

**TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL**

**POLÜMEERMATERJALIDE INSTITUUT  
PUIDUTÖÖTLEMISE ÕPPETOOL**

**MÖÖBLIKINNITUSFURNITUURI MEHAANILISED  
OMADUSED ERINEVATE PUIDUPÕHISTE  
PLAATMATERJALIDE KASUTAMISEL**

**Magistritöö**

**Kaarel Saar**

Juhendaja: Jaan Kers, puidutöötlemise õppetool, professor, õppetooli juhataja

Materjalitehnoloogia õppekava KAOM02

2014

## **Autorideklaratsiooni vorm**

Deklareerin, et käesolev magistritöö, mis on minu iseseisva töö tulemus, on esitatud Tallinna Tehnikaülikooli magistrikraadi taotlemiseks ja et selle alusel ei ole varem taotletud akadeemilist kraadi.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud või (avaldamata tööde korral) toodud autorlus välja põhitekstis.

.....

Kaarel Saar

# MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE

## **Magistrandi andmed:**

Ees-ja perekonnanimi Kaarel Saar

Üliõpilaskood 122319

## **Magistritöö teema:**

Mööblikinnitusfurnituuri mehaanilised omadused erinevate puidupõhiste plaatmaterjalide kasutamisel

Mechanical properties of furniture fittings used in different wood based panel materials

## **Juhendaja:**

Ees-ja perekonnanimi: Jaan Kers

Töökoht: Polümeermaterjalide instituut/puidutöötlemise õppetool

Ametikoht: puidutöötlemise õppetooli juhataja

## **Töö eesmärk ja ülesanded:**

- Võrrelda lahtivõetavate seotiste tõmbe- ja nihketugevust erinevates plaatmaterjalides.
- Uurida puittüübli mõju seotise nihketugevusele.
- Võrrelda kinnitusfurnituuri avade töötlemist, seotise kasutamise mugavust, esteetilist välimust ja hinda.

## **Eessõna**

Antud tööd on toetanud EAS Innovatsiooniosak „Liimpaindtoote ja vineerplaadi ühendustehnoloogia välja töötamine mööbli valmistamiseks“. Autor tänab juhendajat Jaan Kersi, lektor Üllar Luga ja õppemeistrit Ahto Reiskat praktiliste nõuannete, juhendamise ja katse metoodika väljatöötamise abistamise eest. Autor tänab ka ettevõtteid, kes on toetanud katsetatavate materjalidega Aja Nägu OÜ, AS Standard, Ottensten Eesti OÜ, UPM Kymmene Otepää AS.

## Sisukord

Eessõna .....	4
Lühendite loetelu .....	6
Sissejuhatus .....	7
1. Mööblitoodete, plaatmaterjalide ja kinnitusfurnituuri ülevaade.....	8
1.1 Puidupõhised plaatmaterjalid .....	9
1.2 Mööbliseotiste liigitus .....	13
2. Materjalid .....	15
2.1 Katses kasutatavad plaatmaterjalid .....	15
2.2 Kasutatud materjalide niiskussisaldus ja tihedus .....	15
2.3 Katsetatav kinnitusfurnituur .....	17
3. Meetodid.....	24
3.1 Katsekehade valmistamine .....	25
3.2 Katse parameetrid .....	28
4. Katsetulemused ja järeldused .....	30
4.1 Purunemine tõmbekatsel .....	33
4.2 Purunemine nihkekatsel.....	35
5. Majanduslik osa.....	38
Kokkuvõtte .....	43
Summary.....	45
Kasutatud kirjandus .....	47
Lisa 1. Koskiseni puitlaastplaadi tehnilised andmed.....	49
Lisa 2. Egger MDF tehnilised andmed.....	52
Lisa 3. Wisa vineer tehnilised andmed.....	54
Lisa 4. Clamex P tehnilised joonised .....	56
Lisa 5. Lamellifrees Zeta P2 tehnilised andmed .....	57
Lisa 6. Tõmbekatse rakis.....	60
Lisa 7. Nihkekatses rakis.....	61

