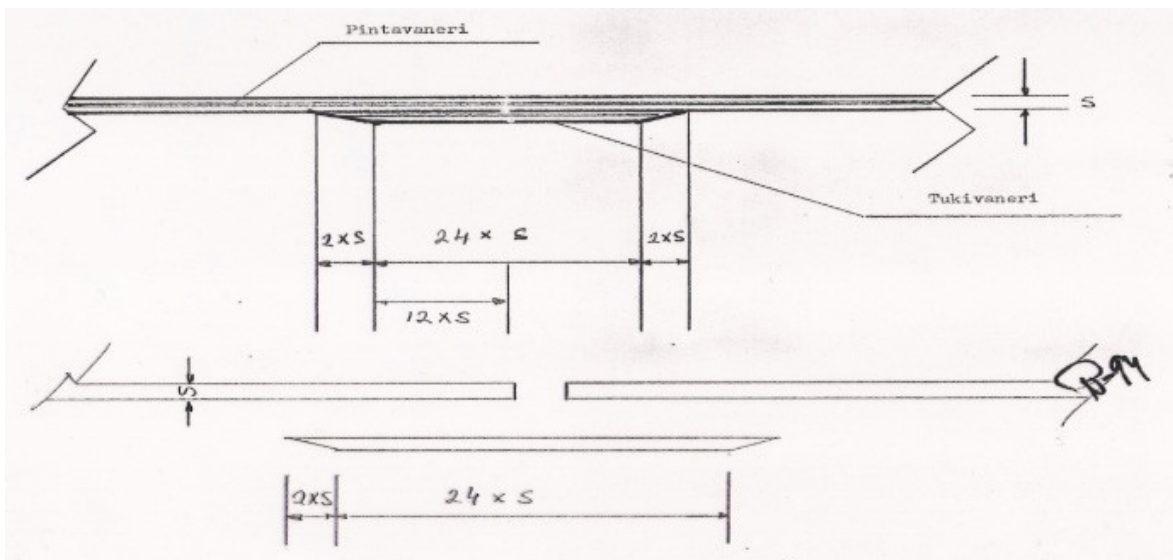
Vanerin saumaamisessa on oltava huolellinen, jotta viisteet tulevat suoraan. Paras tapa sen suorittamiseen on tähän tarkoitukseen valmistettu kone periaatekuva seuraavalla sivulla. Sillä saa tehtyä hyvät saumat, kun se on oikein säädetty.

Monessa tapauksessa viiste joudutaan tekemään käsin. Tarvittavat välineet ovat yksinkertaiset: Puolipyöreä keskikarkea viila, teräsviivain, tasainen alusta ja pari puristinta.

Aseta teräsviivain työtason reunaan. Tämän päälle vaneri, johon on piirretty viisteen leveys siten, että vanerin reuna on 1 mm teräslevyn reunasta, ts. 1 mm terästä näkyy. Viilaa nyt suoraan työntöön viiste siten, että kaikki viilut ovat yhtä leveitä ja rajakohdat suoria, siinä se on. Työ käy joutuisasti Raspi Roopella. Taitava kaveri tekee nämä saumat myös näppärästi höylällä. Pinnoille levitetään liima ja puristetaan yhteen.

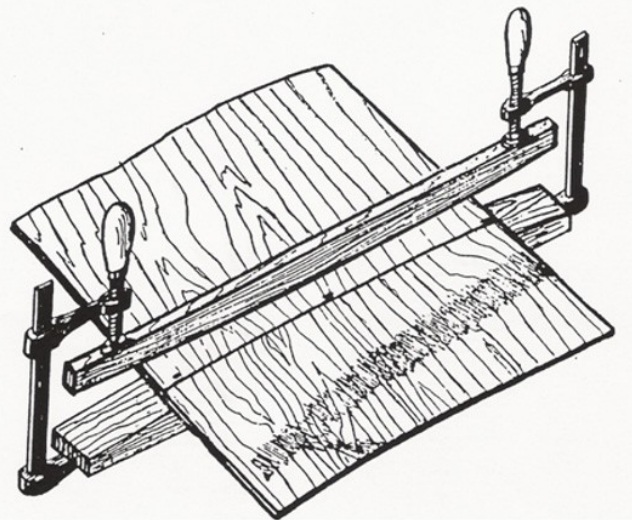
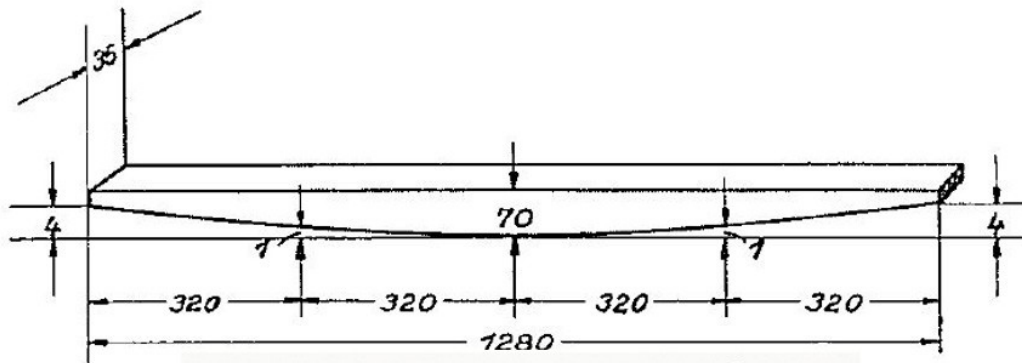
Kun saumaukset on tehty oikein, pitäisi jatkettavien viilujen osua kohdakkain, kun molemmissa vanereissa on viiluja yhtä paljon.

Konetta rakentaessasi joudut tekemään melkoisen määrän saumoja suoraan rakenteissa, joten opettele myös sauman teko käsivaraisesti.



Puskuliitos

Rakenteissa jatkaminen tapahtuu liimaamalla jatkoksessa tukirima, tavallisesti kolmiorima jatkettavan sauman alle ja puristamalla ne kiinni joko erikoispuristimella tai naularimalla.



