



TALLINNA TEHNICAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut

**KONSTRUKTSIOONI JA HELIISOLATSIOONI
VINEERIDE OMADUSED JA KASUTUSALAD**

**CONSTRUCTION AND SOUND INSULATION PLYWOOD
PROPERTIES AND APPLICATION**

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Janeli Lepla

Üliõpilaskood 164072KAOB

Juhendaja: Heikko Kallakas, teadur

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“3” juuni 2021

Autor: Janeli Lepa

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“3” juuni 2021

Juhendaja: Heikko Kallakas

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“3” juuni 2021

Kaitsmiskomisjoni esimees: Tiia Plamus

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Janeli Lepla

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Konstruktsiooni ja heliisolatsiooni vineeride omadused ja kasutusala“ mille juhendaja on Heikko Kallakas

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

03.06.2021

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingulise tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Janeli Lepla, 164072KAOB

Õppekava, peeriala: KAOB02/14 - Puidu- ja tekstiilitehnoloogia

Juhendaja(d): Teadur, Heikko Kallakas, 620291

Lõputöö teema:

(eesti keeles) *Konstruksiooni ja heliisolatsiooni vineeride omadused ja kasutusala*

(inglise keeles) *Construction and sound insulation plywood properties and application*

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Uurida vineeri tootmist ja erinevate vineerplaatide omadusi.
2. Anda ülevaade konstruksiooni ja heliisolatsiooni vineeride kasutusaladest.
3. Võrrelda erinevate tootjate lahendusi.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Alginfo kogumine ja materjali otsimine	02.02.2021
2.	Vineeri tootmise etappide kirjeldamine	08.04.2021
3.	Erinevate tootjate vineerplaatide uurimine	07.05.2021
4.	Lõputöö vormistamine	29.05.2021

Töö keel: Eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "3" juuni 2021 a

Üliõpilane: Janeli Lepla "3" juuni 2021 a
/allkiri/

Juhendaja: Heikko Kallakas "3" juuni 2021 a
/allkiri/

Programmijuht: Tiia Plamus "3" juuni 2021 a
/allkiri/

SISUKORD

EESSÕNA	7
Lühendite ja tähiste loetelu	8
SISSEJUHATUS	9
1 VINEER JA SELLE VALMISTAMINE	10
1.1 Esimene faas-spoonide tootmine	13
1.2 Teine faas-vineeri tootmine	15
1.3 Vineeride liigitus ja omadused	21
2 KONSTRUKTSIOONI VINEERID	25
2.1 Vineeri pealistamine	25
2.1.1 Fenooliga kaetud vineer	25
2.1.2 Trollon tehnoloogia	26
2.2 Puitkonstruktsioonid	28
2.2.1 Konstruktsioonivineer sisetingimustes	28
2.2.2 Konstruktsioonivineer välitingimustes	29
2.3 Vineerkonstruktsioonid betoonitöödeks	30
2.3.1 Vineerplaatide omadused betoonitöökohas	31
2.4 Erinevate tootjate konstruktsioonivineerid	32
2.4.1 MetsäWood	33
2.4.2 UPM	35
3 HELIISOLATSIOONI VINEERID	37
3.1 Heliisolatsiooni vineerid transporditööstuses	38
3.2 Erinevate tootjate heliisolatsiooni vineerid	39
3.2.1 Paged	39
3.2.2 Koskisen	40
3.2.3 MetsäWood	41
KOKKUVÕTE	42
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	46
LISAD	46

EESSÕNA

Lõputöö teema aitas välja valida töö juhendaja, teadur Heikko Kallakas ning puidutehnoloogia labori juhataja ja professor Jaan Kers. Soovin neid selle eest tänada. Teema valiti, sest vineer on töö autorile huvipakkuv materjal ja autor tundis huvi, ennast sellel teemal harida. Baklalaureuse töö andmed kogus töö autor ning töö valmimise juures oli abiks juhendaja.

Töö autor soovib lisaks avaldada tänu Trollon®'i müügijuhile Martin Scheikl-ile, kes jagas e-maili teel infot nende uuendusliku tehnoloogia kohta. Samuti PERI AS-i tehnilise osakonna juhatajale Kristo Rääk-ile ning protsessijuhile Tiit Roots-ile, kes vastasid autori küsimustele seoses betoonivalus kasutatavate vineeridega. Lisaks soovib töö autor tänada tööandjat – Kitman Thulema't, kes võimaldas õppepuhkuse. Viimasena soovib autor tänada programmijuhti Tiia Plamust vastutulelikkuse eest ja toetuse eest.

Lühendite ja tähiste loetelu

t - paksus (mm)

f - tugevus (N/mm²)

f_m - paindetugevus (N/mm²)

E_m - paindeelastusmoodul (N/mm²)

G - nihkemoodul

|| / 0- väliskihi kiudude suunaga paralleelselt

⊥ / 90- väliskihi kiudude suunaga risti

| - kasespoon ristikiudu (lühike)

— - kasespoon pikikiudu (pikk)

| - okaspuidust spoon ristikiudu (lühike spoon)

— - okaspuidust spoon pikikiudu (pikk spoon)

SISSEJUHATUS

Puit on olnud tänu oma kättesaadavusele, kergusele ja paljudele muudele positiivsetele omadustele, üks inimeste poolt kasutatavamaid materjale juba aastatuhandeid. Loodusliku puidu häid omadusi saab suurendada, kui liita sellele juurde tehisklike materjale. Materjalidele, mis sisaldavad puitu ning polümeeri, nimetatakse üldnimega Puit-polümeerkomposiitmaterjalid, selle kategooria alla kuuluvad erinevad puitplaadid, ning sealhulgas ka vineer, millele antud lõputöö ka põhiliselt keskendub. Vineeri tootmine hõlmab endas väga palju etappe, alustades metsas palgi saagimisega ja lõpetades vineerplaatide pakkimisega. Vineerplaatide mitmekülgsus annab võimaluse kasutada neid väga paljudes valdkondades, millest põhilised on erinevad konstruktsioonid.

Antud bakalaureuse töö eesmärkideks on:

- Uurida vineeri tootmisprotsessi ning plaatide omadusi, keskendudes lähemalt konstruktsiooni ja heliisolatsiooni vineeride omadustele ning nende kasutusalaadele.
- Tutvuda erinevate tootjate vineeridega ning tuua konkreetsemalt välja mõned nende huvitavamad tooted.

Samuti annab vineeri, kui materjali, uurimine töö autorile juurde kasulikke teadmisi, mida saab rakendada erialasel tööl.

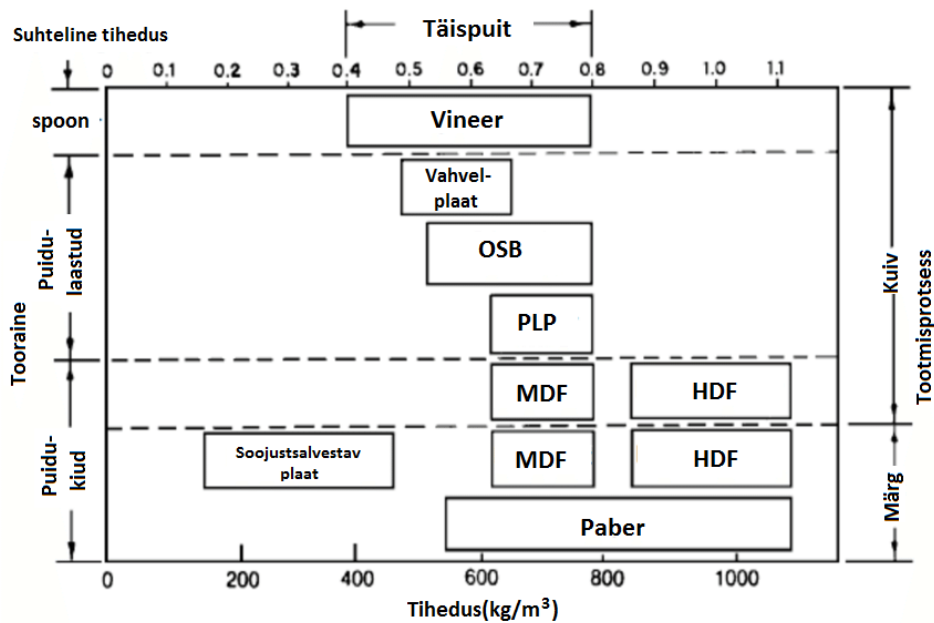
Töö esimeses peatükis keskendutakse vineeri tootmisetappidele, selle omadustele ning liigitus võimalustele.

Töö teises peatükis antakse ülevaade konstruktsiooni vineeridest ja nende kasutusalaadest. Keskendutakse pealistatud vineeridele, ning tuuakse välja osade vineeritootjate huvipakkuvamad tooted.

Töö viimases peatükis uuritakse heliisolatsiooni vineere, seda mis omadusi nende puhul hinnatakse, mis on nende põhiline kasutusala ning uuritakse kolme erineva tootja heliisolatsiooni omadustega vineere.

1 VINEER JA SELLE VALMISTAMINE

Puit on oma omaduste poolest väga hea ehitus- ja tarbematerjal, kuid puidul on mõned nõrgad küljed ning osades kasutusvaldkondades on vajadus veelgi paremate omadustega puitmaterjalide järele [1]. Seetõttu on viimastel aastakümnetel kasutusele võetud puit-polümeerkomposiitmaterjalid (PPK), mis sisaldavad lisaks puidule ka reaktoplaste või termoplaste, seda siis näiteks liimi või pealustusmaterjalide näol[7]. Puit-polümeerkomposiitplaadid jagatakse üldiselt kolme suurde tootegruppi: puitkiudplaadid, puitlaastplaadid ja vineer. Plaatide tootmisel kasutatakse toorainet efektiivsemalt kui saematerjali saagimisel: väljatulek kogu toorainest on 30-50%, puitplaatide tootmisel aga 90-95% [1]. Antud lõputöö keskendub viimasele puit-polümeerkomposiitplaadile - vineerile.



Joonis 1 Puitplaatide liigitus [4]

Nendest kolmest puit-polümeerkomposiitplaadist on vineer kõige vanem - kihiti puidu liimimist tunti Egiptuses ja Hiinas juba tuhandeid aastaid tagasi [3]. Euroopasse jõudis tööstuslik vineeri tootmine 19. sajandi lõpul, Eestisse täpsemalt aastal 1885. Vennad Christian ja Carl Luther rajasid Tallinnasse vineeritehase, kus nende suurimaks müügiartikliks said vineerist toolipõhjad, ning neid saatis suur edu – mõne aastaga jõudis tootmiskaht 1,8 miljonini. Lutherite ettevõtte märkimisväärseim panus vineeri tehnoloogia arendamisel on 1896 aastal leiutatud veekindel liim, lisaks sellele ehitasid vennad ka esimese kuumaveauruga kuumutatava pressi. [5][6]

Vineer on kihiline plaatmaterjal, mis valmistatakse spoonilehtede kihiti kokku liimimise teel ja puidukiudude suund erinevate kihtide vahel on tavaliselt risti. Spoonilehti on vineertahvlis enamasti paaritu arv ja need asetsevad üksteise suhtes risti. Paaritu arv on vajalik, et keskkihi suhtes tekiks sümmeetria, sest võrdne arv kihte mõlemal pool keskkihti tõkestavad vineerplaadi kaardumist. Kiudude risti asetamisega väheneb tunduvalt puidu anisotroopsusest tulenevad puidukiududega ristisuunalised nõrgad tugevusomadused ning ühtlustuvad mahu kahanemist erinevates suundades. Vineeri paksus sõltub spoonikihtide arvust - normaalpaksus kasest spoonilehtedel on 1,5 mm ja okaspuust spoonilehtedel 2,0-3,2 mm. Spoonide arvu suurendamisega suureneb vineeri homogeensus [7]. Vineer liigitatakse kasutatava puuliigi järgi kolmeks: Okaspuuvineer, kasevineer ja kombineeritud vineerid. Viimase puhul on tegemist vineeriga kus on kasutatud nii lehtpuidust kui ka okaspuidust spoonilehti, kusjuures pinnaspoonid on enamasti ajast kasespoonist, kuid on ka erandeid. [8][9]

Tabel 1 Vineerplaatide struktuurid [10]

Struktuur	Kasepuidust spoon = — / Okaspuidust spoon = — /
Kask	— —
Combi	— —
Combi- mirror	— —
Twin	— —
Okaspuit	— —

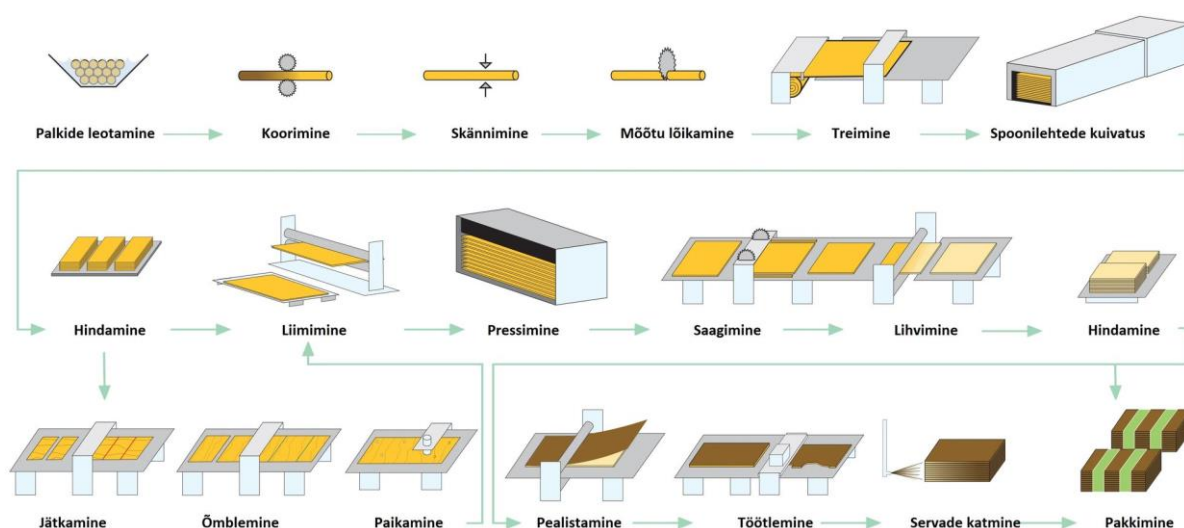
Kasevineer on väga hea tugevus- ja jäikusomadustega, samuti on märkimisväärne tema tõmbetugevus. Kõrge paindetugevus annab kasevineerile kasutuseelise näiteks põrandakonstruktsioonides teiste vineeritüüpide ees, lisaks on väga hea ka antud vineeri kulumis- ja löögikindlus. Kombineeritud vineeri tugevusomadused kattuvad üsna paljuski kasevineeri omadega. Selliste vineeriplaatide tugevus- ja jäikusomadused on peaaegu identsed mõlemas kiu suunas. Küll aga on kombi-vineeril pinnaspoonide tugevus ristisuunas madalam kui pikisuunas, seega jääb selles osas antud plaaditüüp kasevineerile alla. Teisest küljest on aga antud vineer kergema massiga kui kasevineer ning seda on kergem töödelda. Okaspuidust vineeri tugevus- ja jäikusomadused on head, kuid pinnatugevus on madalam kui kasevineeril ja seetõttu kasutatakse okaspuidust vineeri rohkem dekoratiivsel eesmärgil. Seda tüüpi vineerplaat on visuaalselt ilusam, kuna sellel on tugevam puidumuster, kui lehtpuidust tehtud vineeril. [10][11]