## **Lühendite loetelu**

CNC- computer numerical control, programmjuhtimine

MDF- medium density fibreboard, puitkiudplaat

MFC- melamiinvaiguga immutatud paberiga pealistusega puitlaastplaat

PLP- puitlaastplaat

## Sissejuhatus

Maht- ehk korpasmööbli projekteerimisel peetakse silmas mööblieseme kiiret ja sujuvat koostet. Tootele vastava seotise valimine on üldjuhul konstruktori ülesanne. Kiireloomuline projekteerimis- ja tootmisprotsess ei taga piisavalt aega tugevusarvutusteks ning põhiliselt toetub liidete valimine projekteerija kogemusele.

Mööbel monteeritakse enamasti objektil ning seetõttu soovitakse vältida liimide kasutamist. Liimliide nõuab kuivamiseks aega, mis võib aeglustada monteerimist. Kliendi poolt kokkupanendav mööbel võib vajada spetsiaalseid tööriistu või töövõtteid, mis võivad kliendil ülejõu käija. Seega on oluline mööbli kinnitusfurnituuri kasutusmugavus, kuid ka mehaaniline tugevus. Kuna seotise konstruktsiooni õigest valikust sõltub toote vastupidavus, tema püsivus ja pikaajalisus (Eckelman 2003). Mehaaniline tugevus on määrav, kuna põhiliselt toimub mööbliesemete purunemine kinnitusfurnituurist.

Korpasmööblit valmistatakse peamiselt puitlaastplaadist(PLP), puitkuidplaadist(MDF) või vineerist. Eelnimetatud materjale võib pealistada või katta erinevate värvide, lakkide, laminaatide, spoonide või kilematerjalidega.

Mööblitööstus kasutatakse palju tõmmitsseotisi, mille tugevusomadused ei ole rahuldavad teatud liidetes. Antud magistritöö eesmärgiks on võrrelda innovatiivsete lahtivõetavate kinnitusfurnituuride mehaanilisi omadusi erinevates korpasmööbli valmistamiseks kasutatavates materjalides. Töö tugineb mööbliseotiste mehaanilistele katsetele ja saadud tulemusi võrreldakse teistes teadustöodes saavutatud tulemusega. Töö alameesmärk on uurida puittüübli mõju tõmmitsseotise mehaanilisele tugevusele. Töö ülesandeks on leida parim seotis katsetatavatest materjalidest ja mööblifurnituurist arvestades hinda, töötlemiskeerukust, esteetilist välimust ja kokkupaneku mugavust.

# 1. Mööblitoodete, plaatmaterjalide ja kinnitusfurnituuri ülevaade

Mööbliesemed on mõeldud eluruumi- või ühiskondliku hoone inimestele sobilikumaks muutmiseks või nende abistamiseks (Oxfordi 2014). Mööblitooted saab liigitada mitmeti. Levinud on mööbliesemete jaotamine kasutusala, otstarbe või konstruktsiooni järgi (tabel1).

**Tabel 1.** Liigitus kasutusala järgi (Kiisk, 1989).

<b>Kodumööbel.</b> Mööbel elamute, korterite, suvilate sisustamiseks või aias kasutamiseks	<b>Asutusemööbel.</b> Mööbel ettevõtete ja asutuste sisustamiseks, lähtudes nende tegevuse iseloomust ja spetsiifikast.
Elutoamööbel	Raviasutusemööbel
Magamistoamööbel	Laborimööbel
Söögitoamööbel	Lasteasutusemööbel
Võõrastetoamööbel	Õppeasutusemööbel
Kabinetimööbel	Kaubandusettevõttemööbel
Laste- ja noorukimööbel	Toitlustusettevõtte mööbel
Köögimööbel	Teenindustettevõtte mööbel
Esikumööbel	Hotellimööbel
Vannitoamööbel	Kultuuriasutusemööbel
Suvilamööbel	Raamatukogumööbel
	Spordihoonemööbel
	Haldusruumimööbel
	Reisiooteruumimööbel
	Sideasutusemööbel