Vanerin jatkaminen tukipuristuksella!

Erikoispuristin on paras oikein käytettynä ja sen käyttö varmistaa saumojen laadun. Naularimapuristus käy, mutta sen puristusvoima on pieni ja varsinkin eräillä resinol-hartseilla liimattaessa voi tulla ongelmia.

Naularimojen käyttö vaatii aina suurta tarkuutta ja hyvää työsuunnittelua, kuten muutkin tavat. Suosittelen erikoispuristimen käyttöä koska molemmat tavat ovat yhtä työteliäitä

Muotin (jigin) valmistus.

Joudut tekemään melkoisen määrän jigejä ja tähän työhön uppoaa noin viidennes koneen valmistusajasta. Joten, jos tiedät jonkun valmistaneen aikaisemmin saman konetyypin, kysy häneltä jigejä. Jos joku toinen valmistaa myös samanlaista konetta, olkaa yhteistyössä. Se on muutenkin hedelmällistä.

Jigi valmistetaan suoralle puukuitulevyille = osasta tulee juuri niin suora kuin on jigikin. Levyille piirretään osan kuva tai liimataan sille piirustus jos on ylimääräisiä piirustuksia. Pohjakuvaan on aina piirrettävä pysty- ja vaakakeskiviiva. Tämän vaiheen jälkeen suoritetaan tarkistusmittaus, jotta kuva olisi oikean kokoinen.

Piirroksen päälle kannattaa asettaa/liimata muovi, minkä alta poistetaan ilma sen asettumisen varmistamiseksi.

Tämän jälkeen asetetaan nappulat kampanauloilla paikoilleen. Nappuloiden on aina tuettava siten, että rima taipuu piirroksen mukaisesti. Suorita vielä tarkistusmittaus.

Jigin käyttö.

Aseta rimat jigiin ja katko ne niin että kulmat sopivat tarkasti toisiinsa. Vaatii huolellisuutta. Levitä saumoihin liima ja aseta vahvistus- laput paikalleen. Purista osat kiinni esim. painoilla.

Liiman kuivuttua käännä osa ja liimaa toisenpuolen vahvistukset paikoilleen. Suorita vielä tarkistusmittaus, että osa on tarkoituksen mukainen. Ennen kuin poistat osan jikistä, piirrä siihen jigiin merkityt keskiviivat, myös siipikaariin piirretään keskijänne.

Valmistaessasi suuremman erän samanlaista osaa,

(siipikaaret) mittaa ensimmäisen kaaren asianmukaisuus, sen jälkeen joka kymmenes, tarkistaaksesi jigin pysyneen muodossaan.

Jigi kannattaa tehdä aina tukevaksi. Jigin valmistuksesta ja käytöstä on olemassa varsin hyvä EAA:n video.

Joitakin yksittäis- ja kevytosia voi valmistaa myös ns. naulajigillä.

Kun et tarvitse enää jigejä laita ne talteen. Niitä voi tarvita myöhemmin joku muu, tai joudut ehkä korjaustöissä käyttämään niitä itse.

Kylmälaminointi

Muutamissa koneissa joutuu valmistamaan kahteen suuntaan kuperia pintoja.

Kätevintä ne on tehdä lujitemuovista, mutta ne voi tehdä puusta ns. diekonaalilaminoinilla/kylmälaminoilla.

(Katso Puuvene, Ole-Jacob Broch, ISBN 951-719-378-5)

Menetelmän ideana on että kapeita viiluja liimataan toisiinsa nähden ristiin tarvittava kerrosmäärä. Tällä menetelmällä saadaan luja muotonsa säilyttävä osa.

Materiaalina käytetään tavallisesti 0,5 - 0,7 mm viilua (koivu, mahonki j.n.e).

Ensimmäiseksi valmistetaan osasta puumuotti, rima- tai umpimuotti, mistä sen helpoimmin saa valmistettua. Muotin pitää säilyttää muotonsa ja siihen pystyttävä iskemään niitit kiinni.

Työ aloitetaan kiinnittämällä ensimmäinen viilu muotin keskelle 45% kulmaan lentosuuntaan nähden ja jatkamalla siitä viilutusta molempiin suuntiin.

Sovitettaessa piirretään seuraavaan viiluun jo kiinnitetyn viilun reuna. Ylimääräinen poistetaan ja viilu asetetaan paikoilleen.

Kun ensimmäinen kerros on paikoillaan, aloitetaan toinen viilutuskerros myös keskeltä mutta asetetaan alla olevaan nähden 90% kulmaan. Viilut kiinnitetään tähän kerrokseen niin löyhästi, että ne saadaan helposti irti. Viilut numeroidaan ja keskimmäisen paikka merkitään. Koko kerros irrotetaan. Liimataan yksi kerrallaan takaisin oikealle paikalleen. Puristus tapahtuu niittaamalla. Sähkö- (paineilma) käyttöinen niittaaja on mainio apuväline. Suorita niittaus riittävän tiuhaan, jotta puristuksesta tulee hyvä. Niittien alle laitetaan muovinen pakkausnauha, mikä helpottaa niittien poistamista. Liiman kuivuttua niitit poistetaan pinta hiotaan kevyesti tasaiseksi ja asetetaan seuraava kerros niin kauan, kunnes on saavutettu haluttu paksuus.

Erittäin lujan rakenteen saa jos käyttää esim. 0,4 - 0,6 mm vaneria, sillä jo näissä vanereissa on yksistään kolme kerrosta.

Menetelmää voi käyttää jos haluaa myös pallopinnat puusta. Tällöin osat voi kiinnittää liimalla paikalleen. Allekirjoittanut on käyttänyt tapaa lähinnä Kajavan nokan yläpinnan muotoilussa ja vastaavissa osissa. Menetelmä on työläs verrattuna lujitemuoviin, joten kannattaa harkita sen käyttöä.

Menetelmä on käytössä "yleisesti" vene- ja kanoottirakennuksessa ja siitä löytyy kirjallisuutta, mikäli tämä valmistustapa kiinnostaa.