Puidu tihedus, mis on puidu tähtsaim füüsikaline omadus, on vineerplaadil ligikaudu samaväärne toote valmistamiseks kasutatud puiduliikide tihedusega. Vineerplaadide tiheduse keskväärtused, sõltuvalt puidu liigist ning spoonilehe paksusest, on:

Tabel 2 Vineeriplaatide keskmine tihedus, kui suhteline niiskus on 65% [8]

Vineeri tüüp	Tiheduse keskväärtus
	kg/m ³
Kasepuidust vineer (1,4 mm paksusega spoonilehed)	680
Kombineeritud vineer (1,4 mm paksusega spoonilehed)	620
Okaspuidust vineer (1,4 mm paksusega spoonilehed)	520
Okaspuidust vineer (2-3 mm paksusega spoonilehed)	460

Vineeri tootmise tehnoloogiad on jätkuvalt pidevalt arenemas, kuna kasutusvaldkond on lai ja nõuded plaatmaterjalidele järjest karmimad. Maailma suurimateks vineeritootjateks on Hiina, USA ja Jaapan kes tootsid aastal 2018 vastavalt 101, 16 ja 6,2 miljonit m³ vineeri aastas [12]. Vineeritootmise võib jagada üldistavalt kaheks faasiks: spoonitootmine, kus palkidest saavad kuivatatud spoonilehed ja vineeritootmine, kus spoonist laotakse kokku vineeritahvlid. Tootmise protsess on pikk ja enamjaolt automatiseeritud, kuid olenemata sellest on operaatoritel oluline roll protsessi juhtimisel ja masinate sujuva töö tagamisel. On väga oluline, et igal liinil järgitaks etteantud kvaliteedinõudeid, see kindlustab valmistoodangu vastavuse etteantud nõuetele ning parimate võimalike tugevusomadustega plaadi.



Joonis 2 Vineeri tootmise etapid[13]

1.1 Esimene faas-spoonitootmine

Spoonitootmise esimene etapp algab metsas, kus toimub puude langetamine ja **palkide kogumine**. Toormaterjali kvaliteedinõuded on tehasepõhised, ehk iga ettevõtte määrab need ise vastavalt vajadustele. On aga defektid mis ei ole aksepteeritavad spoonitootmiseks – liigne koonuselisus, lõhenemine, kaarduvus, suured augud jne. Üldiselt klassifitseeritakse materjal palgi pikkuse ja diameetri alusel. Toormaterjali kogutakse ajavahemikul september-mai, valdav osa talvel - ajal millal pinnas on külmunud, tuleoht on madal ja ka puude elutegevus on minimaalne. [14]

Kui toormaterjal jõuab metsadest tehasesse, siis **sorteeritakse ja mõõdetakse palgid** palgisorteerimisliinil. Samuti on sorteerimisliiniga ühendatud metallidetektor mis tuvastab ja eemaldab palkidest metalli, et need ei kahjustaks treitera. Liinil jagatakse automaatselt palgid vastavalt suurusele erinevatesse konteineritesse ja kui need on täis saanud siis sorteeritud palgid ladustatakse. [14][10]

Palgi hoiustamiseks ja säilitamiseks on kaks võimalust-esimene neist, on palkide virnastamine vastavalt kvaliteediklassidele ning seejärel nende pidev niisutamine vihmute abil. Teine variant on palkmaterjali konserveerimine, ehk lume sisse matmine. Selle meetodi puhul asetatakse lumepadja peale palgikihid, mille vahel on omakorda lumi ning lõpuks kaetakse kõik kinni lume ning saepuru või hakkepuidu seguga ja sellisel viisil säilivad palgid väga pikalt. [14][10]

Järgmine etapp on **toormaterjali leotamine**, see on vajalik selleks, et puidukiud pehmeneks ja palgi treimine oleks sujuvam. Kasutusel on erinevaid leotusmeetodeid, levinuim on palgikimpude asetamine sooja vette metall-või betoonvannidesse, kuid vajadusel kasutatakse tehnoloogiaid, kus puitu pehmentatakse kuuma auru või kombineeritult auru ja veega. Kõige laialdasemalt kasutatud meetodi puhul on leotusvee temperatuur lehtpuidu puhul 40-50 °C ja okaspuidul 40-55 °C, ning kokku kestab see protsess 24-48 tundi. [14][10]

Peale leotamist, liigub palk edasi **koorimisse**, kus puidult eemaldatakse koor kuni kambiumikihini. Kahjustusteta koorimise tagab õige temperatuur ja palgi tugevus, koor on seda kõvemini kambiumi küljes kinni, mida madalam on palgi temperatuur. Saepalkide koorimiseks kasutatakse rõngasrootor koorimispinke, mille söötmisskiirus on 120-130 m/min 1-rootoriliste koorijate puhul, ning 140-150 m/min 2-rootoliste pinkidel. Kuid vineeritehastes hoitakse koorimiskiirus enamasti alla 100 m/min, olenevalt treipinkide arvust. Koorimisele järgneb kohe **palkide lõikamine** vajalikku pikkusesse, kasutades ketas- või kettsaage. Palgid, mille diameeter on üle 800 mm saetakse

kettsaega. Levinuimad palgi pikkused on 130 cm, 160 cm ja 260 cm ja saagimistsükkel 6-10 palki/min. [14][10]

Järgmisena liiguvad kooritud ja mõõtu lõigatud palgid ehk vineeripakk **treimisliinile**, kus toormaterjalist saavad spoonilehed. Kvaliteedi kriteeriumid nagu – tõmbetugevus, paksus, pinnatasasus ja-ühtlus on väga tihedalt seotud just selle liini tööga ja olenevad otseselt treipingi täpsest seadistamisest. Vineeripakk läbib kõigepealt skänneri, mille järgi tarkavara otsustab, kuidas pakku tsentreerida selliselt, et spooni väljatulek palgist oleks maksimaalne. Pakk viiakse etteandekäppadega spindliete vahele ning pannakse pöörlema kiirusel 300-350 m/min. Samal ajal liigub terakelk paku südamik suunas ja treitera lõikab spooni, mis surutakse suurel survele treitera ja vastutera vahelt läbi ning moodustub katkematu spoonilint. Spoonilindi õige paksus sõltub treitera ja vastutera täpsest nurgast ja korrektsest asetusest. Edasi liigub spoonilint lõikamisse, kus värvikaamera tuvastab oksakohad, lõhed, värvidefektid, koorekohad ning jagab spooni kaheks - pinnaspooniks ja vahespooniks. Suurte kahjustustega kohad lõigatakse välja ja defektideta lindi osa lõigatakse mõõtu vastavalt nõutud mõõtmetele. [10][15]

Spoonilehed kuivatatakse vineeritahvli kokku liimimise jaoks, sest liiga kõrge niiskussisaldus takistab liimimist ja põhjustab kuumapressides aurustumist, mis omakorda kahjustab plaadi struktuuri. Kui kasutatakse fenoolil põhinevaid liime, siis kasespoonini nõutav niiskus on $4,5 \pm 1,5\%$ ja okaspuidust spoonil 6-8%. Kuivateid on kahte tüüpi – võrkkuivatid ja rullkuivatid. Võrkkuivateid kasutatakse kohe treimisjärgselt ning enne lehtede lõikamist, ning see kuivati tüüp pole nii eelistatud, kuivatuskiirus jääb 60-90 m/min juurde. Rullkuivatitel on suurem tootlikus ja kuivatuskiirus 5-12 m/min, see kuivatitüüp on treimisliinist eraldi ja seal kuivatatakse spoone, mis on eelnevalt jaotatud mõõtude ja niiskuse järgi klassidesse. Spoonid söödetakse kuivatisse pikikiudu 1-4 lehe kaupa, olenevalt kuivati ja lehtede suurusest. Õhukese kasespoonini kuivatamine võtab aega alla 3 minuti ja toimub 165-190 °C juures, seevastu aga paksema okaspuust spooni kuivatamine võtab 4-5 korda rohkem aega ning kuivatustemperatuur on 175-200 °C. [10][14][15]

Erinevate defektide väljalõikamise tõttu treimisliinil on spoonilehed väga erineva laiusega ning, et saavutada nõutud mõõtmed on vajalik spoonilehed uuesti kokku ühendada, seda tehakse vahespoonide ja pinnaspoonide **õmbusliinidel**. Miinimum laius spoonilehele, mida saab õmbusliinil kasutada on 50 mm. Õmblemiseks kasutatakse liimniiti ja kokku liimitud spoonivaibast lõigatakse välja vajaliku laiusega spoonilehed. Samuti on vajalik spooni jätkamine pikkupidi ja selle jaoks on tehastes **jätkuliinid**. Jätkamiseks lõigatakse spoonilehe ääred väikse nurga alla, seejärel ühe lehe nurgale

läheb liim, teine spoonileht asetatakse peale ja kuuma pressi all saadakse pikk spoonivaip, mis lõigatakse vajalikku pikkusesse. [10][14]

Tulenevalt vineerile seatud kvaliteedinõuetest, saab vineeri kvaliteeti tõsta pinnaspoonil **paikamisega**, paigatud pind ei ole lubatud ainult kõige kõrgemates kvaliteediklassides – A ja B. Paikamine tähendab väikeste defektide väljalõikamist ja asendamist paigaga. Kaamera tuvastab spoonilehelt väiksed lõhed, koorekohad, oksakohad ja vastavalt seadistustele ning kvaliteediklassile, kuhu antud spoon kuuluma peab, otsustab süsteem, millised defektid on vaja välja lõigata ja paigata. Täielikult automatiseeritud paikamisliinid suudavad parandada 3000-12 000 defekti tunnis.[10]

1.2 Teine faas-vineeri tootmine

Vineerplaate on võimalik toota väga erineva struktuuriga, ning plaadi lõplikud omadused on otseselt seotud **ladumisskeemidega**. Vineeri struktuur koosneb kahest paralleelsest pinnaspoonist ja vahespoonidest, mille arv sõltub sellest, millise paksuse ja tugevusomadustega plaati on vaja. Ladumisskeemil on koos liimiga suurim roll kujundamaks vineerplaadi tugevusomadusi. Vineer koosneb reeglina paaritust arvust spoonidest ja kõik kihid on oma vahel risti, kuid toodetakse ka plaate, mis pole selle reeglina kooskõlas[14]. On olemas ka eristruktuuridega vineerplaadid, mis koosnevad paaris arvust spoonidest ja spoonilehed võivad näiteks asetseda plaadi mingis osas paralleelselt. Eristruktuuride abil toodetakse spetsiaalsete tugevusomadustega plaate, mis on nõutud spetsiifilistes kasutusvaldkondades, kuid ka eriplaadide struktuur peab jääma sümmeetriliseks, et vältida vineeritahvli kaardumist[8]. Enamasti kirjeldatakse spooni ladumisskeeme sümbolitega | ja —, kus esimene märgib ristikiudset spooni ja teine pikikiudset spooni. Samuti on tavaks värvidega eristada ära okaspuu spoon ja kasespoon märgistust. Üldiselt on kasevineeri pinnaspoonid ristikiudsed, okaspuidust vineeri puhul aga pikikiudsed. Näiteks on 7-kihilise ja 9mm plaadi paksusega kasevineeri ladumisskeem: |—|—|—| kuid kasutades 3mm kuusespoonil, saavutatakse sama paksus 3 kihiga ja kuusevineeri ladumisskeem on: —|—



Joonis 3 Erinevad vineeri struktuurid - 9mm paksusega kasevineer ja 9mm paksusega kuusevineer[18][19]

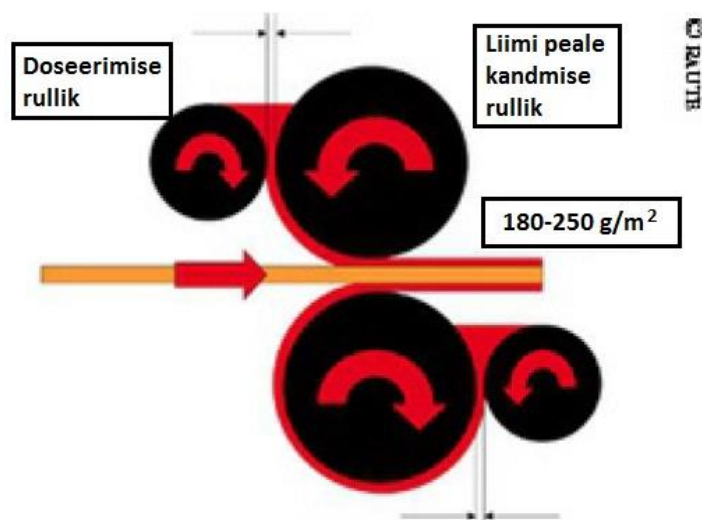
Vastavalt skeemile söödetakse spoonilehed ette liimimisliinile. Termoreaktiivsed liimid segatakse kokku **liimiköögis** olevates konteinerites, mille mahutavus on olenevalt tüübist kuni 2500 liitrit. Liimid koosnevad vaigust, kõvendist ja veest ning liimireseptid on vastavalt tehastele ka erinevad. Liimi segunemine konteinerites võtab aega 0,5-1 tund. Kõige levinum on tumeda värvitooniga fenoolformaldehüüdliim (PF), mis on üsna aeglaselt tahenev, kuid väga ilmastikukindel. Vineerides, mis on mõeldud sisetingimustes kasutamiseks, on põhilisteks liimideks karbamiidformaldehüüdvaik(UF) ja melamiin-karbamiidformaldehüüdvaik(MUF). Samuti on vineeritööstustes kasutuses liimi-kile, mida kasutatakse õhukeste vineeride, näiteks lennukivineeri tootmisel. [20][10]