Otstarbe järgi liigitades on mööbliesemed määratud funktsionaalse sihtotsatarbe kohaselt. (Kiisk, 1989)

- Mahutusmööbel, korpasmööbel: mööbel mitmesuguste esemete, asjade hoidmiseks ja paigutamiseks
- Iste-ja lamamismööbel: mööbliesemed, mis on mõeldud istumiseks ja/või lamamiseks. Võib liigitada ka pehmemööblik
- Töö-ja söögitoamööbel: söömiseks, arvutil töötamiseks, lugemiseks ja asjade paigutamiseks kasutatav mööbel
- Muu mööbel: mänguasjad, riidenagid, muusikainstrumendid

Mööbliese peab olema mugav, töökindel, ergonomiline, esteetiline ja ohutu. Kuid lisaks kasutusele on võimalik liigitada ka konstruktsiooni ja tehnoloogiliste tunnuste järgi.

Mööbli liigid konstruktsiooni ja tehnoloogiliste tunnuste järgi: (Kiisk, 1989)

- Lahtivõetav mööbel
- Liigendmööbel
- Sektsioonmööbel
- Mittelahtivõetav mööbel
- Sisseehitatudmööbel
- Teisaldatav mööbel
- Paindmööbel
- Paindliimmööbel
- Korvmööbel

## 1.1 Puidupõhised plaatmaterjalid

Peaaegu igal mööbliesemel, eriti korpasmööblil, on lamedat pinda, mida on hea katta ühtlase omadustega plaatmaterjaliga. Sõltuvalt mööbli otstarbest ja mehaanilisest koormusest kasutatakse erinevaid plaatmaterjale riiulitena, esipaneelidena, töötasapindadena, karkassmaterjalina ja taga- ning külgeintena. Plaatmaterjalide kasutamine karkassmaterjalina revolutsioneeris pehmemööbli tootmist. Võrreldes täispuiduga on ühtlasemate omadustega plaatmaterjalid suurema mõõdulised, mida on lihtne automatiseeritult lahtilõigata ning mis omakorda tekitavad efektiivse lahtilõikuskeemi abil vähem jäätmeid. Kui saematerjali väljatulek on 30 kuni 50%, siis puitplaatide väljatulek 90-95% (Saarman, 2005).

Plaatmaterjalid erinevad tootmise, omaduste ja kasutamisalade poolest. Plaatmaterjalide tooraine varieerub suuremõdulistest spoonilehtedest kuni puidukiu või kiukimbuni. (Shmulski, 2011)

Antud töö keskendub mööblitööstuses enim kasutatud plaatmaterjalidele, nagu PLP, MDF ja vineer. Tabel 2 on toodud maailmas toodetud materjalide kogused 2012.a metsasaaduste raportist.

**Tabel 2.** Plaatmaterjalide toodang 2012 (Metsasaaduste raport 2012).

	<b>PLP</b>	<b>MDF</b>	<b>Vineer</b>
Toodang kogu maailmas m <sup>3</sup>	98470 000	82288 000	85576 000

### **Puitlaastplaat**

Puitlaastplaat on jäik plaatmaterjal, mis on kokkupressitud puidulaastudest ning sageli pealstatud spooni, melamiinvaik-pinnakattega, laminaadi või mõne muu pealustusmaterjaliga [Oxfordi sõnastik]. Puitlaastplaadid erinevad teineteisest laastu suuruse ja geomeetria poolest, kasutatava liimihulgast ja plaadi tihedusest, mida proovitakse saavutada (Saarman 2006). Sellest tulenevalt saab plaadi omadusi muuta vastavalt soovitud omadustele. Plaadi väliskihi omadustest sõltub pealustamise või värvimise kvaliteet. Töös kasutan lühendit MFC, melamiinvaik-pealustusega puitlaastplaat. 2/3 kogu maailmas toodetavast PLP-st valmistatakse kodu-ja asutusemööblit. Ka konstruktsiooni elementidena kasutatav PLP omab suurt turuosa, jäädes alla 1/3. (Shmulsky, 2011)