Kokoaminen

Runko vaneriverhous

Yksittäisosien valmistuttua on aloitettava kokoaminen. Kokoaminen aloitetaan rungosta. Suosittelemme tätä tapaa, koska siihen kaikki kiinnitetään.

Rakennustilan lattian ollessa betonista kasausrakenteeseen voidaan rakentaa suoraan lattiaan.

Ensimmäiseksi lattiaan kiinnitetään proppaamalla VAAKASUORAAN vaaittu, vähintään 50 x 100 lankku, mikä on molemmista päistään n. 20 cm pitempi kuin runko. LANKKUN ON OLTAVA EHDOTTOMASTI VAAKASUORASSA. Lankkuun merkitään kaarien paikat sekä keskiviiva. Runkokaariin liimataan apupalikoilla kaksi pystysäleettä esim. 50 x 50 mm. Pystysäleet kiinnitetään peruslankkuun siten, että kaarien etureuna on poikkiviivan kohdalla keskiviiva piirretyn viivan kohdalla. Mittaus suoritetaan luotilangalla, jonka päässä on kunnollinen teräväkärkinen luoti, ei mikään epämääräinen mutteri.

Runkokaariin on merkitty vaakaperusviiva ja mittaamalla tarkistetaan, että vaakaperusviiva on määrättyllä etäisyydellä peruslankun yläpinnasta. Vaaituskoje on mainio laite tähän. Kun kaikki mitat ovat paikallaan, koneen kaaret ovat juuri sillä kohdalla, kun ne koneessa tuleekin olla.

Älä käytä pystyissä liian hentoja soiroja, muutoin vaneraus tuottaa vaikeuksia.

Mikäli rakennustilan lattia ei ole vakaa, valmistetaan ns. uiva jig.

Helpoimmin sen valmistaa siten, että tehdään suorakaiteen muotoinen, runkoa molemmista päistä hieman pitempi suorakaiteen muotoinen laatikko, kuva 15, mitoiltaan 30 x 40 cm. Kulmissa on 50 x 50 mm säleet ja laatikko päällystetään esim. 12 mm lastulevyllä. Laatikko kootaan puuruuveilla ja liimalla. Laatikon yläpinnan tulee olla suora ja tasainen. Tämä laatikko asetetaan rakennustilan lattialle kapeampi puoli lattiaa vasten kaikkosnelosten varaan, ettei se kaadu. Laatikon yläpinta toimii perustasona, josta kaikki mitat otetaan. Mittauksia suoritettaessa laatikon pinnassa on oltava vesiväli molempiin suuntiin ja niitä tarkkaillaan heittojen poistamiseksi. Tästä eteenpäin toimitaan kuten edellisessäkin tapauksessa.

Runko kootaan tämän laatikon varassa ja vaikka laatikko "ui", koneen mitat pysyvät paikallaan laatikon asennosta riippumatta. Mitä pitempi runko on sen tukevimmista materiaaleista laatikko tehdään. Periaate on: Laatikko ei saa taipua yhtään. Kaikki taipumiset näkyvät lopputuloksessa. Se johtaa helposti suuriin korjaustöihin tai uuden rungon tekemiseen. Työ ei ole vaikea, se vaatii vain huolellisuutta. Ennen kuin aloitetaan vanerien kiinnityksen, suorita tarkistusmittaus yhdessä koneen valvojan kanssa. Tarkista vielä, että kaariin on kiinnitetty kaikki metalli ym. osat. Niitä on vaikea asentaa jälkikäteen. Samoin läpiviennit heloineen. Tee tästä pöytäkirja. ÄLÄ HOSU.

Kangasverhoiltava puurunko asetetaan samoin jigisiin rimoitusta varten. Ero on vain siinä, että pystyjä asennettaessa on huomioitava rimojen paikat.

Verhouslevyjen kiinnittäminen.

Suunnittele verhouslevyjen asennus joko ennen kuin asetat runkokaaret kiinni kokoamisjigiin, koska saumaoskohtiin on kiinnitettävä naulausvastikkeet. Ne on helppo liimata kun kaaret ovat vapaasti käsillä.

Suunnittele verhoilun työjärjestys siten, että pystyt mahdollisimman paljon asentamaan levyjä paikalleen jigissä. Vähin mahdollinen on, että kun runko poistetaan jigistä se pitää turvallisesti muotonsa.

Monesti on turvallisinta aloittaa siiven kiinnityksen kohdalta ja jatkaa tästä molempiin suuntiin, jolloin voidaan kokoajan valvoa, että kiinnityskohdat pysyvät paikallaan.

Perusseikkoja ovat, että rungon peruspisteet pysyvät paikallaan ja rungosta tulee jäykkä. Työtä valvotaan mittauksin ja suunnittelemalla kiinnitykset etukäteen. Älä hosu. Mieti mitä teet, kysy valvojalta jos et tiedä.

Itse työ on helppoa, varsinkin jos Sinulla on saumauskone. Aseta saumat vastakkain. Liimaa väliin, purista kiinni. Puristaminen tapahtuu melko usein naularimoilla, mutta jos teet hyvää työtä, tee erikoispuristimet. Onnistut paremmin ja takomisen tärinä jää pois.

Älä kiinnitä kaikkia levyjä vaan harkitse mitkä paikat voit jättää auki loppuasennuksia varten.

Sisäpuolisen kosteussuojauksen voi tehdä myös tässä vaiheessa, kunhan suunnittelee työn hyvin. Suojalakkaukset tulevat hyvät ja liiman kanssa ei tarvitse olla "kranttua".

Jos suoritat puristuksen naularimoilla, haapapuusta tulee parasta naularimaa. Ne eivät halkea.

Eräs yleisimpiä virheitä on, että koneissa joissa evä päällystetään yhtäaikaan rungon kanssa, ei kiinnitetä huomiota sen pystysuoruuteen, vaan sitä oikaistaan jälkivaiheessa voimalla ja liimataan vaneri pitämään paikoillaan. Vältä tätä. Harkitse mitä teet.