Formaldehüüdi sisaldavad liimid on aga kantserogeensed ning selleks, et kaitsta inimeste tervist, on liimi- ja vineeritootjatele määratud standardid mis reguleerivad liimi formaldehüüdi emissiooni[20]. Euroopas on vastavalt standardile EN 13986 klassifitseeritud formaldehüüdi emissioon[21]:

Tabel 3 Formaldehüüdi emissiooni klassid [21]

E1	Formaldehüüdi emissioon väiksem kui 0,5 mg/l
E2	Formaldehüüdi emissioon väiksem kui 1,5 mg/l

Liimi kantakse spoonilehtedele **liimimisliinidel**, mida on kolme erinevat tüüpi. Esimene ja kõige traditsioonilisem on rullikutega liimimisliin, kus spoon liigub rullide vahelt läbi ja liim kantakse peale kahele spooni küljele. Keskeltläbi on liimikulu sellisel tüübil 180-250 g/m². Rullikuid on kahte tüüpi, doseerimis rullik ning liimi peale kandmise rullik. Sellise liimimisliini eelistuseks on odavus ning see võtab vähe ruumi. [10]



Joonis 4 Rullikutega liimimisliin [10]

Teine liimimisliini tüüp on selline, kus liimi kantakse ühele spooni küljele. Spoon liigub liini peal „liimikardina“ alt läbi ja spoon kaetakse liimitriipudega. Selle liini puhul on eeliseks, et seadistusi ei ole vaja muuta, kui spooni paksus muutub. Antud liini tüübil on liimikulu väiksem, 125-170 g/m², samas seda tüüpi masinad on kallimad kui rullikutega masinad. Viimane enam levinud spooni liimise variant on, ekstruuderi meetod, kus samuti kantakse liimi vaid ühele poole spooni. Selline meetod sarnaneb väga eelmisele, liimi kulu on 140-170 g/m² kohta. Ekstruuderitega liimimisliin sobib hästi tehastesse kus liimi viskoossus suuresti varieerub. [10]

Kui vastavalt struktuurile on vajalik arv spoonilehti liimiga kaetud, ning need on üksteise peale laotud, siis liiguvad spoonipakid edasi **eelpressi**. See on vajalik, et suurendada liimi nakkumist spooniga ning et vältida liimi kuivamist enne kuumpressimist. Keskmise surve eelpressil on 1,0 MPa ning vineeriplaatide toorikute kihtide kõrgus võib olla kuni 1200 mm, kuna eelpressi avanemise kõrgus on ligikaudu 1500 mm. Selleks, et tagada plaadi korrektne liimuvus ning vajalikud tugevusomadused, ei tohi eelpressi ning kuumpressi vaheline aeg ületada 4 tundi. **Kuumpressis**, nagu ka nimi ütleb, on lisaks survele ka kõrge temperatuur, et termoreaktiivsed liimid saaksid puiduga reageerida. Pressi temperatuur jääb fenool-liime kasutades 125-170°C ning karbamiid-liimide puhul 100-125 °C vahemikku. Sõltuvalt puiduliigist seadistatakse pressi surve, kasevineerist plaatide puhul on see 1,5-2 MPa ja okaspuidust plaatidel 1,0-1,5 MPa. Pressimise aeg sõltub suuresti plaadi paksusest ning liimi tüübist. Näiteks fenool-liimi puhul on pressimise baas-aeg 2-3 minutit + 30 sekundit iga mm kohta plaadi paksuses. Peale pressimist plaadid kas ladustatakse või saadetakse kohe edasi järgmisesse etappi.[14][10][15]

Peale kuumpressi on vaja plaadi ebaühtlased servad maha ning plaat õigesse mõõtu saagida. Kui plaat läheb hiljem katmisesse, siis lõigatakse maha lihtsalt servad ja õigesse mõõtu saagimine toimub pärast pealistamist. Plaatide mõõdud on määratud tellija poolt, kuid tavaliselt lõigatakse enne plaadid standard mõõtu ning pärast tellija soovitud mõõtu. Modernsed **saagimisliinid** võimaldavad lõigata alates 4 mm paksust plaati ning on suutelised saagima 15-20 plaati minutis. Uued saagimisliinid on suudetud programmeerida väga täpseteks – täpsus on ca 0,3 mm/m, standardtolerants on 1 mm. [10]

Tabel 4 Vineeri standardsed mõõdud ja tolerantsid[10][22]

Vineeri standardsed mõõdud		Mõõtude märgistus
1200x2400/1220x2440/1250x2500 mm (ristisüüd)		Vineertahvli mõõdud on alati märgitud selliselt, et esimene arv näitab, millist pikkust mööda puidusüü jookseb. Nt 1200x2400 jookseb puidusüü mööda lühemat külge ehk ristisüüd, aga 2400x1200 jookseb puidusüü mööda pikemat külge ehk pikisüüd
1500x3000/1525x3050 mm		
2400x1200/2440x1220/2500x1250 mm (pikisüüd)		
Vineerplaatide tolerantsid		
Laiuses ja pikkuses	± 1mm/m (< 1000 mm)	
	± 2mm/m (1000-2000 mm)	
	± 3mm/m (> 2000 mm)	

Erinevate protsesside käigus võivad tekkida plaatidele kahjustused - praod, augud jms, ning need on vaja peale lõikamist ning enne pealistamist ära parandada. Olenevalt tehastest tehakse seda kas robotitega või käsitsi kasutades pahtlit. Masinaga **pahteldamisel** on pahtli kulu väiksem võrreldes manuaalselt parandamisega.[10]

Üks viimaseid liine mida vineeriplaat läbib on **lihvimisliin**, kus eemaldatakse ebatasasused, antakse välispinnale sile viimistlus ning õige paksus. Uute lihvimisliinide töövõimekus on ligikaudu 30 plaati minutis. Lihvimiseks kasutatakse ca 3000 mm laiusega liivapabereid ja lihvimine koosneb kolmest etapist kus on erineva karedusega paberid - alustatakse 60-se paberiga, järgneb 80-ne ja lõpuks 100-ne. Nagu ka saagimisliinil, saab lihvimisliinil lihvida alates 4mm paksusega plaate, ning lihvimis marginaal standardsel vineerplaadil on 0,2-0,4 mm mõlemalt küljelt. 100% täpset ettenähtud paksust alati saavutada ei ole võimalik ja seetõttu ongi määratud tolerantsid, kuhu vahemikku peab plaadi paksus jääma. [10][15]

Tabel 5 Vineeri nominaalpaksused ja tolerantsid vastavalt EN 315 [10]

Vineeri nominaalpaksused ja tolerantsid			
Plaadi nominaal- paksus	Plaadi paksuse tolerantsmõõdud		1,5 mm paksuste kasepuidust spoonilehtede arv plaadis
	mm	mm	
	min	max	
4	3,5	4,3	3
6,5	5,9	6,9	5
9	8,3	9,5	7
12	11,2	12,6	9
15	14,2	15,7	11
18	17,1	18,7	13
21	20	21,8	15
24	22,9	24,9	17
27	25,2	28,4	19
30	28,1	31,5	21
35	33,5	36,1	25
40	38,4	41,2	29
45	43,3	46,4	32
50	48,1	51,5	35

Edasi liigub lihvitud vineerplaat kvaliteediklassi määramiseks järgmisele liinile. Nagu ka mõnel eelmisel etapil, võib vineeri väliskihtide kvaliteediklassi määrata kas robotiga või teeb seda liini operaator. Automatiseeritud kontrolli teeb suure eraldusvõimega 3D kaamera, mis on suuteline tuvastama kõige väiksemaidki defekte. Defektideks loetakse oksakohti, lõhesid, liimimisvead, värvuse muutusi jne. Vineeri kvaliteeti tähistatakse eri piirkondades erinevalt, märgitakse nii rooma numbrita kui ka tähtedega. Vineeri kvaliteediklassi määratakse pindmiste kihtide järgi ning see oleneb okste arvust ja läbimõõdust ning nende iseloomust, liitekohtade kvaliteedist, värvuse varieerumisest ning tootmisvigade olemasolust. [10] Suures pildis võib jagada **kvaliteediklassid** järgmiselt: A(E), B(I), S(II), BB(III), WG(IV). Kus A-WG klass kirjeldab kasespooi pinnakihi vineeri omadusi ning E-IV okaspuidust vineeri omadusi. [23] Üldiselt need on üsna sarnased ja võib koos kirjeldada järgnevalt:

Tabel 6 Vineeri kvaliteediklassid[23]

Klass	Kirjeldus
A(E)	Vineerplaadil puuduvad nähtavad defektid ja muud kahjustused. Selles kategoorias on täiesti lubamatud mustad oksakohad ja nende väljalangemisel tekkinud augud.
B(I)	Vineerplaat on peaaegu ilma defektideta. Kuid lubatud on oksakohtade olemasolu (välja langevad, osaliselt kokku kasvanud, kokku kasvamata) või nõeloksad. Võivad olla väikesed tõugurikked läbimõõduga kuni 6 mm, koguses kuni 3 tk ühe ruutmeetri kohta.
C(II)	Vineerplaadil võivad esineda oksakohtade väljalangemisel tekkinud augud ja avaused. Tõugurikete arv ühes ruutmeetril võib olla kuni 6 tk, aga tervete kokku kasvanud okste arv (läbimõõt kuni 25 mm) – 10 tükki. Selles materjalis on lubatud vineerilehe tasapinna parandamine.
BB(III)	Vineerplaadil on lubatud oksakohtade väljalangemisel tekkinud augud ja avaused. Võib esineda tõugurikkeid läbimõõduga kuni 6 mm, koguses kuni 10 tk iga ruutmeetri kohta. Selles materjalis esineb piiramatus koguses terveid kokku kasvanud oksakohti.
WG(IV)	Vineerplaadil on lubatud kõikvõimalikud tootmisdefektid: oksakohad, nende väljalangemisel tekkinud augud, kuni 40 mm läbimõõduga tõugurikete arv on piiramatult

Vineeri liigitatakse ka kasutusala järgi, siis aga on vaja teada plaadi füüsikalise mehaanilise näitajaid. Plaadi tugevusomaduste kontrolli viiakse tehastes läbi kvaliteediinseneride ja laborantide poolt, näiteks tehakse mitu korda päevas paindetugevuse katsetusi.

Kui plaadid on kvaliteedi ja suuruste järgi ära jaotatud siis on käes viimane etapp ehk **pakkimine**. Pakkimine on tänapäeval enamus tehastes robotite töö. Robotid pakivad plaadid tihedalt plastikust kile sisse ning löövad peale ka klepsu, kus on kogu info plaatide, tellija, tootja jms sellise kohta. Vineer ladustatakse laos ja jääb ootama transpordi sihtkohta.[10]

1.3 Vineeride liigitus ja omadused

Vineere on võimalik liigitada väga erinevaid näitajaid aluseks võttes. Vastavalt Euroopa standardile EN 13986:2004+A1:2015 määratletakse vineerid järgnevalt[24]:

Tabel 7 Vineerplaatide määratlemine vastavalt standardile EN 13986:2004+A1:2015[24]

Tüüp	Konstruktsioonielemendina kasutatav vineer			Mittekonstruktsioonielemendina kasutatav vineer		
	Siseruumides kuivades tingimustes	Siseruumides niisketes tingimustes	Välis-tingimustes	Siseruumides kuivades tingimustes	Siseruumides niisketes tingimustes	Välis-tingimustes
Kasutus-koht ja tingimused						

Tingimused jaotuvad vastavalt standardile EN 13986+A1:2015 kolme kasutusklassi:

Siseruumides kuivades tingimustes kasutatav vineer ehk vineeri **kasutusklass 1** – vineer, mida tuleb kasutada tingimustes, mida iseloomustab materjali niiskussisaldus temperatuurile 20°C ja aastas vaid mõnel nädalal 65% ületavale ümbritseva õhu suhtelisele niiskusele. Selles kasutusklassis on vineeri tasakaaluline niiskussisaldus $\leq 12\%$. [24]

Siseruumides niisketes tingimustes kasutatav vineer ehk vineeri **kasutusklass 2** – vineer, mida tuleb kasutada tingimustes, mida iseloomustab materjali niiskussisaldus temperatuurile 20°C ja aastas vaid mõnel nädalal 85% ületavale ümbritseva õhu suhtelisele niiskusele. Selles kasutusklassis on vineeri tasakaaluline niiskussisaldus $\leq 18\%$. [24]

Välistingimustes kasutatav vineer ehk vineeri **kasutusklass 3** – vineer, mida tuleb kasutada kliimatingimustes, mis toovad kaasa suurema niiskussisalduse, kui see on klassis 2. Selles kasutusklassis on vineeri tasakaaluline niiskussisaldus $> 18\%$. [24]

Seda, kas vineer sobib konstruktsioonelementidesse või mitte, määravad vineeri tugevusomadused, mida suurel hulgal mõjutab spoonilehtede liimimiseks kasutatud liimi tüüp.

Euroopa standardis EN 13986+A1:2015 on öeldud, et: Tootja peab looma, dokumenteerima ja säilitama tootmisohje (FPC) süsteemi, et kindlustada turule lastud toodete vastavuse oluliste omaduste deklareeritud teostusega. FPC süsteem peab

sisaldama protseduure, regulaarseid kontrolle ja katsetusi, et tagada puitplaadi vajalik kvaliteet [24].

Vastavalt EN 13986+A1:2015 standardile hinnatakse vineeridel järgnevaid teostusomadusi: Paindetugevus, elastsusmoodul, tõmbetugevus, liimühenduse kvaliteet, niiskuskindlus, formaldehüüdi eraldumine, reageerimine tulele, veeauru läbilaskvus, õhuheli isolatsioon, helineelduvus, soojusjuhtivus, konstruktsiooniline tugevus ja jäikus, konstruktsiooniline löögikindlus, mehaaniline vastupidavus, bioloogiline vastupidavus, pentakloorfenooli sisaldus, kinnitustugevus ja õhuläbilaskvus [24].