PLP olulisemad tugevusomadused on elastsusmoodul, painde-elastsusmoodul ja sisesidusus. Mööblitööstuses on tähtis ka kruviväljatõmbe tugevus, mis sõltub suuresti plaadi tihedusest, kui ka liimi kogusest. Soovitav on konstrueerida PLP detailid nii, et servades ei peaks kasutama kruve või muid kinnitusfurnituuri. Elastsusmoodul ja painde-elastsusmoodul mängivad suurt rolli mööblidetailides, mis on koormatud paindele. PLP-l esineb roomavus pikaajalisel koormamisel., nagu raamatariiulitel. (Saarman, 2006)

## **MDF**

MDF-keskmise tihedusega puitkiudplaat on valmistatud peamiselt puidu kiududest, mis on liimitud sünteetiliste vaikudega. Peale PLP on MDF mahult järgmisena mööblitööstuses kasutusel. Kuigi plaati saab tehnoloogiliselt valmistada ka märjal meetodil, kasutatakse peamiselt kuiva meetodit. Tootmisprotsessi võtmefaktor on kiu jahvatamine kõrgsurve defibrööris, millest saab väikse mahuga puidujahu. (Reiska, 2012)

USA-s kasutatakse 70% MDF mööblitööstuses, samal viisil nagu PLP-d ja vineeri. Kui PLP servad on liiga poorsed, et töödelda soovitud profiili või viimistleda, siis sageli serv pealistatakse. Samas kui MDF on ühtlasema tiheduse ja väiksemate osakestega, saab servi freesida sobiva profiiliga ja värvida. Seega on MDF-il hästi defineeritud turuosa plaatmaterjalina. (Shmulsky, 2011)

## **Vineer**

Vineer koosneb kolmest või enamast õhukesest spoonilehtedest, mis asetsevad eelmise kihi suhtes risti ja mis on liimitud ning kokkupressitud (Oxfordi sõnastik). Väliskihid on paralleelsed sama kiusuunaga. Spoonikihtide risti asetuse tagab suurema mehaanilise tugevuse ja väiksema pundumise. (Shmulsky, 2011)

Dekoratiivse spooni kasutamine ulatub tuhandete aastate taha. Esimesena on spooni kasutamise au antud egiptlastele, kes 1500 e.m.a kasutasid spooni mööblil, tööriistadel, relvadel ja muudel esemetel. Nähtavate pindade katmisel spooniga tõsteti puitmööbli väärtust. Egiptuse kuiv kliima on säilitanud mitmeid selliseid esemeid. See näide tõestab, et puittooted võivad säilida igavesti, isegi ajal kui kasutati mitte veekindlaid taime- ja looma põhiseid liime. Kuigi vineeri tootmine hoogustus alles 1930-ndatel. Kuumpresside ja sünteetiliste liimide areng II maailmasõja ajal pakkus tehnoloogilisi võimalusi vineeri masstootmiseks. (Shmulsky, 2011)

Vineeri liigitatakse valmistatud puiduliigi järgi: (Handbook of Finnish Plywood 2002)

- Lehtpuuvineer (põhiliselt kask)
- Okaspuuvineer
- Kombineeritudvineer

Liigitada võib ka väliskihi töötlemisastme ja kvaliteedi järgi. Mööblitööstuses kasutatavat vineeri pealistatakse või töödeldakse väliskihti erinevate viimistlusvahenditega. Seega on kasutatakse esteetilistel kaalutlustel väliskihtidel lehtpuuspooni, mis liimitakse

sisetingimustes mõeldud liimiga, tavaliselt karbamiidvaiguga liim. Enamasti toodetakse standardiseeritud mõõtmete järgi tasapinnalisi plaate. Kuid valmistatakse ka erineva kuju ja mõõtmetega paindliimtooteid, nagu toolid, ukse- ja akna kumerad detailid. (Shmulsky, 2011)