Kun verhouslevyt ovat paikallaan ja runko on muotojäykkä, se irrotetaan jigistä lyömällä pystyjen ja kaaren väliset apupalikat halki t-a-l-t-a-l-l-a. Ei kirveellä. Kaarissa olevat kapulan jäänteet hiotaan pois ja alusta suojalakataan samalla lakalla kuin muutkin osat.

Tämän jälkeen kiinnitetään ne sisäosat, mitkä ovat tarkoitettu kiinnitettäväksi jäljellä olevista aukoista. Sen jälkeen aukot verhoillaan umpeen. Älä unohda suojalakkauksia.

Tarkista että kaikki työt ovat tehty ja ota valvoja kuittaamaan tämä työvaihe.

Nosta runko esim. kattoon suojaan ja odottamaan muita osia. Runko kannattaa suojata pölyltä esim. puotipaperilla tai muovilla. Muovia käytettäessä varmista ilmanvaihto. Helppoa vai mitä?

Siiven kokoaminen runkopukilla.

Siiven kokoaminen on hyvin samantyyppistä kuin rungonkin. Yksisalkoinen siipi kiinnitetään kokoamisjigiin tavallisesti salon etupuoli ylöspäin. Apusalolla varustetut voidaan monesti kootatasaisella alustalla. Molemmissa tapauksissa alusta vaaitaan huolellisesti. Mikäli siivessä on kiertoa tämä otetaan huomioon jo jigiin asennusvaiheessa. Kun salko on asennettu ja vaaittu kiinnitetään kaaret. Sekä torsio että jättökaaret naulataan messinkinauloilla tai puristimilla paikalleen. (ks.kuva)

Liimaa väliin ja naulaus. Kaarien asettelussa on hyvä käyttää pingotettua lankaa sekä tyvi- että kärkikaaren välillä. Muut kaaret asetetaan tämän suoran mukaan.

Kun kaaret ovat asetettu paikalleen, tarkistetaan niiden linjaus tarpeeksi pitkällä linjaurilla. Ellei niiden linjaus ole kunnossa, hiotaan ne vähintään 4 - 5 kaaren yli ulottuvalla hiomalaudalla linjaan.

Tämä on yhtä tarkkaa kuin rungonkin hiominen linjaan. Älä käytä voimaa vaan taitoa ja kärsivällisyyttä. Jos painat liikaa, kaaret irtoavat tai taipuvat edellä ja haluttua tulosta ei saavuteta. Kaarien tultua hiotuksi linjaan, liimataan piirustuksen mukainen jättöreuna paikalleen, ellei sitä ole voitu liimata ennen hiomista.

Suorita siiven kaarien ym. suojalakkauksia. Älä lakkaa liimapintoja. Metalliosien alle ainakin kaksi kerrosta suojalakkauksia.

Kiinnitä kaikki metalliosat paikalleen, ellei rakennusohjeissa toisin erikseen määrätä. Ohjain- vaijerit on hyvä myös asentaa ja kokeilla. Kokeile siivekkeiden toiminta ja saranalinjojen toimivuus ym. vastaavat asiat. Ennen kuin alat peittää rakenteita, käy valvojan kanssa rakenteet ja osat ja niiden toiminta läpi ja tee tästä pöytäkirja.

Vasta tämän jälkeen voit aloittaa verhouksen.

Niissä koneissa joissa on alumiinilevytorsio, alumiinilevy esitaitetaan muotoonsa, levitetään liima puuosiin ja naulataan kiinni liimanauloilla. Saumaan tuulee 24 x le-vynpaksuinen alumiinisuikele. Jos on mahdollista alumiinitorsio asennetaan A I N A yksimittaisena. Alumiinin liimaus puuhun vaatii oman liiman.

Vaneritorsio liimataan samalla tekniikalla kuin rungon verhouslevyt, aloittaen tyvestä. Lohkot esitaitetaan siten, että taitoskohta kastellaan (läpi) kuumalla vedellä, painetaan muotoonsa ja annetaan kuivua. Lohkoihin hiotaan saumat valmiiksi. Käsitellessäsi valmiiksi saumattuja levyjä ne on etukäteen sovittava paikalleen ja kohdat merkittävä huolellisesti.

Suosittelen käyttämään erikoispuristimia kiinnityksessä. Niillä onnistut varmasti, koska puristimissa on säätö joka suuntaan.

Vanerin voi puristaa aukko-osilta salkoon, joko naularimoin tai puristimin. Puristimia käytettäessä liialla voimalla rikkoo rakenteet.

Naularima puristus vaatii oman tekniikan ja sitä kannatta harjoitella aluksi jossain muual-la. Normaalisti rungossa joutuu jonkin verran tätä tapaa käyttämään, joten kokemusta on jo kertynyt.

Käytät mitä tapaa hyvänsä jatkoskohtiin aina liimataan naulausvahvike.

Tavallisesti naulariman paksuus vaihtelee 3 - 10 mm välillä, kohteesta riippuen.

Naulaväli 10 - 30 mm välillä. Puristimilla voit liimata koko torsion kerralla. Naulari-malla lohko kerrallaan.

Levitä liima ohjeiden mukaan lievästi lisäten (piirrotus ja suojalakkaus on tietysti suori-tettu levyyn) ja asetan lohko tarkasti paikalleen.

Naulaa lohko paikalleen tasaisesti naularimoja juoksuttaen noin alaosan puoleen väliin saakka, kiristä kuvan 11 mukaisesti ja suorita naulaus loppuun. Kärjessä naulaa vaneriliuskojen avulla ja jatka yläpuolella kärjestä salkoon kokoajan kiristyspäällä. Naularimoja pitää juoksuttaa tasaisesti, ettei mihinkään tule pussia. Lopuksi naulaa naularimat salkoon ja koputtele naulat terävästi kiinni ja anna liimauksen kuivua. Homma toistetaan lohko lohkolta. Työ vaatii tarkkuutta ja huolellista valmistelua sekä tarpeeksi apuvoimia. Jos et ole koskaan aikaisemmin tätä tehnyt pyydä ainakin ensimmäisellä keralla kokemusta omaava mukaan. Jos tällaista ei ole selvitä menetit itsellesi ennen työn aloitusta. Huolellisella työllä tulee komea jälki.