Kõiki teostusomadusi ei hinnata igapäev ning katsetuste arv sõltub iga tehase enda tootmisohje süsteemist, kuid euroopa standardis EN 636:2012+A1:2015 on välja toodud vineeri omaduste minimaalsed katsetussagedused[25]:

Tabel 8 minimaalsed katsetussagedused igas ettevõttes vastavalt standardile 636:2012+A1:2015[25]

Omadus	Katsemeetod	Minimaalne katsetussagedus
Mõõtmete tolerantsid	EN 324-1 EN 324-2	Üks plaat 8 tunniga või töövahetusega
Paindeomadused -mitteehituslikud plaadid -ehituslikud plaadid	EN 310	Kaks plaati kuus olenemata koostest. Üks plaat toodetud 1000 plaadi kohta, kuid mitte enam kui üks töövahetuses
Tihedus -ehituslikud plaadid	EN 323	Üks plaat toodetud 1000 plaadi kohta, kuid mitte enam kui üks töövahetuses
Liimühenduse kvaliteet	EN 314-1	Kuivades, niisketes või välistingimustes kasutatavate plaatide puhul üks liimliite paar vastavalt iga 10 000, 5000 või 2000 toodetud liimliite paari kohta olenemata plaadi koostest, kuid mitte enam kui üks töövahetuses.
Formaldehüüdi emissioon	EN 717-2	Üks plaat nädalas

Vineeri, sõltumata selle koostamisteguritest, saab klassidesse liigitada süsteemi järgi, mis põhineb vineeri paindeomadustel. Selline liigituse süsteem on alternatiiviks standardiga EN 789 nõutud täiemahulistele katsetustele vineeri normväärtuste tuletamiseks. Klasse on kaks – vineeri paindetugevus ja vineeri paindeelastusmoodul. Neid määratakse ja arvutatakse vastavalt standardile EVS-EN 310:2002.

Tabel 9 Vineeri paindetugevuse ja paindeelastusmoduli klassid vastavalt standardile EVS-EN 310 [26]

Paindetugevus			Paindeelastusmoodul		
Klass		Alumine piirväärtus N/mm ²	Klass		Alumine piirväärtus N/mm ²
$f_{m,0}$ $f_{m,90}$	F 3	5	$E_{m,0}$ $E_{m,90}$	E 5	450
	F 5	8		E 10	900
	F 10	15		E 15	1350
	F 15	23		E 20	1800
	F 20	30		E 25	2250
	F 25	38		E 30	2700
	F 30	45		E 35	3150
	F 35	52		E 40	3600
	F 40	60		E 50	4500
	F 50	75		E 60	5400
	F 60	90		E 70	6300
	F 70	105		E 80	7200
	F 80	120		E 90	8100
			E 100	9000	
			E 120	10800	
			E 140	12600	

Katsekehade **paindetugevus** f_m (N/mm²) arvutatakse valemiga 1:

$$f_m = \frac{3F_{max}l_1}{2bt^2} \quad (1)$$

Kus F_{max} - maksimaalne koormus, N; l_1 - tugede tsentrite vahede kaugus, mm; b - katsekeha laius, mm; t - katsekeha paksus, mm [38].

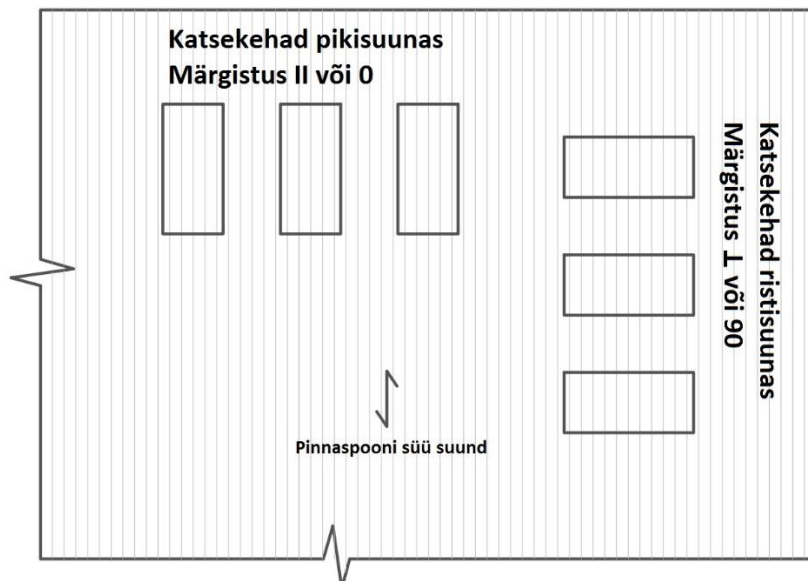
Katsekehade **elastsusmoodul** E_m (N/mm²)arvutatakse valemiga 2:

$$E_m = \frac{l_1^3(F_2 - F_1)}{4bt^3(a_2 - a_1)} \quad (2)$$

Kus $F_2 - F_1$ - koormuse juurdekasv koormuse-läbipainde kõvera sirgjoonelisel alal; $a_2 - a_1$ - läbipainde juurdekasv katsekeha keskkohas; l_1 - tugede tsentrite vahede kaugus, mm; b - katsekeha laius, mm; t - katsekeha paksus, mm [26].

Paindetugevus näitab materjali võimet vastu panna painutamisele. Elastsusmoodul aga näitab kui suur pinge tekib materjalis ühikulise suhtelise piknemise korral.

Vastavalt standardile EN 310:2002 lõigatakse katsekehade rühmad plaadi kahes erinevas suunas, st piki- ja ristisuunas. Mõlemas rühmas katsetatakse pooled katsekehad plaadi ülemise pinnaga ülalpool ja pooled katsekehad alumise pinnaga ülalpool [26].



Joonis 5 Katsekehade välja lõikamine vineerplaadist

Vineerile antakse tabeli 8 järgi neli klassi: Paindetugevus pikisuunas/ Paindetugevus laiuise suunas/ elastsusmoodul pikisuunas/ elastsusmoodul laiuise suunas.

Näiteks: $f_{m,0} = 45,6 \text{ N/mm}^2$, $f_{m,90} = 32,1 \text{ N/mm}^2$, $E_{m,0} = 11395 \text{ N/mm}^2$, $E_{m,90} = 6105 \text{ N/mm}^2$

Klassid väljendatakse: F 30/20 E 120/60

Sõltuvalt kasutatavast puiduliigist, ladumisskeemist ning spooni paksusest erinevad need väärtused üsna palju. Kasesvineeril on kõrgemad väärtused kui okaspuidust vineeril, ehk tugevusomadused on paremad. LISAS on välja toodud erinevate struktuuride ja paksustega (9, 21 ja 30mm) vineerplaadid ning nende paindetugevuse ja paindeelastusmooduli väärtused [8] – Lisa 1 tabel L1.1, L1.2, L1.3, L1.4, L1.5.

Üldjuhul on vineeritootjate poolt tehtud kättesaadavaks dokumendid - toimivusdeklaratsioonid, mis näitavad nende toodetud vineerplaadi teostusomaduste väärtuseid. Järgnevalt antakse ülevaade erinevate tootjate konstruktsiooni ja heliisolatsiooni vineeride omadustest ning nende kasutusalaadest.

2 KONSTRUKTSIOONI VINEERID

Tänu vineeri headele tugevus-ja jäikusomadustele on selle suurim kasutusvaldkond erinevad konstruktsioonid, mida võib jagada ligikaudu kaheks suuremaks sektoriks: Puitkonstruktsioonid ja betooni konstruktsioonid. Suur osa konstruktsioonides kasutatavatest vineeridest on pealistatud või immutatud spetsiaalsete vahenditega.[16]

2.1 Vineeri pealistamine

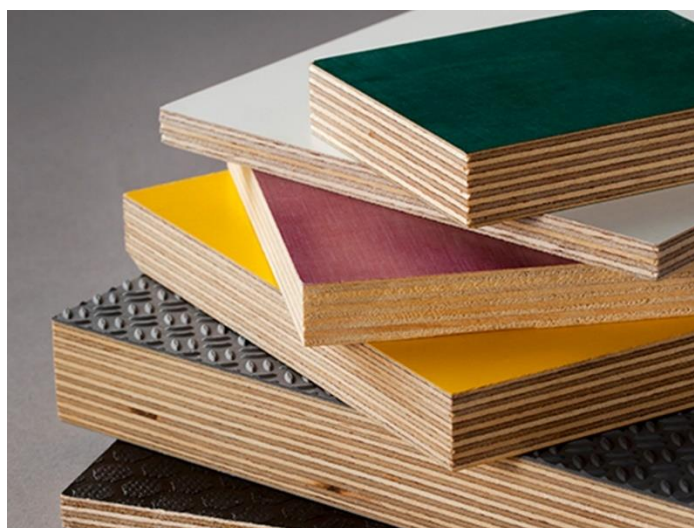
Konstruktsioonivineeridele on antud tihtipeale lisaväärtusi plaadi välispinna katmisega, ning seda tehakse paljude erinevate materjalide, kemikaalide ning tehnoloogiatega. Kõige laialdasemalt kasutatakse konstruktsioonides fenoolkilega kaetud vineeri, kuid pealistamiseks kasutatakse näiteks ka melamiinkile, kõrgsurvelaminaati, klaaskiudu, termoplaste, alumiiniumkatteid jne. Järjest enam on turule tulemas uuenduslikke tehnoloogiaid ja materjale, millega plaate katta saab. Plaadi katmine tagab plaadi parema vastupidavuse erinevates tingimustes. Antud peatükis tutvustatakse lähemalt klassikalist ehk fenooliga katmist ning uuenduslikku katmistehnoloogiat Trollon®-it.

2.1.1 Fenooliga kaetud vineer

Kõige levinumaks pealustusmaterjaliks on fenoolkile mis kujutab endas paberit, mis on immutatud fenoolvaiguga. Sellise materjaliga kaetud vineeri nimetatakse filmivineeriks ning kui lõikeservad on spetsiaalse puidukaitsevahendiga kaetud, on see vineer veekindel. Fenoolkilede paksused on sõltuvalt tüübist 80 g/m²-300 g/m³ ja kuigi kõige levinum värvus filmivineeril on pruun, siis on võimalik toota ka värvilise fenoolkihiga vineeri[22][10].

Fenoolkile pressitakse plaadi peale mitme-korrustelistes kuumpressides, kus temperatuur on 130-140 °C või 165-200 °C, olenevalt kas kasutatakse pikka tsüklit või lühikest tsüklit, ehk kas pressitakse 4-7 minutit või 30-90 sekundit.[10] Pressimisrõhk peab olema fenoolkihti plaadile pressides umbes 10% kõrgem, kui vineerplaati pressides. Samuti ei ole alati sellise plaadi pind sile, vaid pealiskihile pressitakse metallist võrkude ning rakiste abiga ka erinevaid mustreid[22]. Võrreldes pealistamata vineeriga on filmivineer:

- Kulumiskindlam
- Ilmastikukindlam
- Pragunemiskindla pealispinnaga
- Vastupidavam sagedamini kasutatavatele kemikaalidele
- Hügieeniline ja kergesti puhastatav
- Hea vastupidavus nii kõrgetele kui madalatele temperatuuridele



Joonis 6 Fenoolkihiga kaetud vineer e. Filmivineer

Tänu heale libisemis- ja kulumiskindlusele leiab Fenooliga kaetud vineer kasutust betooni valamise rakistena, konstruktsioonimaterjalina ehituses, veokite haagiste, trailerite põhjades ja külgedel, samuti vagunites jne[10].

Tabel 10 Fenoolkilede klassifikatsioon[10]

Paberi kaal g/m²	Kogu kaal g/m² (koos immutusega)	Kasutus	Levinumad värvid
23-30	55-75	Liimimine	Helepruun
40-45	120-135	Puitraketised betoonitöödeks, muustriline plaat	Helepruun, must, roheline, punane
60	150	Puitraketised betoonitöödeks, muustriline plaat, konstruktsioonid	Kollane, pruun
80	220	Betoonitööd, erinevad mustrid- tekstruurid	Pruun, must
150	215	Värvi põhjaks	Helepruun
150	300	Aluskihiks teisele materjalile	Helepruun

2.1.2 Trollon tehnoloogia

Käib pidev arendustöö leidmaks tehnoloogiaid mis suudaks konkureerida hetkel laialt levinud puitplaatide katmismeetoditega. Üheks uusimaks pealustusmaterjaliks on Norra ettevõtte Dynea arendatud Trollon[®], ning selle tehnoloogiaga kaetud vineeri põhiline

suunitlus on samuti erinevad konstruktsioonid. See on innovaatiline alternatiiv puitplaadi katmisele fenool-või melamiinpaberiga, värvi ja teiste kemikaalidega. Trollon'i tehnoloogiat iseloomustab:

- Plaat jääb peale katmist kulumis, libisemis- ja kriimustuskindel
- Vee- ja kemikaalikindel koostis
- Sobilik kõikidele puit-polümeerkomposiitmaterjalidele
- Lihtne plaadi peale kanda
- Palju erinevaid pinnakihi valikuid – värviline või värvitu, läbipaistmatu või läbipaistev, läikiv või matt, sile või mustriaga.

Antud pinnakatmise vahend koosneb kahest komponendist – aktivaatorist, mis on pasta kujul ja tugiainest ehk polümeerpulbrist. Tugiaine tagab kile moodustumise plaadi pinnale ning aktivaator annab värvi ning teised funktsionaalsed omadused. Trolloni tehnoloogia eelis fenoolpaberi ees on see, et sellega saab katta lisaks tavalisele puitplaadile ka painutatud plaate, sh paindevineeri.



Joonis 7 Trollon tehnoloogia etapid

Trollon'i väljatööteldud tehnoloogia eelis on veel see, et see ei nõua eraldi pealistsiini ja eraldi pressi. Vahendi peale kandmiseks saab kasutada sama siini, mida kasutatakse näiteks liimi peale kandmiseks ning pressida võib sama pressiga, mida

kasutati spoonilehtede kokku pressimiseks. Trollon'i tehnoloogia võimaldab jätta vahele plaadi lihvimisetapi, kuna Trollon'i vedel pinnakatmise segu ei vaja ideaalselt siledat plaadi pinda, nagu seda vajab paberpealistus. Seega on sellise pinnakattega plaadi tootmine on säästlikum, kuna kokku hoitakse nii masinate kui ka aja pealt.

Enne plaadi peale kandmist, tuleb segu segada 10-15 minutit, keskel läbi on aktivaatori ja tugiaine doseerimise vahekord 60/40 ja viskoossuse reguleerimiseks võidakse lisada ka segule vett. Keskmiselt kulub Trollon'i segu 120-140 g/m² ning pressimise aeg on 180-240 sekundit. Pressi temperatuur mis on vajalik segu kinnitumiseks plaadile on 95-110 °C, ning rõhk varieerub 0,8-2,0 N/mm² vahel.



Joonis 8 Trollon'i tehnoloogiaga kaetud vineer

2.2 Puitkonstruktsioonid

Puitkonstruktsioonid jagunevad omakorda mitmeteks alamkateooriaks, on nii sise-, kui ka välikonstruktsioonid, kus kasutatakse erinevate omadustega vineerplaate. Puitkonstruktsioonide alla võib liigitada hoonete siseseinad, põrnad, laed, lisaks ka välisseinad, erinevad tugikarkassid jne.