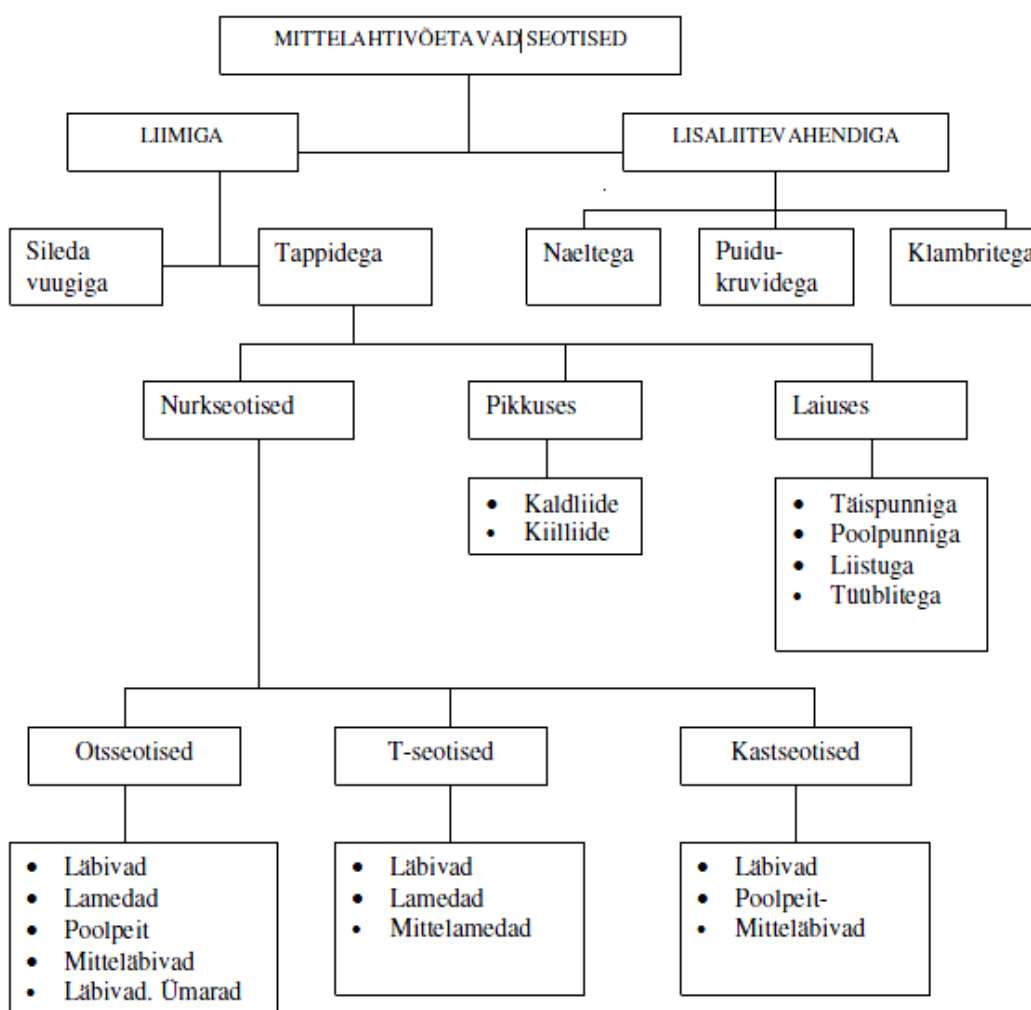


**Joonis 1.** Plaatmaterjalid ülevalt alla: MDF, lamineeritud PLP ja vineer.

## 1.2 Mööbliseotiste liigitus

Mööblitooted koostatakse erinevatest detailidest. Puittoodete detailide, koostude, elementide ühendamiseks kasutatakse mitmesuguseid liiteid e. seotisi. Seotised jaotatakse:

- Mittelahtivõetavad liited (vt. joonis 2)
- Lahtivõetavad liited (vt. joonis 3)