Jättöreunan vanerointi tapahtuu samoin ja se menee jo kokemuksella joutuisaan.

Huomioi, että rakenteiden on oltava suorat ja työmenetelmät eivät saa vääntää niitä, virheet näkyvät näkyä lopputuloksessa.

Mikäli jättöpuoleen tulee kangasverhoilu, kaarien kiinnitys varmistetaan salkoon kolmiomaisilla tukipaloilla kuva 12 liitteissä.

##

Suojalakkaus (kosteussulku)

Jo useammasti on mainittu suojalakkaus. Se takaa sen, että kone säilyy pitkään kun se tehdään huolellisesti ja hyvin. Lahoaa muutamassa vuodessa jos se tehdään huonosti tai ei ollenkaan. Oma mielipiteeni on: Kone, jossa ei ole suojalakkausta, ei saa nousta maanpin-nasta. Kelpaa vain näyttelyesineeksi tai kokkopuiksi.

Suojalakkaus tehdään aina parhain laatutuottein, tässä ei tingitä hinnasta. Kannatta muistaa ettei laatu aina ole kalleinta. Itselläni on hyvät kokemukset 2-komponentti venelakoista.

Lakkaus suoritetaan aina kahteen kertaan. Ensimmäinen kerta ohennetulla lakalla ja toinen ohentamattomalla. Lakkaan voi sekoittaa siihen sopivaa väripigmentiä sen verran että erotta missä menee lakkaamattoman ja lakatun raja. Lakan alta on hyvä nähdä pinta, jotta tarkastuksissa voi seurata rakenteiden kestävyyttä.

Kaikki pinnat suojalakataan sisäpuolelta. Suunnittele työsi siten, että voit mahdollisimman paljon lakata silloin, kun katteet on auki. Liimatessasi aukkoja umpeen sovita liimattava osa huolellisesti ja piirrota se alue mihin ei tule liimaa. Jätä lisäksi molemmin puolin n. 3 mm vapaata liimaa varten. Lakkaa vapaat alueet. Levittäessäsi liiman, levitä liima koko vapaalle alueelle jolloin kosteussulku on pitävä.

Suojalakkauksen voi suorittaa esim. sähköruiskulla jatkovarren avulla torsioon ja vastaviin, jossa ei ole umpinaisia väliseiniä. Sähköruiskuun asennetaan sopivanpituinen ohut putki, jonka päässä on suutin ja työnnetään sisään. Lakka leviää normaali sumumuna joka paikkaan, suorita lakkaus kahteen kertaan ja jos mahdollista, molemmista päistä. Menetelmä on kätevä myös korjatessa vanhoja lakkapintoja.

Määrättyjä lahonestoaineita voi myös käyttää ennen suojalakkausta. Varmistu kuitenkin etteivät ne vahingoita liimapintoja ja onko ylipäättään mahdollista näin käsiteltyä pintaa jälkikäsitellä. Paras tapa näiden aineiden kohdalla on käyttää jotain tunnettua, leko-käyttöön hyväksyttyä merkkiä.

Kun suojalakkaus suoritetaan kunnolla ja oikein se pidentää koneen ikää kymmenillä vuosilla.

Maalaus

Maalaukseen tässä esityksessä ei puutu muuten kuin muutamalla yleisluontoisella ohjeella.

Jos et ole perehtynyt maalaamiseen, jätä se ammattimiehelle, koska huono maalaus rumentaa vuosien työn.

Lentokoneen maalaus on oma lukunsa. Varmistu ettei maalari tee siitä liian "painavaa".

Käytä tarkoitukseen sopivia aineita. Kankaalle siihen sopivia ja puulle j.n.e. omat väriensä.

Erikoismaalien ja tavallisten värien hintaero on sen verran pieni, että tämä kohta on väärä "nuukailemiseen".

Noudata purkin kyljessä olevia ohjeita.

Koneen säilytys ja hoito

Olet vuosia tehnyt työtä, tuhansia tunteja, joten hoida konetta hyvin. Maalipinnalle käytetään vain sille sopivia vahoja. Jos ei ole toisin mainittu, carnaubavaha sopii, sillä se on aito luonnonvaha. Älä käytä silikonipitoisia vahoja, lasikuitu-, puu-, kangasverhoiluissa, jos aiot niitä joskus korjata.

Öljy ja rasva tuhoavat enemmän koneita kun onnettomuudet. Spray - pullo on helppo tapa levittää näitä aineita väärin paikkaan.

Korjaa kone heti. Jos verhoiluun tulee reikä, korjaa se mahdollisimman pian ettei siitä pääsee kosteus ja lika sisään.

Määräaikaishuollot ovat itsestään selvyys, samoin tietysti puhtaus.

Kokemus on osoittanut että asumme sen verran kylmissä ja kosteissa oloissa, että konetta säilytetään sisällä jos se suinkin on mahdollista. Metallikone on ainut jota voi (edes) ajatella säilytettävän ulkona.

Jos hallia ei ole, kannattaa se rakentaa porukalla. Ellei tämäkään ole mahdollista yksi valintaperuste konetyyppiä valitessa on sen purettavuus. Miksi tehdä hieno kone ja säilyttää sitä väärin.

Lopuksi

Tämä esitys ei pyri olemaan kattava vaan toimimaan muistin virkistysenä niille asioille mitä opittiin Puutyöt-osalla. Osuuskunta HTHjärjestää rakentajalle sopivia kursseja tällä hetkellä (2020) mm. Keinokuidulla koneen päällystys, Perusmittariasennukset, Punnitus, Ultrakoneiden Huolto jne, näistä on harrastajalle apua pulmiinsa.

Vielä varoituksen sana. Varmistu aina että saamasi ohjeet ja neuvot ovat lähteistä joka tietää ja osaa ko. asian eikä vain kuvittele sitä.