2.2.1 Konstruktsioonivineer sisetingimustes

Vineerplaatidel, mida kasutatakse hoonete siseruumides, eesmärgiga pakkuda silmailu ning hubasust, ei pea omama parimaid füüsikalisi-mehhaanilisi tugevusomadusi. Seetõttu kasutataksegi sisepindade katmiseks rohkem okaspuidust vineeri. Esiteks kuna see on taskukohasema hinnaga kui teised vineeritüübid, see on kergema kaaluga ning okaspuidust vineeril on tugevam puidu tekstuur. Okaspuidust vineerplaate on tänu selle

väiksemale tihedusele kergem töödelda – puurida, kinnitada [29]. Vineerplaatidega sein, lae või põranda katmine on hea alternatiiv täispuidule. Samamoodi võib seinu katta ka kase ja kombineeritud vineeriga, ei ole kriteeriume mis ütleksid, et millisest puidust vineerplaati peab sisetöodes kasutama. Vineerplaate saab töödelda enda soovidele vastavalt - värvida, peitsida, lakkida või teise võimalusena kasutada juba pealistatud vineeri. Pealistatud vineerplaatidega kaetakse näiteks lavad, spordisaalide ja farmide põrandad ning seinad. Kui vineerplaati kasutatakse vannitoas ja muudes niiskemates ruumides, peaks vineer kuuluma kasutusklassi 2, kui vineerplaat läheb kuivadesse tingimustesse siis sobib kasutusklass 1. [10][8]

Olenevalt hoonest, näiteks avalikus hoonetes – hotellides, ostukeskustes jms, võib olla vajalik kasutada tulekindlat vineeri, mis on tavaline vineerplaat, kuid selle välispind on immutatud tulekaitse vahendiga. Ehitusmaterjalidel on määratud tuletundlikkus klassid. Tuletundlikkus on materjali omadus tulega kokku puutudes süttida, levitada tuld, eraldada soojust, suitsu, mürgiseid gaase ja põlevaid tilku/osakesi. [27]

Tabel 11 Ehitusmaterjalide tuletundlikkus klassid [27]

Tuletundlikkus klassid		Täiendav klassifikatsioon, suitsu teke:	
A1	Ei ole tuletundlik	s1	suitsu moodustumine on eriti vähene
A2	Eraldub eriti vähesel määral suitsu	s2	suitsu moodustumine on vähene
B	Süttiv, eraldub eriti vähesel määral suitsu	s3	Ei täida s1 ega s2 nõudeid
C	Eraldub vähesel määral suitsu ja tekivad kiiresti kustuvad põlevad tilgad või tükid	Täiendav klassifikatsioon, põlevate tilkade/osakeste eraldumine	
D	On tuletundlik, võib tulekahjus osaleda	d0	Põlevaid tilku või tükke ei esine
E	Osavõtt tulekahjust on tavapärane	d1	Põlevaid tilgad või tükid kustuvad kiiresti
F	Kergesti süttiv või määramata	d2	Ei täida d1 ega d2 nõudeid

Vineeri kõrgeim võimalik tulekindlusklass on B, mille täidavad tulekaitsevahendiga immutatud plaadid. Tulekaitsevahendita vineerplaadid kuuluvad enamasti klassi D.

2.2.2 Konstruktsioonivineer välitingimustes

Vineeri kasutatakse välitingimustes nähtavatel pindadel juhul, kui on oluline on materjali vastupidavus, mitte niivõrd välimus. Fenoolkate ja ka muud katevahendid veekindla vineeri peal võivad ajaga tuhmuda ning kaotada oma välimuse, samas tugevus ja vastupidavus säilib [28]. Veekindlaid pealistatud vineere kasutatakse

spordiväljakute, mänguväljakute, põllumajandushoonete jms ehitamisel, kus ajaga tuhmuv välimus ei oma tähtsust ja ei sega selle kasutamist

Hooned ehitatakse tihti peale kas teras- või puitkarkassidele, sh vineerist karkassidele. Eri-vineeride lai valik pakub võimalusi ehitamiseks nii kandvaid, kui mitte kandvaid konstruktsioone. Enamasti on vaja karkasside ehitamiseks lisaks tavaplaatidele ka tule- ja helipidavaid plaate, vineeril on kõik need võimalused olemas. [29][30]

Vineer on ka osa transpordivahendite ehitusel, näiteks kaubikud, veoauto kärud, väikekärud, hobuse treilerid ja muud. Selliste vahendite ehitamisel kasutatakse kasevineeri, keskmise paksusega 30 mm. Sõltuvalt kasutuskohast ning nõuetest, kui palju raskust vineerplaat peab taluma, kasutatakse kas tava- või eristruktuuriga vineeri. Enamus ajast on transpordivahendite põrandad kaetud 220 g/m² fenoolpaberiga ning sisse on pressitud ka muster, et tagada libesemisvastane ja parema kulumiskindlusega pind. Hobuse treilerite puhul kaetakse ka seinad vineeriga, kuid seal on pinnaviimistluseks UV-kindel termoplast, mille eeliseks on lisaks lihtsale puhastamisele, tugevusele ka visuaalne väljanägemine – valikus on palju erinevaid värve. Hobuste treilerite puhul on eriti oluline tagada tagaluugi tugevus, sest seda kasutatakse hobuste peale laadimisel, ning kuna hobused käituvad stressiolukorras erinevalt, siis võivad nad tagaseina kapjadega transportimise jooksul peksta, seega kasutatakse selle puhul eriliselt tugevat eristruktuutiga kasevineeri. [10][29][31]

Vineer kui materjal sõidab ka mööda vett, ehk siis vineerplaadid on kasutusel ka laevades ja LNG(veeldatud maagaasi) tankerites. LNG tankerites sobib kasutamiseks katmata kasevineer, sest selle omadused, sh reageerimine temperatuurile, koos teiste isolatsioonimaterjalidega sobivad hästi hoidmaks vajalikku temperatuuri maagaasi transportimisel mis on -163 °C. Keskmise vineerimaterjali kulu LNG tankerite ehitamiseks on 3000-4000 m³. Tavalistes laevades kasutatakse ilmastikukindlaid pealistatud vineerplaate ka laevatekkide katmiseks.[10][29]

2.3 Vineerkonstruktsioonid betoonitöödeks

Kvaliteetse betooni pinna saamist mõjutab oluliselt raketise pinnamaterjali valik. Sobivate raketispindade variantide seast tuleb teha valik eelkõige betoon pinna kvaliteedinõudeid arvestades. Puitplaatidest raketised on kõige traditsioonilisem, puit hoiab valu ajal paremini niiskust kui plastik ja pind jääb ühtlasem. Puitplaatidest enim kasutatakse vineeri. Vineer raketise kilbis on korduvalt kasutatav, mis annab nii rahalise

kui ka keskkonnahoidliku eelise. Uue vineeriga saab kvaliteetsema pinna, mida rohkem kasutatud, seda rohkem langeb kvaliteet. Raketisetootjatel, nagu näiteks on PERI, on ettenähtud normid, milline vineer ei ole enam kasutamiseks kõlbulik. Vineer eeliseks on veel see, et peale kasutamist on see kergesti puhastatav.



Joonis 9 Vineeri kasutamine betoonvalutöodes

2.3.1 Vineerplaatide omadused betoonitöodes

Kui betoonpinna kvaliteet ei ole oluline, siis kasutatakse kõige odavamad varianti – ilma pealustusega vineeri, aga kui betoonpinna kvaliteet on oluline, siis kasutatakse filmivineeri. Filmivineer annab tulemuseks ilusa ja sileda betoonpinna, samas kui kliendil on näiteks erisooovid, saab muustrilist filmivineeri kasutades betoonpinnale sama mustri[32].

Kõige eelistatum on kasevineer, sest sellel on parimad tugevusomadused, samal ajal kui okaspuidust vineer on pehme ja puumuster võib betoonile jääda. Samas on kohti, kus kasutatakse kolmekihilist okaspuidust vineeri, näiteks mõnikord lae valude puhul. Siin on oksaspuidu eeliseks kergus, sest kui laeraketist peab käsitsi lahti võtma, siis on kaal oluline. Vineerplaadi paksus üleüldiselt oleneb sellest, kui tihedalt toetus tehakse. Laeraketise puhul on optimaalsed paksused 18mm ja 21mm. Seinaraketise puhul oleneb otstarbest, kergraketise, mis on käsitsi paigaldatav raketis, puhul on vineeri paksus tavaliselt 12-15mm ja raskete raketise puhul, mida paigaldatakse kraanadega, on levinumad vineerplaatide paksused 18 ja 21 mm. Vineeriplaadi suurused, olenevad

samuti paigalduse viisist ning objekti enda suurusest. Mida suurem on plaat, seda vähem tekib betooni pinnale vineertahvlite jätkukohti. Vormivineeri tüübid, valupinna tulemus ja kasutuskorrad on välja toodud järgnevas tabelis:

Tabel 12 Raketisvineeri keskmised kasutuskorrad ja valutulemus[33]

Vormivineeri tüüp	Valupinna tulemus	Kasutuskorrad
Pealistamata		
Kesepinnaga vineer	Väga hea, valupoorideta	Hea tulemus 1...2 korda/pool Rahuldav tulemus 2...3 korda/pool
Kuusevineer	Rahuldav, kihi süübilt betoonil nähtav ja oksakohtade vaik võib värvida betooni.	2...3 korda/pool
Pealistatud		
Kuusevineer, filmipind	Rahuldav, kihi süübilt betoonil näha, betooni pinnal väiksed valupoorid	10 valukorda
Kombineeritud vineer, filmipind	Hea, sile pind, millel on väiksed valupoorid	15...40 valukorda sõltuvalt liigist (Twin→Combi)
Kasevineer, filmipind	Hea sile pind, millel on väiksed valupoorid	60...100 valukorda sõltuvalt struktuurist
Võrkpinnaline filmivineer	Hea kare mattpind, millel ei erista väikest poorsust	10...20 valukorda

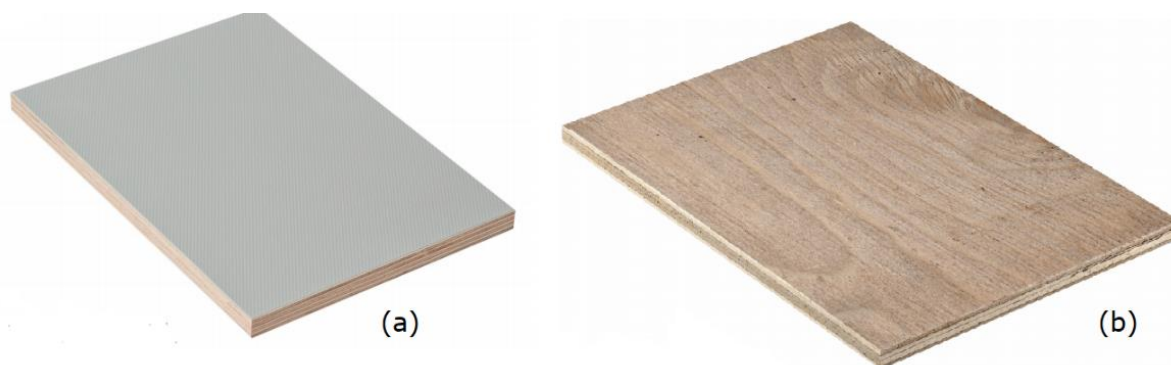
Vineer on vaja kindlasti enne kasutamist vaja ära õlitada, et seda oleks pärast lihtsam betoonist puhastada. Need on spetsiaalsed raketiõlid, mida kantakse tööplatsil vineeride peale õlipritsidega enne valama asumist. Kui vineer on pealistamata, siis on õlil veel suurem roll, nimelt pealistamata ja õlitamata puit imab betoonist nii suurel hulgal vett, et tsemendi hüdratsioon betooni pindmises kihis võib peatuda. Selle tulemuseks on betooni pinna tolmamine ja pinnakihi koorumine[33].

2.4 Erinevate tootjate konstruktsioonivineerid

Konstruktsioonivineerid algavad klassikalisest okaspuidust vineerplaatidest ja lõpevad eriviimistluse ja -struktuuridega eksootilistest puiduliikidest vineerplaatidega. Antud töös tuuakse välja mõned vineerplaadid erinevatelt tootjatelt, millega konstruktsioonivineere ja nende omadusi paremini ilmestada. Kui võtta ainuüksi Soome, ning nende 3 suurimat vineeritootjat – MetsäWood, UPM ja Koskisen siis nende kolme tooteportfellis kokku on juba ligikaudu 80 erinevat vineerplaadi tüüpi, millel kõigil on oma otstarve ja eriomadused.

2.4.1 MetsäWood

MetsäWood on Soome firma, mis kuulub Metsä Group-i alla ja see on tegutsenud juba üle 80 aasta. MetsäWoodil on üle 20 erineva vineerplaadi tüüpi, mille seast leiab palju eri-vineere, järgnevalt on uuritud kahte:



Joonis 10 MetsäWoodi tooted Tuff MD(a) ja MouldGuard(b)[29]

MetsäWood Tuff MD (joonisel 13 (a)) on kasepuidust vineerplaat mis on kaetud kõrgkvaliteedilise termoplastikuga, mille peakomponent on polüpropüleen. Pinnakate on halli värvi peenikese *mini-diamond(MD)* mustriaga. Termoplastist pinnakate annab kasest vineerplaadile elastsuse, seega ei teki plaadi pinnale pragusid ning on väga hea kulumiskindlusega, samuti on plaat libisemiskindel. Lisaks on pinnakate niiskuse ja UV-kindel, seda on lihtne puhastada. Küll aga võivad kangemad kemikaalid muuta plaadi visuaalseid omadusi. Pinnakate on tervise seisukohast turvaline ja keskkonnasõbralik, see ei sisalda kloori, halogeene, plastifikaatorit, formaldehüüde ja raskemetalli. Vineerplaadi ääred on kaetud niiskuskindla, läbipaistva puidukaitsevahendiga. Plaati on lihtne vastavalt oma soovidele mõõtu lõigata, eriline pinnakate seda ei takista, plaadi tavamõõdud on: 1500/1525 mm x 2500/3000/3050/3660 mm. MetsäWood Tuff MD plaati toodetakse paksustes 12-30 mm, mass jääb 8,6-20,8 kg/m² vahele, Formaldehüüdi emissiooniklass on E1. Tugevusomadused on identsed MetsäWoodi tavalise kasevineeri tugevusomadustega, sõltuvalt paksusest jääb paindetugevus vastavalt piki- ja ristikiudu klassidesse F20-F40 (36,8-65,9 N/mm²) ja F5-F20 (10,6-34,8 N/mm²). Paindeelastusmoodul on pikikiudu klassides E100-E140 (9198-16471 N/mm²) ning ristikiudu klassides E10-E90 (1029-8302 N/mm²). Kasutusvaldkond sellel plaadil nii transporditööstuses kui ka tavaehituses. Tuff MD on välja töötatud kasutamiseks kergemate treilerite ja kaubikute konstruktsioonides. Samuti tööstuslikes ruumides, kaubanduses, köökides ja sanitaarruumides põrandakatteks. Tuff MD-d on sobilik kasutamiseks ka ehitusplatsidel platvormidena ning mänguväljakute valmistamisel.[29]