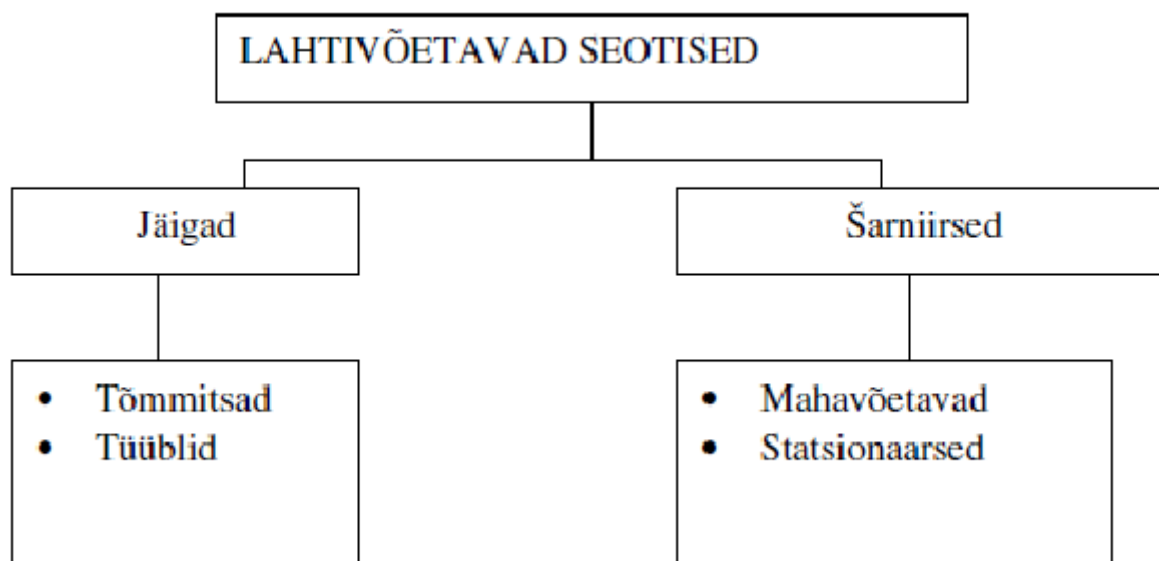


**Joonis 2.** Mittelahtivõetavad ühendused (Kiisk 1989).

Lahtivõetavate seotised jagunevad jäikadeks ja šarniirseteks. Lahtivõetavad seotised on võimalik korduvalt kokku panna ja lahti võtta, seotise pinda kahjustamata. Antud töös uuritakse jäikasad seotisi, mis on lamelli, puidupoldi ja tõmmitsa põhimõttel. Suurte konstruktsioonide puhul ning eelkõige kui mööbel on kohapeal kokkupandav, ühendatakse detailid pigem mehaaniliste tõmmitsate kui liimi abil. Tõmmitsaid kasutatakse ka siis, kui mööblit tahetakse kunagi hiljem transportimiseks lahti võtta. Üldjuhul kasutatakse tõmmitsaid risti ühendatavate pindade kinnitamiseks ning õigeks paigaldamiseks vajavad need väga täpset puuritud avasid. Seetõttu on tõmmitsad levinud eelkõige arvjuhtimisega pinkidel ja

meistrite töötoas, kellel on käepärast mitmesuguseid elektritööriistasid ja seadmeid. (Jackson 2006)

Ekstsentriktõmmitsat kasutatakse kilpkorpuse ühendamiseks. Sellega võib kinnitada nii kapi või riuli seinu, vaheseinu, lagesid kui ka riuleid. Ühe detaili sisse keeratakse keermega tüübel, mille ots paigaldatakse teise detaili sisse asetatud ekstsentrikmutrisesse. Nihketugevuse tõstmiseks konstrueeritakse tõmmits koos puittüübliga. (Jackson 2006)



**Joonis 3.** Lahtivõetavad seotised (Kiisk 1989).

Seotistele mõjuvaid jõude on uurinud mitmed teadlased. Vassiliou ja Barboutis (2005A) uurisid tõmmitsa väljatõmbejõudusid PLP-st. Autorid järeldasid, et kruviväljatõmbe jõud suureneb plaatmaterjali tiheduse suurenedes. (Vassiliou 2005A)