Lopuksi allekirjoittanut toivottaa:

MUKAVIA RAKENNUS HETKIÄ

PS 2020

Liimaajan 10 käskyä:

1. Osat puhtaat ja sovitettu.
2. Jigit ja puristimet varattu.
3. Liima tuoretta ja riittävästi.
4. Tarpeeksi aputyövoimaa.
5. Selosta työjärjestys.
6. Älä hosu.
7. Liimaus.
8. Puristus
9. Kuivauslämpö oikea.
10. Tunne kuivumisaika.

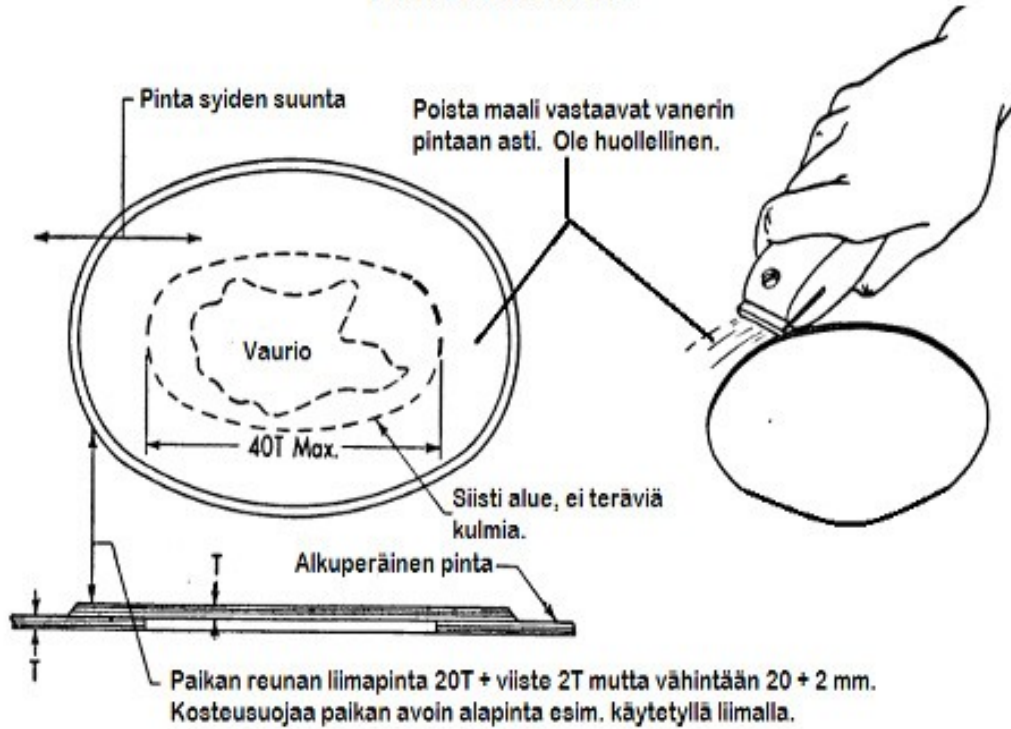
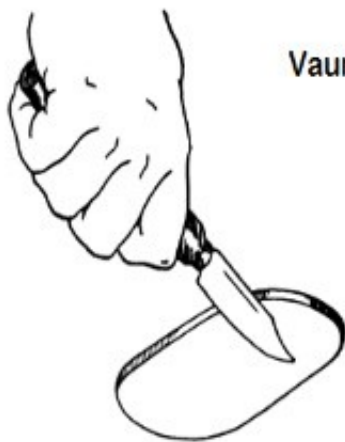
LIITTEET

1. Lujuusarvoja
3. Pintapaikka
5. Torsiopuristin malli Pena
6. Rakennuspuun valinta ja testaus
7. Teroituskulmat
8. Vanerin höyrytaivutus

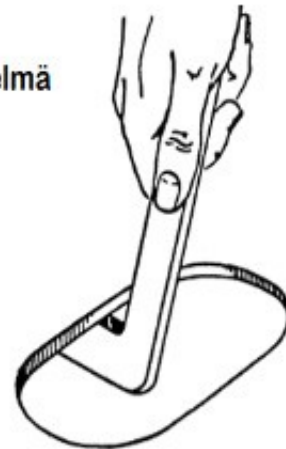
Liite 1.

<https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/pohjoismaisen-havupuun-tekniset-ominaisuudet-pohjois-amerikan-ja-japanin-puulajeihin-verrattuna/>

Puulaji	Puristuslujuus		Vetolujuus	Taivutuslujuus	Kimmo-moduuli	Leikkauslujuus	Tiheys
Kauppa- / tieteellinen nimi	Syiden suuntaan N/mm ²	Syyn suuntaan kohtisuoraan N/mm ²	Syyn suuntaan N/mm ²	N/mm ²	kN/mm ²	N/mm ²	kg/m ³
Suomalaiset							
Kuusi (spruce) Picea Abies	39 (34 - 70)	5,3	116 (21 - 240)	87 (48 - 133)	10,0 (7,2 - 21)	6,8 (3,9 - 11,8)	470 (330 - 680)
Mänty (pine) Pinus Sylvestris	50	7,0	95	91	10,9	9,1	540
Koivu (birch) Betula Pendula (Petula Pubescens)	50		134	144	15,2 (14,2-16,2)	13	650 (510 - 830)
Pohjois - amerikasta							
Douglas kuusi (douglas fir) Pseudotsuga menziesii	43	5,9	95	66	11,3	7,2	520
Aircraft Sitka Spruce hard to get							
Birch							
Ash (mannasaarni) Fraxinus ornus							
Hemlockki (hemlock) Tsuga heterophylla Tsuga canadensis	44	5,2	69	79	10,5	8,2	480
Pikimänty (Longleaf pine) Pinus paustris	59	6,9	105	78	10,9	9,8	680
Lehtikuusi (larch) Larix decidua	50	6,5	97	90	12,5	8,2	470
Aircraft Sitka Spruce hard to get							

Liite 3**PINTAPAIKAN TEKO****Liite 4****Vaurion korjaus puskusaumamenetelmä**

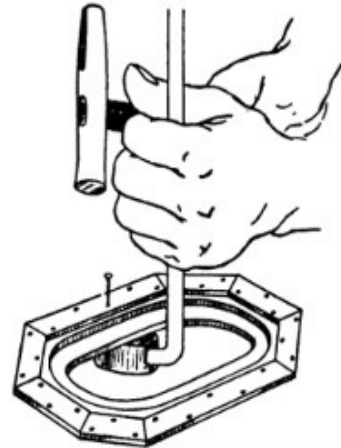
Siisti vaurio ovaalin muotoiseksi.