Metsäwood Spuce MouldGuard (joonisel 13(b)) on paksudest(3mm) okaspuidu spoonilehtedest kokku liimitud, laia kasutusvaldkonnaga vineerplaat, mis on immutatud spetsiaalse vahendiga, et vähendada hallituse tekkimist puitplaadile. Puiduimmutusvahend mis tagab kaitse, on töödeldud biotsiididega, mille koostisosade hulka kuulub propikonasool ja 3-jodo-2-propünüülbutüül-karbamaat. Võrreldes katmata plaadiga on MouldGuard plaat 4 kuni 5 korda parema kaitsevõimega hallituse ja sinavuse vastu. Antud plaat on mõeldud kasutamiseks kohtades, kus õhu relatiivne niiskus võib ületada 75%. Tänu okaspuidust struktuurile on antud plaat kergekaaluline, samas tugev ja jäik. Tänu sellele, et plaat on juba immutatud ning seda on saadaval nii sirgete äärtega kui ka punn-soon ühendusega, säästab see aega konstruktsioontööl. [29]

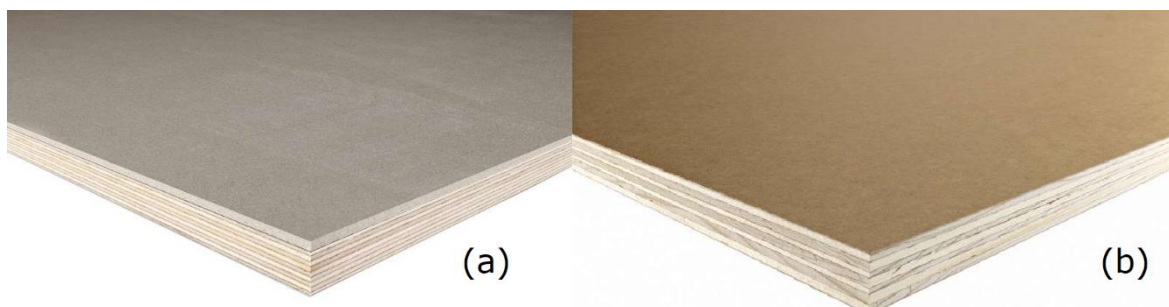


Joonis 11 Punn-soon ühendus vineerplaadil[29]

MouldGuard vineerplaat on helepruuni tooniga, ning vastavalt vajadusele on pealispind kas lihvitud või lihvimata. Selle plaadi välispoonid kuuluvad kvaliteedilassi II ja III. Kliendil on võimalik vastavalt soovidele plaati värvid, lakkida jne. MouldGuard vineerplaat on saadaval suurustes: 2400/2440/2500 mm x 1200/1220/1250 mm või 2400/2440 mm x 600/610 mm. Seda toodet on võimalik saada paksusega 9-30 mm, mass jääb 4,1-13,8 kg/m² vahele, mis on võrreldes eelneva tootega pea poole kergemas klassis. Formaldehüüdi emissiooniklass on sellel tootel samuti E1, kusjuures nii on see kõikidel MetsäWoodi vineerplaatidel. Tugevusomadused on sellel plaadil identsed MetsäWoodi okaspuidust vineeri tugevusomadustega, sõltuvalt paksusest jääb paindetugevus vastavalt piki- ja ristikiudu klassidesse F10-F15 (19,4-23,8 N/mm²) ja F3-F5 (2,7-13,2 N/mm²). Paindeelastusmooduli väärtused jäävad pikikiudu klassidesse E70-E100 (7776-10437 N/mm²) ning ristikiudu E5-E40 (356-4224 N/mm²). Seda plaati saab kasutada samadel tingimustel ja kohtades, kus kasutatakse tavalist okaspuidust vineeri, kuid tuleb vältida otsest kontakti vihma ja UV-kiirgusega. Kasutuskohtadeks on näiteks: Katuse-, põranda- ja seina tugikonstruktsioonid, põllumajanduslikud hooned. Ehitised kus ei ole pidevat kütmist ja õhuniiskus on kõrge – garaažid, laohooned jms.[29]

2.4.2 UPM

UPM on samuti Soome puidufirma, millel on väga palju erinevaid tegutsemisvaldkondi, üks neist on vineeri tootmine. UPM-il on üle 30 erineva vineerplaadi tüübi, omaduste uurimiseks valiti kaks plaati:



Joonis 12 UPM tooted - WISA-Form Elephant(a) ja WISA-Paintply(b)[13]

WISA -Form Elephant (joonisel 15 (a)) on eristruktuuriga kasevineerplaat mis on spetsiaalselt mõeldud ainult betoonvalutöödeks. Antud eri-vineeri pind on kaetud plastkomposiidiga, mis tagab perfektselt sileda pinna, sellist plaati vajatakse betooni valamisel, kui pinna kvaliteediklassi nõue on kõrge. Seda plaati saab väga palju kordi uuesti kasutada. Sellel plaadil on üks külj kaetud 1,6 mm paksuse helehalli spetsiaalse puit-polümeerkomposiit seguga ja tavaliselt on vastas küljel pruun fenoolkiht, niiskuse takistamiseks. Samas on võimalik ka tellida plaati, kus mõlemal pool helehall erimaterjalist pealistus. Selle plaadi ääred on kaitstud veekindla puiduimmutus vahendiga. Selle plaadi maksimaalsed mõõdud on: 1525 x 3660 mm. WISA -Form Elephant plaadil on kaks paksust, need on betoonitööstuses kõige enam kasutatud paksused -18 mm ja 21mm ja plaatide kaal on vastavalt 13,7 kg/m² ja 15,6 kg/m². Formaldehüüdi emissiooniklass on E1. Tugevusklassid nii 18 mm, kui ka 21 mm on järgnevad: paindetugevus pikikiudu on klassis F15 (27,4 ja 26,1 N/mm²) ja ristikiudu on klassis F30 (49,4 ja 49,7 N/mm²) Paindeelastusmoodul on pikikiudu klassis E70 (6838 ja 6522 N/mm²) ning ristikiudu klassides E100-E120 (10662-10978 N/mm²). Tüüpiline uuesti kasutamise arv sellel plaadil on üle 100 korra. Kuid see sõltub väga palju erinevatest faktoritest, eelkõige kliendi enda kasutamise- ja hoiustamistingimustest ning sellest mis nõuded on betoonist pinnale. [13]

WISA-Paintply (joonisel 15(b)) on kergekaaluline okaspuidust vineerplaat, mis on kaetud fenooliga immutatud paberkihiga. Pealispind on sile ja mitte-pragunev, mis teeb sellest heade omadustega puitplaadi, mida värvi ja muude viimistlusvahenditega katta. Kruntvärvile lisaks kaks kihti värvi on piisav, et tagada hästi kaetud pind. Eriline pealistuskiht koos okaspuidu kergusega teeb sellest mitmekülgse ning rahakotisõbraliku konstruktsiooni plaadi, mida saab kasutada nii sees kui ka väljas. Standardised Paintply plaadi mõõdud on: 2400/2440/2500 mm x 1200/1220/1250 mm ja 1250 mm x 2500 mm. Paksused sellel tootel on 12/14/18/21/21/27/30 mm, mass 6 -15 kg/m². Formaldehüüdi emissiooniklass E1. Tugevusklassid sõltuvalt paksusest, on: Paindetugevus pikikiudu F10-F15 (18,7-23 N/mm²) ja ristikiudu F5 (11,2-14,3 N/mm²). Paindeelastusmoodul pikikiudu E80-E100 (7479-9123 N/mm²) ning ristikiudu E30-E50 (2799-4521 N/mm²). Selle plaadi kasutusvaldkonnad on liiklusmärgid, reklaamtahvlid, ehitiste siseseinad, tuulekastid jne. [13]

3 HELIISOLATSIOONI VINEERID

Sõltuvalt kasutusotstarbest, võib olla konstruktsioonidel vajalik heliisolatsiooni ja vibratsiooni summutamine. Kui räägitakse helist ja puitplaatidest, siis on kaks põhilist terminit, mida kasutatakse – heliisolatsioon ja heli neeldumine. Heliisolatsioon kirjeldab, kui oluliselt müra väheneb, kui ta konstruktsiooni läbib. Heli neeldumine tähendab, et kui otsene heli jõuab materjalini, siis see tagasi ei peegeldu, ehk et materjalid on disainitud nii, et nad neelaks heli. Väärtused, mida hinnatakse vineerplaadi puhul seonduvalt heliga on õhuhelitakistus R (dB), ning helineeldumistegur α (Hz). Õhuheli isolatsiooni tuleb määrata vaid rakendustes, kus kehtivad helikaitse nõuded. Helineelduvustegurit tuleb määrata vaid juhul, kui plaati kasutatakse helineelava materjalina. Ehitiste elementide heliisolatsiooni määratakse vastavalt standardile EN ISO 140-3 ning helineelduvustegurit EN ISO 354 järgi. [34] [35] [36]

Mõõtmistulemuste võrdlemise lihtsustamiseks on määratletud õhumüra isolatsiooni indeks R_w , mille abil saab materjalid ühe näitaja alusel paremusjärjekorda seada. See on kahe toa või muu ruumi vahelist õhumüra isolatsiooni kajastav näitaja, kui tegemist on isoleeriva konstruktsiooni mõõtmisega laboratooriumis [34]. Õhumüra isolatsiooni indeks arvutatakse valemiga 3:

$$R = L1 - L2 + 10 \log\left(\frac{S}{A}\right) \quad (3)$$

Kus R – helitakistus, $L1$ - helirõhk saateruumis, $L2$ - helirõhk vastuvõturuumis
 S - konstruktsiooni ala, A - vastuvõturuumi helineeldumispind. [34]

Õhumüra isolatsioonivõime on kõikide konstruktsioonide ja plaatide puhul sagedusest sõltuv suurus. Heliisolatsioonivõime mõõtmisel kasutatakse sagedusala 100-3150 Hz. Mõõtmistulemused esitatakse tabeli ja graafikuna, kuhu vastavalt teatud reeglitele paigutatakse võrdlusgraafik ja õhumüra isolatsiooni indeksi suuruseks loetakse võrdlusgraafiku arvuline väärtus sagedusel 500 Hz. Õhumüra isolatsiooni indeks R_w on määratletud standardis ISO 717. Mida kõrgem on R seda efektiivsem on isolatsioonimaterjal. [34]

Igapäevaselt meie ümber olevatel materjalidel on väga erinev õhumüra isolatsioonivõime. Näiteks õhukese klaasi R_w on umbes 20-25 dB, kergel betoonplaadil 40 db, tellistest laotud kahekordsel seinal aga 60-75 dB. Tavalisel, 15 mm paksusega kasevineeril on see umbes 26 dB. [37]

Vineerplaadi heliisolatsioonivõime tõstmiseks, toodetakse eri-vineere, kus spoonikihtide vahel on ka heli neelava materjali kiht. Üheks levinumaks materjaliks, mida vineerplaadi

keskel isolatsioonikihina kasutatakse on korgist leht – see on valmistatud purustatud ja kokku aurutatud korgipuu koorest. Kork on väga hea heli summutav materjal – 3 mm kiht korki suudab blokeerida kuni 10 dB müra. Samuti kasutatakse kummi, erinevaid polümeere ja nende kolme segusid. [38]

Üks põhiline sektor kus kasutatakse heliisolatsiooni omadustega vineere on transporditööstus. Nagu eelnevalt mainitud, on vineeril lisaks väga headele tugevusomadustele, ka kerge mass, mis on just oluline transpordivahendite, näiteks busside, rongide, treilerite, kaubakärude jms tootmisel, kuna kergem mass tähendab väiksemat kütusekulu ja seega ka keskkonna säästlikumat masinat, kuna CO₂ emissioon on väiksem [29]. Heliisolatsiooni vineere kasutatakse ka hoonete konstruktsioonides, aga seal tihtipeale aitavad müra summutada ka teised isolatsioonimaterjalid, näiteks mineraal- või puitvill.

3.1 Heliisolatsiooni vineerid transporditööstuses

Vineeril üleüldse on transporditööstuses väga suur roll, seda kasutatakse rekkate, rongide, busside, treilerite, laevade ehituseks. Heliisolatsioonivineerid on vajalikud enim reisijateveeteenuseid pakkuvates masinates – bussides, trollides, trammides, metroodes, rongides ja ka laevades. Nendes transpordivahendites on oluline ohutus ja salongi hea heliisolatsioon, ning vibratsiooni vähendamine. On teada, et teeliiklus põhjustab ligi 90% müra. Müra on ebameeldiv, häiriv või muul viisil inimese tervist ja heaolu kahjustav heli. Müra häirib ja raskendab töötamist, puhkamist, magamist, infovahetust jne. Heliisolatsiooni vineeri abil on võimalik saavutada märkimisväärne heliisolatsioon transpordivahendite konstruktsioonides ja mootoriruumide ümbruses. Transporditööstuses võiks vineer olla lisaks heliisolatsiooni omadustele ka tulekindel, see vähendab mootorite ülekuumenemisest tulenevat tuleohtu. Reisijateveeteenuseid pakkuvates masinates on vineer ainult üks põranda ja seinaga komponentidest, konstruktsioonide puhul on oluline tagada, et muid materjale, näiteks tekstiili, on võimalik liimida plaadi külge.