Vassiliou ja Barboutis katsetasid liimitatud plastik-ja puitlamelle tõmbekatsel MDF-is ja PLP-s ning nad järeldasid, et lamellid MDF-is, liimitatud või liimimata, on tugevamad kui PLP-s. (Vassiliou 2005B)

Smardzewski (2014) uuris korpasmööbli elastsusmoodulit L-tüüpi seotises. Tema katsetustest selgus, et puidukruvi „Confirmat“ tagab seotise suurema jäikuse ning ekstsentrik tõmmits puidukeermega on jäigem kui ekstsentrik tõmmits plastik kattega polt. (Smardzewski 2014)

Nurdan Çetin Yerlikaya (2012) katsetas nurkseotiste purustavat koormust lamineeritud PLP-s. Ta järeldas, et nurkseotise surve koormus sõltub plaatmaterjali sisesidususest, samas kui tõmbe koormus sõltub pealispinna tõmbetugevusega paralleelselt pinnaga. (Yerlikaya (2012)

## 2. Materjalid

### 2.1 Katses kasutatavad plaatmaterjalid

Käesoleva magistritöö katselises osas valiti lahtivõetavate ühenduste valmistamiseks välja kolm materjali: MFC, MDF ja vineer.

Töös kasutati Soome tootja Koskisen Oy PLP P2 paksusega 18mm, mis on pealistatud mõlemalt poolt ABET Wenge 313 0,9mm paksuse laminaadiga. Materjali keskmine paksus on 19,22mm. Tootja andmetel vastab materjal EN-312 standardile. Tootja andmed on antud lisas 1.

Katsekehad valmistati tootja Egger ST E1 MDF materjalist nimipaksusega 21mm. Tootja andmed on esitatud lisas 2.

Antud töös kasutati UPM-Kymmene Otepää tehases toodetud Wisa Birch kasevineeri paksusega 20mm. Tootja andmed on toodud lisas 3.

### 2.2 Kasutatud materjalide niiskussisaldus ja tihedus

Kasutatud plaatmaterjalide korral on tähtis mõõta nende niiskusesisaldus ja tihedus. Kuna nendest andmetest sõltub materjali tugevus.

$$H = \frac{m_h - m_o}{m_o} * 100 \quad (2.1)$$

kus  $H$  = puidu niiskus kaalumismeetodil

$m_h$  = niiske puidu kogumass,

$m_o$  = absoluutkuiva puidu mass.

**Tabel 3.** Plaatmaterjalide füüsikalised omadused

	<b>PLP</b>	<b>MDF</b>	<b>Vineer</b>
Pikkus (mm)	100,31	100,29	100,23
Laius (mm)	10,80	10,86	10,81
Paksus (mm)	19,22	22,11	20,06
Kaal alguses (g)	15,14	17,60	14,84
Kaal pärast (g)	14,34	16,82	13,95
Vee sisaldus %	5,58	4,64	6,38
Tihedus niiskusel (kg/m <sup>3</sup> )	727,12	730,86	682,78
Tihedus 0% niiskusel (kg/m <sup>3</sup> )	688,70	698,47	641,83
Paindetugevus N/mm <sup>2</sup>	11,00*	26,00**	34,30***
Painde-elastsusmoodul N/mm <sup>2</sup>	1600,00*	2600,00**	7642,00***
Sisesidusus N/mm <sup>2</sup>	0,35*	0,67**	2,59***

\*Lisa 1

\*\* Lisa 2

\*\*\* Handbook of Finnish plywood)