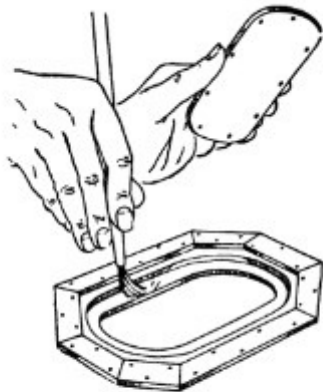
Puhdista alapuoli kaikista kosteussuojauksesta ym. puhtaaksi. Tarkista peilillä, että liima-alue on puhdas.



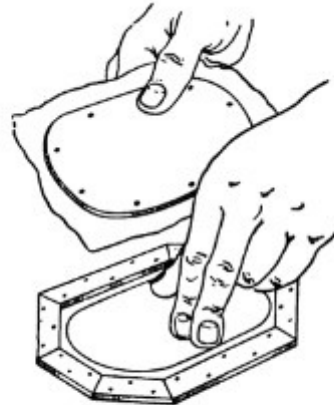
Valmista tukipala vanerista paksuus 20 x 20 paikattava vaneri mutta vähintään 20 + 20 mm.
Liimaa tukipala paikalleen siten, että puolet leveydestä jää aukon puolella ts. liimaraaja keskellä tukipalaa.
Poista liimapuraaet huolella jotta pintapaikka istuu hyvin.



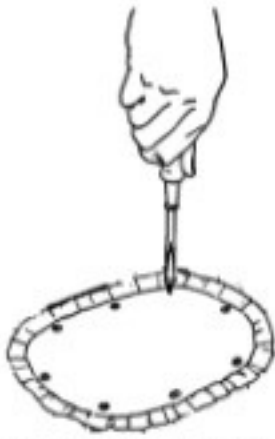
Jos käytät naulapuristusta tuen liimauksen puristamiseen, käytä tarpeeksi tukevaa naulaustukea. Kevyet C-puristimet on hyviä silloin puristimien paino ei paina vaneria notkolle.



Levitä liima tukeen sekä koko paikalle. Tuen pinnan ja paikan pinnan on sovittava moitteettomasti.



Valmista ja sovita paikka ko. vanerin paksuudesta. Huomioi pintasyiden samansuuntaisuus.



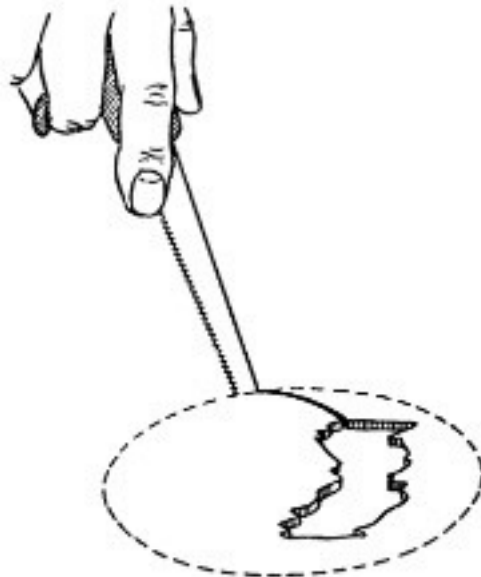
Limaa ja purista paikka paikalleen. Puristukseen painoja tai ohuita leveäkantaisia ruuveja. Suojaa paikan reunat liimapurseilta.



Liiman kuivuttua poista puristus ja liimapurseet.



Hio pinta hiekkapaperilla ja täytä reiät. Pintakäsittele alkuperäisen mukaisesti. Paikkauksesta on tehtävä merkintä koneen tekniseen kirjanpitoon.