3.2 Erinevate tootjate heliisolatsiooni vineerid

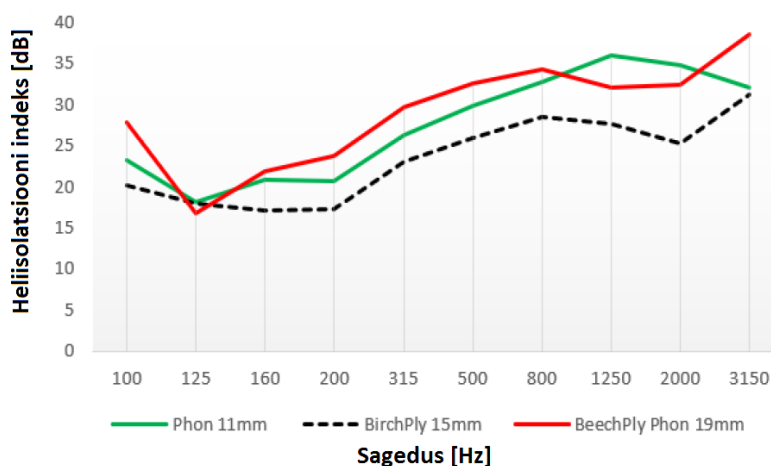
3.2.1 Paged

Paged on Poola ettevõtte, kes toodab vineerplaate juba üle 80 aasta. Neil on ligikaudu 30 erinevat vineerplaati, ning üks neist on ka heliisolatsiooni vineer tootenimega **Paged Phon**. Antud vineerplaat on kombineeritud lehtpuu vineerist ja eriotstarbelisest kummilehest, et parandada transpordivahendites isolatsioonivõimet mürale ja vibratsioonile. Peamised rakendusala on: Busside põrandad ja seinad, rongide, trammide, trollide ja metroode ehitus, samuti ka laevatööstus. Lisaks heliisolatsiooni omadustele on sellel vineerplaadil hea kulumiskindlus ning vastupidavus.[39]



Joonis 13 Paged Phon vineerplaat[39]

Paged Phon'il on kolm standartset paksust 11,15,19 mm ja plaadi mõõtu 1200x2400 mm, 1250x2500 mm ning 1500x2500 mm. Tihedus antud plaadil on 950-1050 kg/m³, formaldehüüdi emissiooni klass E1. Õhumüra isolatsiooni indeks on sõltuvalt paksusest 32-33 dB. Paged Phoni vineerplaadi heliisolatsiooni kohta on tehtud tabel ja graafik, kus esitletakse mõõtmistulemusi, võrdluseks on sisse toodud kasevineerist 15 mm plaat:

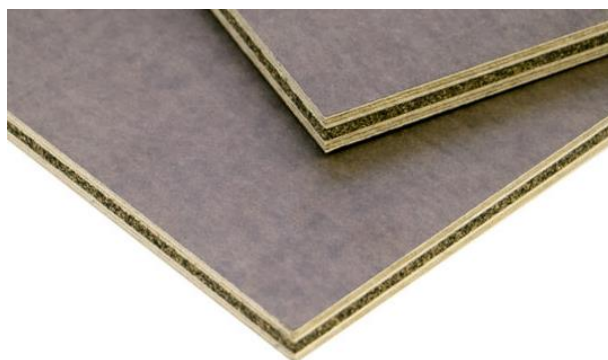


Toode	Heliisolatsiooni indeks R
Paged Phon 11mm	32 dB
Paged BirchPly 15mm	27 dB
Paged BeechPly Phon 19mm	33 dB

Joonis 14 Paged Phon heliisolatsiooni indeksid[39]

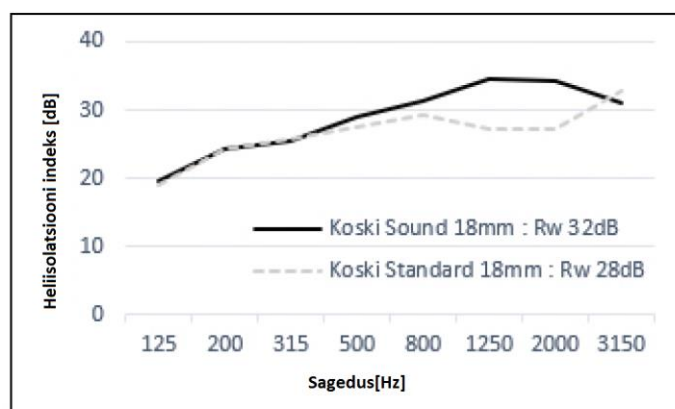
3.2.2 Koskisen

Koskisen on Soome vineeritootja, kes on puitmaterjale tootnud üle sajandi. Ka neil on tooteportfellis ligikaudu 30 erinevat vineerplaati, kuhu kuuluvad kaks heliisolatsiooni omadustega plaati nimedega **KoskiSound** ja **KoskiSound F**. Need on kasest vineerplaadid, millel on spoonikihtide vahel 4,00 mm paksune komposiitmaterjalist helineelav südamik. Neid kahte toodet eristab see, et KoskiSound F plaadil on tulekindel pinnaviimistlus. Kasutusvaldkond on nagu enamustel heliisolatsiooni vineeridel – transpordivahendite põrandad ja mingil määral ka seinad, mootoriruumi ümbritsemine, laevaehitus. [40]



Joonis 15 KoskiSound F vineerplaat[40]

Koskiseni heliisolatsiooni vineeridel on kolm paksust 16,18 ja 22 mm ja plaadi mõõtu 1200x2400 mm, 1220x2400 mm ning 1450x3000 mm. Formaldehüüdi emissiooni klass on E1. Öhumüra isolatsiooni indeks on 31-32 dB. KoskiSound Heliisolatsiooni indeksi graafik on järgnev:



Paksus	Heliisolatsiooni indeks R	Mass
16	31	11,4
18	32	13,4
22	32	15,2

Joonis 16 KoskiSound ja Koskisound F vineerplaatide heliisolatsiooni indeksid[40]

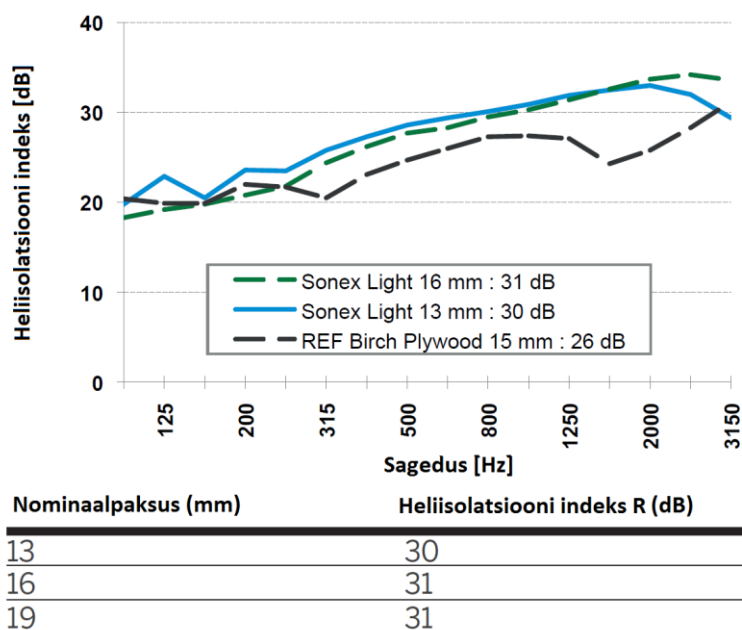
3.2.3 MetsäWood

MetsäWoodi vineerplaatide seas on kaks heliisolatsiooni omadustega vineeri, need on **Sonex Light** ja **Phoenix Sonex Light**. Neid kahte eristab samuti see, et teine toode on lisaks heliisolatsiooniomadustele ka tulekindel, sellel on spetsiaalne alumiiniumist pealustus, mis takistab plaadi süttimist. MetsäWoodi heliisolatsiooni plaadid koosnevad kasespoonist ja Amorim'i korgi komposiitkihist. Lisaks on võimalik tellida sellele plaadile erinevaid MetsäWoodi pealustusmaterjale, vastavalt vajadusele. Kasutuskohad on samuti transporditööstus ja sobib ka hoonete vaheseinte ehitamiseks, kus on nõutud kõrge akustiline isolatsioon. [29]



Joonis 17 MetsäWoodi vineerplaat Sonex Light[29]

Sonex Light on standartselt saadaval kolmes paksuses: 13, 16 ja 19 mm ning kahes mõõdus: 1250x2500 mm ja 1525x3050 mm. Plaadi mass jääb 9,3-13,2 kg/m³ vahele. Õhumüra isolatsiooni indeks jääb 30-31 dB juurde. Heliisolatsiooni indeks graafikuna:



Joonis 18 Sonex Light ja Phoenix Sonex Lihgt vineerplaatide heliisolatsiooni indeksid[29]

KOKKUVÕTE

Puit on väga hea ehitusmaterjal, küll aga saab selle häid omadusi veelgi parandada tootes puitmaterjalist liimi abiga kihilist komposiitmaterjali ehk vineeri. Vineeri tootmisprotsess on pikk, ning igal etapil on oluline roll kujundamiseks lõpptoote kõrget kvaliteeti. Vineeri tootmisprotsess algab palgi leotamise, koorimise, skaneerimise, mõõtu lõikamise ja treimisega spoonilehtedeks. Seejärel spoonilehed kuivatatakse, hinnatakse nende kvaliteeti, vajadusel jätkatakse, õmmeldakse ning paigatakse. Edasi liiguvad spoonilehed ladumis- ja liimimisliinile mille järel pressitakse vineerplaat. Plaat saetakse mõõtu, ning lihvitakse siledaks. Plaat läbib kvaliteedikontrolli, vajadusel pealastatakse ning lõpuks pakitakse. Vineerplaadi visuaalne väljanägemine ning tugevusomadused sõltuvad ka sellest, millist puiduliiki, millise kvaliteediga spooni, millist ladumisskeemi, liimi ja vajadusel ka pealustehnoloogiat on kasutatud. Traditsiooniliseks pealustehnoloogiaks on fenoolkihiga ehk filmiga kaetud vineer, kuid turule on tulemas järjest uusi alternatiive – üks neist on Trollon, mille pinnakatmise vahend on kahest komponendist koosnev viskoosne vedelik, mida saab plaadile kanda juba olemasoleval - spooni liimimiseks kasutataval masinaliinil ja kinnitada plaadile klassikalise kuumpressiga.

Vineeri suurim kasutusala on erinevad konstruktsioonid, mis jagunevad kaheks – puitkonstruktsioonid ja betooni konstruktsioonid. Puitkonstruktsioonides kasutatavad vineerid on väga erinevate omadustega. Sisetingimustesse silmailu pakkumiseks sobib hästi nõrgemate tugevusomadustega okaspuidust vineer kuid näiteks hobuse treileri ehitamiseks on vaja kasutada tugevat, eristruktuuriga, pealastatud kasepuidust vineeri. Betooni valamisel kasutatavad raketised tehakse enamasti kasevineerist ja filmivineerist, esimest siis, kui pinnakvaliteet niivõrd oluline. Pealastatud vineeri aga siis, kui soov on saada sile, ühtlane pind. Filmivineeri eeliseks on veel see, et seda saab väga palju kordi raketistes taaskasutada.

Ainuüksi Soome kolmel peamisel vineeritootjal on tooteportfellis üle 80 erineva omadusega vineeri, see ilmestab hästi seda, kui lai on vineeride kasutamise valdkond. Antud töös toodi välja neli erinevat konstruktsioonivineeri kahelt ettevõttelt – MetsäWood ja UPM.

Heliisolatsiooni vineerid erinevad tavalisest vineerplaadist selle poolest, et spoonikihtide vahel on ka heli neelava materjali kiht. Nende peamine kasutusala on transporditööstus – busside, rongide, metroode jne ühistranspordivahendite põrandaja seinakonstruktsioonid, et vähendada inimese tervisele kahjulikku müra ja vibratsiooni. Antud bakalaureuse töös uuriti kolme erineva tootja heliisolatsiooni omadustega vineeri.

Antud bakalaureuse töö eesmärgid said täidetud, üliõpilane tutvus põhjalikult vineeri tootmise etappidega, tava ning eri-vineeride omaduste ja kasutusalaadega. Töö käigus süveneti suuremate vineeritootjate toodangusse ning toodi välja huvipakkuvad plaadid.

SUMMARY

Wood is a very good construction material, but its good qualities can be further improved by gluing slices of wood together to composite material i.e plywood. The production process of plywood is long, and at every stage a key role is played in shaping the high quality of the finished product. The production process of plywood begins with soaking of logs, debarking, scanning, cross-cutting and turning the logs into veneer. After that veneer sheets are dried, veneer goes to the grading and if necessary then scarf jointing, composing and patching. The sheets of plywood move on to the lay-up and gluing line, after which the veneer sheets are pressed to plywood. After that the plywood plate goes to sawing line and sanding line. The plate undergoes quality control, if necessary then coated and finally packaged. The visual appearance and strength values of the plywood plate also depend on the type of wood, the quality of the veneer, the lay-up scheme, the adhesive and, where appropriate, the coating technology used. Traditional coating technology is plywood covered with a phenol layer, but new alternatives are emerging on the market – one of them is Trollon, whose coating agent is a two-component viscous liquid, which can be applied to the plate on an already existing machine line used for gluing the plywood and attached to the plate with classical heat pressure.

The biggest use of plywood is the different constructions, which are divided into two – wood constructions and concrete constructions. Plywood used in wooden constructions has very different characteristics. Coniferous plywood with weaker strength values is well suited for indoor, but, for example, a strong, special structure, coated birchwood plywood is needed to build a horse trailer. The rackets used in concrete casting are mostly made of birch plywood and film plywood, the first when the surface quality is not so important. Coated plywood are used when client need smooth, uniform surface. The advantage of film plywood is that it can be reused many times in missiles.

The three main Finnish plywood producers alone have over 80 plywood with different characteristics in their product portfolio, which is a good illustration of the wide range of plywood applications. In this work, four different structural plywoods from two companies – MetsäWood and UPM – were pointed out.

Sound insulation plywood differs from the usual plywood plate because there is also a layer of sound absorbing material between the plywood layers. Their main use is the transport industry – the floor and wall structures of buses, trains, subways, etc. of public transport equipment in order to reduce noise and vibration harmful to human health. In this bachelor's work, plywood with sound insulation characteristics of three different manufacturers were examined.

The objectives of this bachelor's work were achieved, the student thoroughly studied the stages of plywood production, the practice and the characteristics and uses of special plywood. In the course of the work, the production of the larger plywood producers was deepened and more interesting plywoods were identified.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] Vanaweb, *Puitplaatide tootmise otstarbest*. [WWW]
https://vanaweb.hkhk.edu.ee/plaatmaterjal/1_puitplaatide_tootmise_otstarbest.html (03.02.2021)
- [2] EFIS. Eesti Mehaanilise puutööstuse a/s A.M. Luther. [WWW]
<https://www.efis.ee/et/filmiliigid/film/id/7519/huvitavat-lugemist>
(03.02.2021)
- [3] Saarman, E. Veibri, U, *Puiduteadus*. Eesti Metsaselts, 2006. (03.02.2021)
- [4] ResearchGate. *Classification of wood-based panels by particle size, density, and process type*. 2012 [WWW]
https://www.researchgate.net/figure/Classification-of-wood-based-panels-by-particle-size-density-and-process-type_fig1_236273710 (03.02.2021)
- [5] Möldre T. Äripäev, *Lutheri vabrik kui Eesti mööblitööstuse teerajaja*. 2006. [WWW] <https://www.aripaev.ee/uudised/2006/03/14/lutheri-vabrik-kui-eesti-mooblitoostuse-teerajaja>. (03.02.2021)
- [6] Vineerimaailm, *Vineeri ajalugu*. 2017 [WWW]
<https://www.vineerimaailm.ee/vineeri-ajalugu-perekond-lutherite-teekond-vineerimaailmas> (03.02.2021)
- [7] Yumpu, *Puit-polümeerkomposiidid* .[WWW]
<https://www.yumpu.com/xx/document/read/8091034/9-puit-polumeerkomposiidid> (05.04.2021)
- [8] Finnish Forest Industries federation, *Handbook of Finnish Plywood*. [WWW]
<https://pdf.archiexpo.com/pdf/wisa-plywood/handbook-finnish-plywood/65783-199305.html> (05.04.2021)
- [9] The plywood, *Types*. 2011 [WWW]. <http://theplywood.com/types>
(11.04.2021)
- [10] Varis, R, *Wood-Based Panels Industry*. Kirjakaari Oy, 2018.
(11.04.2021)

- [11] Shmulsky, R. Jones, P.David, *Forest Products & wood science*. Wiley-Blackwell, 2011. (11.04.2021)
- [12] Globenewswire, *Worldwide Plywood Market Analysis, 2007-2019 & 2020-2025*. 2020. [WWW] <https://www.globenewswire.com/news-release/2020/02/14/1985139/0/en/Worldwide-Plywood-Market-Analysis-2007-2019-2020-2025.html> (13.04.2021)
- [13] WISA plywood, *Brochures*. [WWW] <https://www.wisaplywood.com/downloads/brochures/> (13.04.2021)
- [14] Rowell, Roger M, *Handbook of wood chemistry and wood composites*. CRC Press, 2005.
- [15] Shmulsky, R. Jones, P.David, *Forest Products & wood science*. Wiley-Blackwell, 2011.
- [16] Wood Products fi, *Plywood*. [WWW] <https://www.woodproducts.fi/content/plywood> (13.04.2021)
- [17] Shmulsky, R. Jones, P.David, *Forest Products & wood science*. Wiley-Blackwell, 2011.
- [18] Jackson's. Baltic birch 9 mm. [WWW] <https://www.jacksonsart.com/de-de/jackson-s-baltic-birch-9mm-plywood-wood-block> (15.04.2021)
- [19] Holdex plywood, *Plywood*. [WWW] <https://holdexplywood.co.uk/plywood/> (15.04.2021)
- [20] Thompson, R, *The chemistry of Wood preservation*. Woodhead Publishing Limited, 2005.
- [21] ES shelf, *Global Formaldehyde Emission Standards for Composite Wood Products*. 2019 [WWW] <https://www.essshelf.com/global-formaldehyde-emission-standards-for-composite-wood-products/> (19.04.2021)
- [22] Vineerimaailm, *Vineeri ABC* [WWW] <https://www.vineerimaailm.ee/vineeri-abc> (19.04.2021)
- [23] Debora, *Vineer* [WWW] <https://vineer.ee/portfolio/vineer/> (19.04.2021)




- [24] Ehituses kasutatavad puitplaadid. Omadused, vastavushindamine ja märgistamine, EVS-EN 13986:2004+A1:2015, EVS. [WWW] <https://www.evs.ee/et/evs-en-13986-2004+a1-2015> (25.04.2021)
- [25] Vineer. Spetsifikaadid, EVS-EN 636:2012+A1:2015, EVS. [WWW] <https://www.evs.ee/et/evs-en-636-2012+a1-2015> (25.04.2021)
- [26] Puitplaadid. Paindeelastsusmooduli ja paindetugevuse määramine, EVS-EN 310:2002. [WWW] <https://www.evs.ee/et/evs-en-310-2002> (25.04.2021)
- [27] Riigiteataja, *Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded*. 2017 [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/123022021013> (28.04.2021)
- [28] Vineerimaailm, *9 näpunäidet õige vineeri valimiseks*. [WWW] <https://www.vineerimaailm.ee/ideede-nurk/9-napunaidet-oige-vineeri-valimiseks> (28.04.2021)
- [29] MetsäWood, *Products*. [WWW] <https://www.metsawood.com/global/Products/Pages/Products.aspx> (28.04.2021)
- [30] Just, Elmar. Puitkonstruktsioonid. [WWW] <https://digikogu.taltech.ee/et/Download/912e2250-c34c-4fe5-827c-9ec55f2d92b1> (12.05.2021)
- [31] APA wood, *Publications*. [WWW] <https://www.apawood.org/publication-search?q=> (12.05.2021)
- [32] PERI, *Juhendid*. [WWW] <https://www.peri.ee/juhendid.html> (22.05.2021)
- [33] Eesti betooniühing, *Betoon ja raudbetoon*. EVG Print, 2010. (22.05.2021)
- [34] Isover, *Õhumüra isolatsiooninõuded*. [WWW] <https://www.isover.ee/nouanded/heliisolatsioon/ohumura-isolatsiooninoueded> (22.05.2021)
- [35] Akustika. Hoonete ja ehituselementide heliisolatsiooni hindamine. Osa 1: Õhuheli isolatsioon, EVS-EN ISO 717-1:2021. [WWW] <https://www.evs.ee/et/evs-en-iso-717-1-2021> (22.05.2021)

- [36] Neumann Stúdio, *Akustika parandamine*. [WWW]
<https://neumannstuudio.ee/akustika-parandamine/> (25.05.2021)
- [37] Explainthatstuff. *Soundproofing*. 2020. [WWW]
<https://www.explainthatstuff.com/soundproofing.html> (25.05.2021)
- [38] Better Sound Proofing, *Is Cork Good for Soundproofing?* 2021 [WWW]
<https://bettersoundproofing.com/is-cork-good-for-soundproofing/>
(25.05.2021)
- [39] Paged, *Products*. [WWW] <https://sklejkapaged.pl/en/products/>
(27.05.2021)
- [40] Koskisen, *Products*. [WWW] <https://koskisen.fi/en/products/>
(27.05.2021)




LISAD

Lisa 1




Tabel L1.1 Kasevineeri omadused ja väärtused [6]

Kasevineer						
Ladumis-skeem	Nominaalpaksus	Spoonilehtede arv	Paindetugevus		Paindeelasumusoodul	
			$f_{m,0}$	$f_{m,90}$	$E_{m,0}$	$E_{m,90}$
	mm	tk	N/mm ²		N/mm ²	
	9	7	45,6	32,1	11395	6105
	21	15	39,4	34,3	9858	7642
	30	21	38,1	34,6	9519	7981


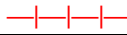

Tabel L1.2 Kombineeritud vineeri omadused ja väärtused [6]

Kombineeritud vineer						
Ladumis-skeem	Nominaalpaksus	Spoonilehtede arv	Paindetugevus		Paindeelasumusoodul	
			$f_{m,0}$	$f_{m,90}$	$E_{m,0}$	$E_{m,90}$
	mm	tk	N/mm ²		N/mm ²	
	9	7	43,9	32,1	10983	6105
	21	15	34,5	34,3	8628	7642
	30	21	29,9	34,6	8026	7981




Tabel L1.3 Kombineeritud mirror vineeri omadused ja väärtused [6]

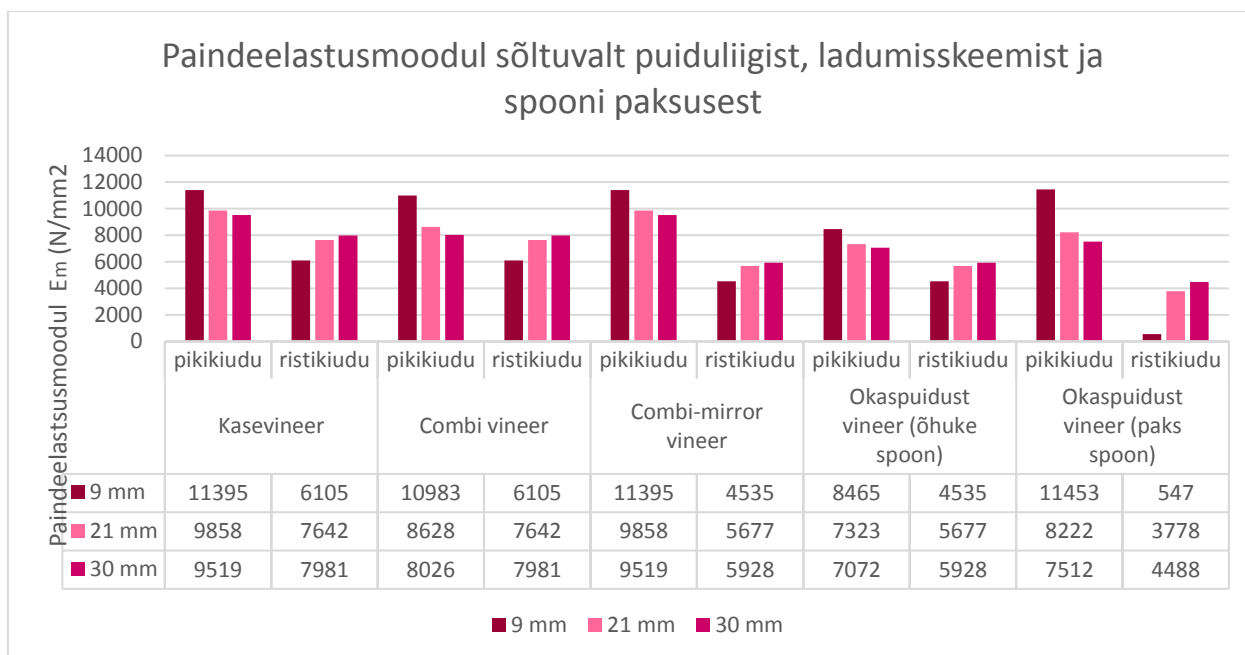
Kombineeritud mirror vineer						
Ladumis-skeem	Nominaalpaksus	Spoonilehtede arv	Paindetugevus		Paindeelasumusoodul	
			$f_{m,0}$	$f_{m,90}$	$E_{m,0}$	$E_{m,90}$
	mm	tk	N/mm ²		N/mm ²	
	9	7	45,6	18,3	11395	4535
	21	15	39,4	19,6	9858	5677
	30	21	38,1	19,8	9519	5928

Tabel L1.4 Okaspuidust vineeri omadused ja väärtused, kui kasutatakse paksu spooni [6]

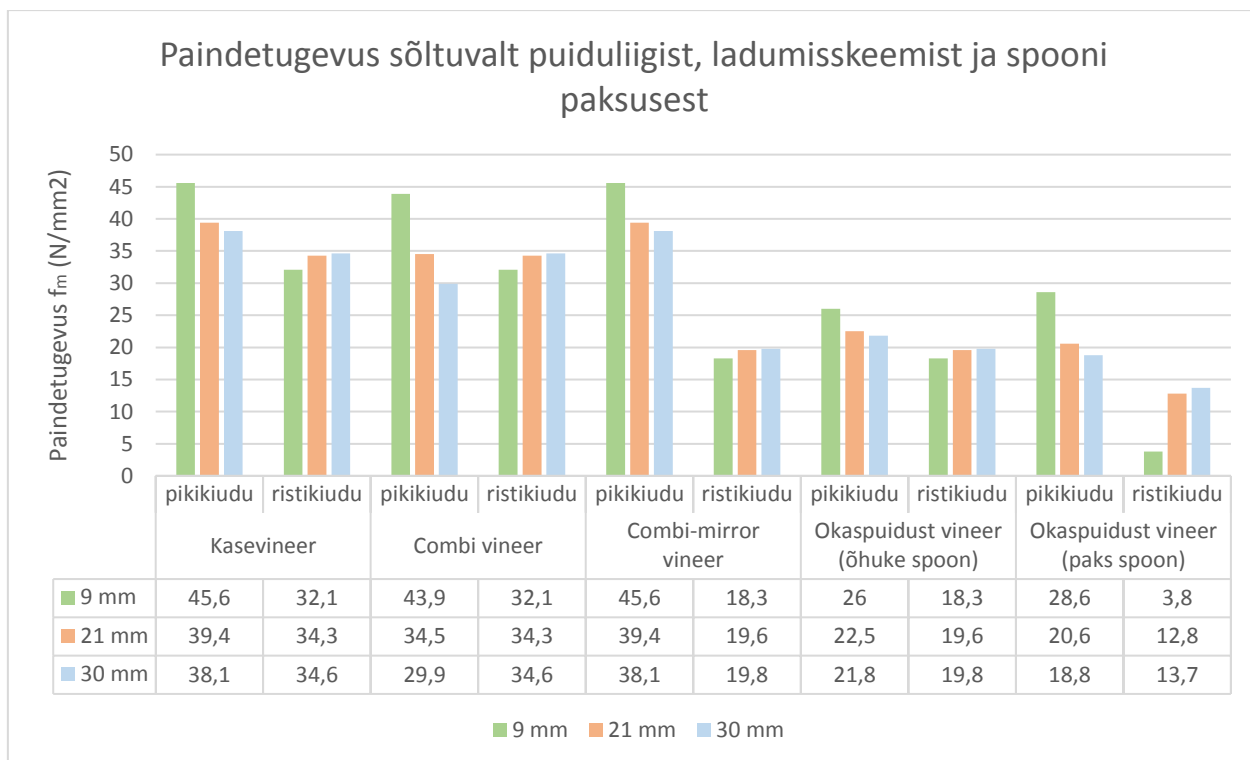
Okaspuidust vineer (paks spoon)						
Ladumis-skeem	Nominaalpaksus	Spoonilehtede arv	Paindetugevus		Paindeelasumusmoodul	
			$f_{m,0}$	$f_{m,90}$	$E_{m,0}$	$E_{m,90}$
	mm	tk	N/mm ²		N/mm ²	
	9	3	28,6	3,8	11453	547
	21	7	20,6	12,8	8222	3778
	30	10	18,8	13,7	7512	4488

Tabel L1.5 Okaspuidust vineeri omadused ja väärtused, kui kasutatakse õhukest spooni [6]

Okaspuidust vineer (õhuke spoon)						
Ladumis-skeem	Nominaalpaksus	Spoonilehtede arv	Paindetugevus		Paindeelasumusmoodul	
			$f_{m,0}$	$f_{m,90}$	$E_{m,0}$	$E_{m,90}$
	mm	tk	N/mm ²		N/mm ²	
	9	7	26	18,3	8465	4535
	21	15	22,5	19,6	7323	5677
	30	21	21,8	19,8	7072	5928



Joonis L1.1 Paindeelasumusmooduli graafik sõltuvalt vineeri struktuurist



Joonis L1.2 Paindetugevuse graafik sõltuvalt vineeri struktuurist