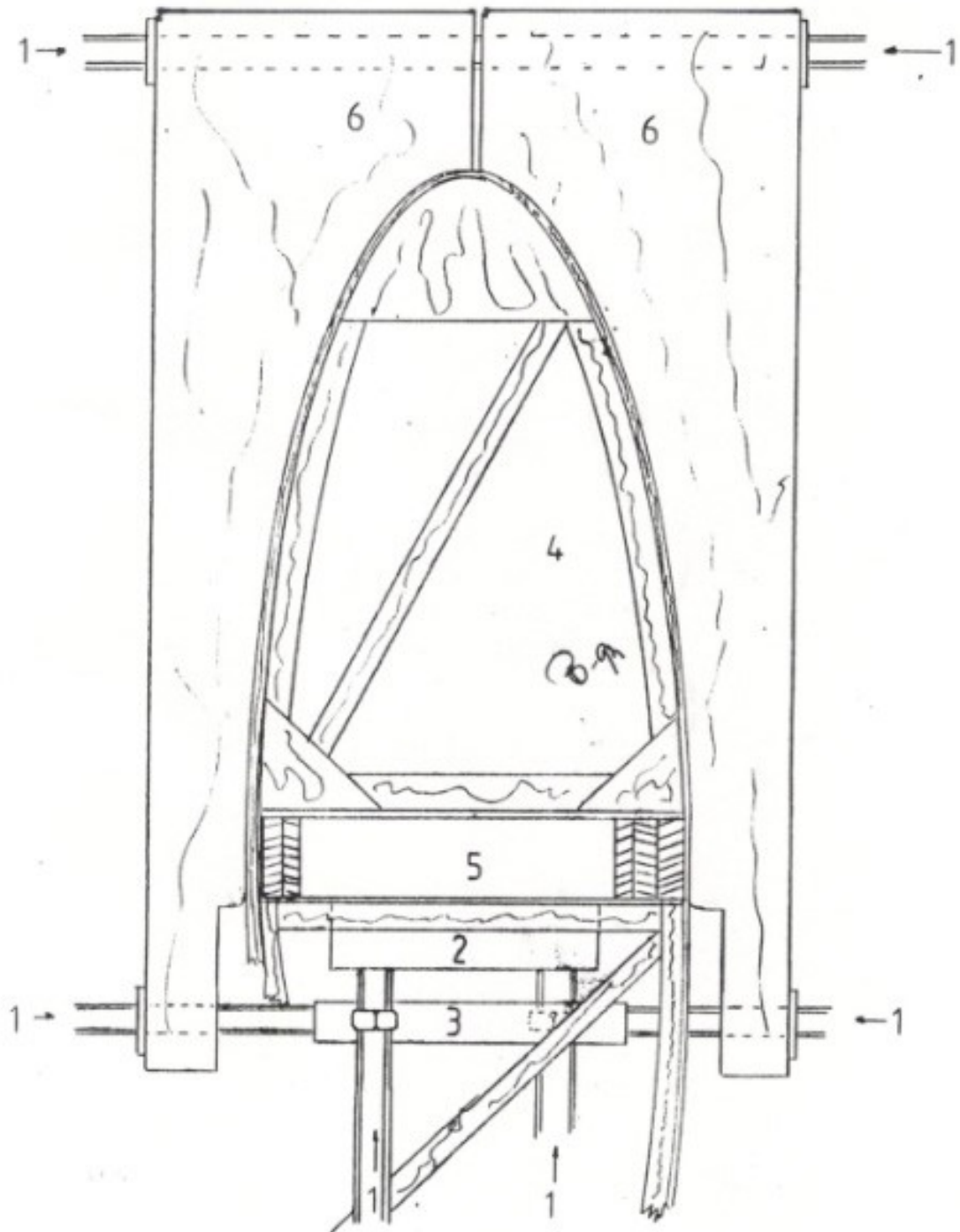


Myös pyöreää aukkoa voi käyttää



Tukirengas asetetaan kuvan osoittamalla tavalla muutoin työskentely ja mitat samoin kuin ovaalissa.

Liite 5 Torsiopuristin malli Pena



Liite 6 Puutavaran valinta ja Testaus

ULKOISET VAATIMUKSET

- suora tasa laatuinen kasvu.
- oksaton
- puun tyviosasta
- vuosirengas väli suositus 1 —1.5 mm
- suuri kesäpuun osuus
- ei halkeamia
- ei pihkataskuja
- ei uittamalla kuljetettu

TESTAUS

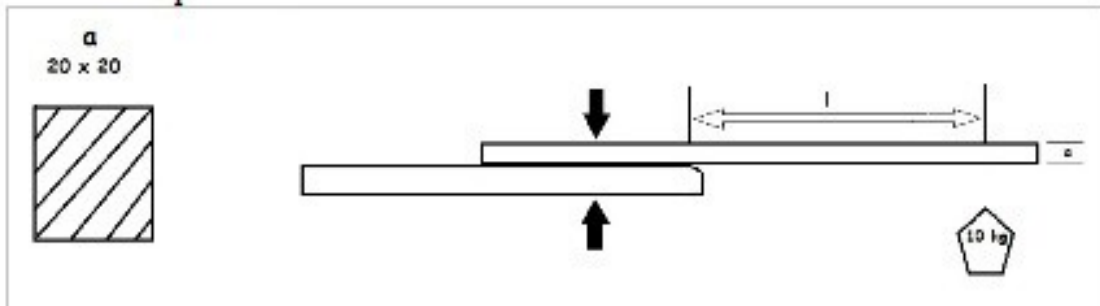
Testausmenetelminä yleisesti käytetään

- puristuslujuuden
- vetolujuuden
- taivutusjännityksen

mittausta. Kaikki antavat hyvän kuvan puun ominaisuuksista mutta varsinkin kahden ensimmäisen suoritus vaatii erikoismittalaitteita joita harvalla rakentajalla on jokapäiväisessä käytössä. Taivuttamalla laadun seuranta on varsin yksinkertaista.

TAIVUTUSJÄNNITYS

Taivutuslujuus on todennäköisesti helpoimmin toteutettavissa jokapäiväisessä käytössä. Sen toteutusperiaate selviää alla olevassa kuvassa.



Otetaan vakiokokoinen mäntysauva joksi tässä on valittu koko 20 x 20 mm eli 2x2 cm, jota kuormitetaan 10 kp kuormalla jolloin tiedettäessä pituus l voidaan laskea taivutusjännitys alla olevalla tavalla.

$$\sigma_t = M \times \frac{y}{I} ; I = \frac{a^4}{12} ; y = \frac{a}{2}$$

Valitaan taulukosta hyvälaatuisen männyn

$$F = 10 \text{ kp}$$

taivutusjännitys 700 kp/cm²

$$M = 700/0,7502$$

$$= 933 / 10 = 93,3 \text{ cm} = 933 \text{ mm}$$

Yllä olevan perusteella saadaan taulukko jossa l pituus vastaa taivutusjännitystä kun sauvan koko on 20 x 20 nun.

L [mm]	kp/cm ²
935	700
1000	750
1070	800
1135	850
1200	900
1265	950
1335	1000

Liite 7

TEROITUSKULMAT

Veisto- ja puusepäntaltat Leikkaava työkalu teroitetaan pienimpään mahdolliseen kulmaan, jonka terä kestää murtumatta.

Puusepäntaltat kulmaan 25 ... 35 astetta, terän kärkeen jyrkempi mikrobiiste, noin 2 millimetriä, antamaan lujuutta sinne aivan ohuimpaan kärkeen. Loppuosa loivemmaksi.

Veistotaltat yleensä 15 ... 18 astetta, riippuen veistotavasta ja veistettävästä materiaalista. Veistotaltan pitää olla hiomaviisteeltään mahdollisimman suora, tai hivenen kupera, se ei toimi hyvin jos se on kovera.

Liite 8 Vanerin höyry taivutus