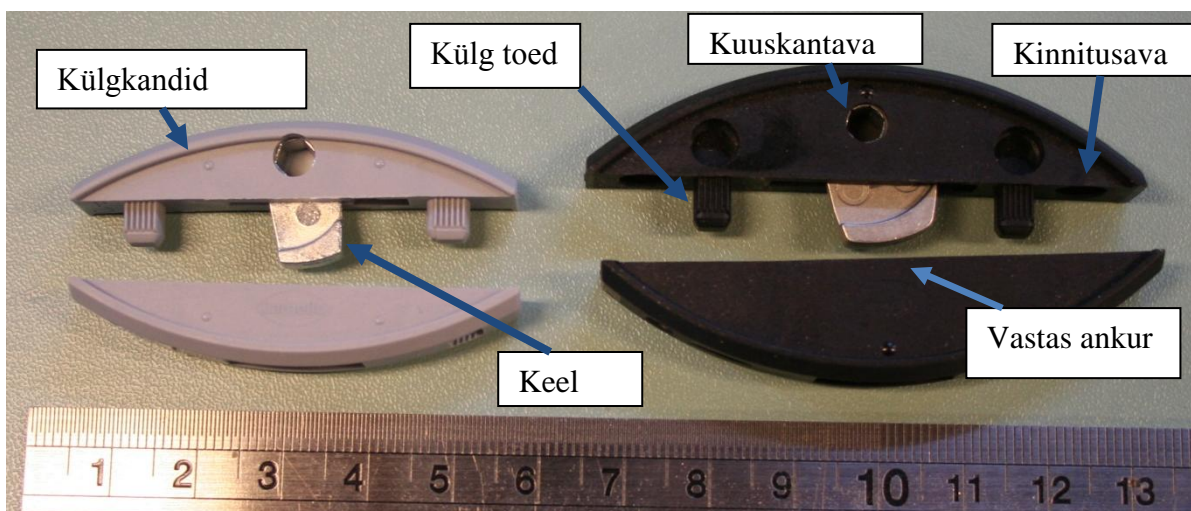


## 2.3 Katsetatav kinnitusfurnituur

Antud töös katsetatakse lahtivõetavaid seotisi, millel puudub kinnituse ava või kinnitusi, millel on minimaalne nähtav kinnitus ava. Katsetatavad kinnitusfurnituurid on Lamello AG tooted Clamex P10, Clamex P15 ja Invis Mx ning mööblitööstuses enim kasutatud Titus ekstsentriktõmmitis.

### Clamex P süsteem

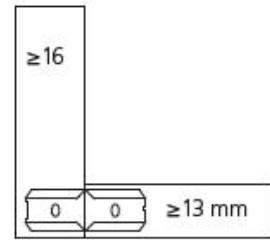
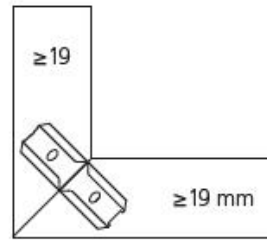
Clamex P 10 ja Clamex P15 on sarnase konstruktsiooniga lahtivõetavad plastlamellid. Ühendus koosneb kahest klaaskiuga tugevdatud plastist lamelist, mida saab pingutada keele abil. Üks lamelli pool on keele ja tugevdega, teine lamelli pool on keeleankru ja külgtugevde pesadega. Peamine erinevus P10 ja P15 vahel on lamellide suurus. P10 süvistussügavus on 10mm, P15 aga 15mm. (Lamello AG kodulehekülg)



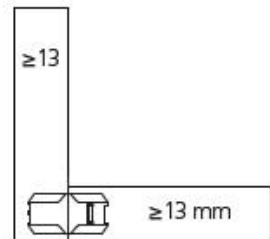
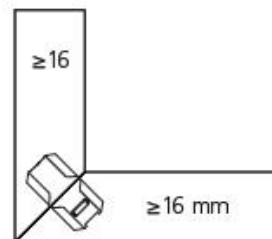
**Joonis 4.** Clamex P15 selgitused.

Lamelli tootja soovib kasutada P10 lamelli üle 13mm paksustes materjalides, P15 lamelli üle 16mm paksustes materjalides. Mõlema lamelli läbimõõt on võrdne 100,4mm. Tulenevalt süvistamissügavusest on P15 laiem (66mm) kui P10 (52mm). Täpne joonis lisas 4.

## Clamex P-15



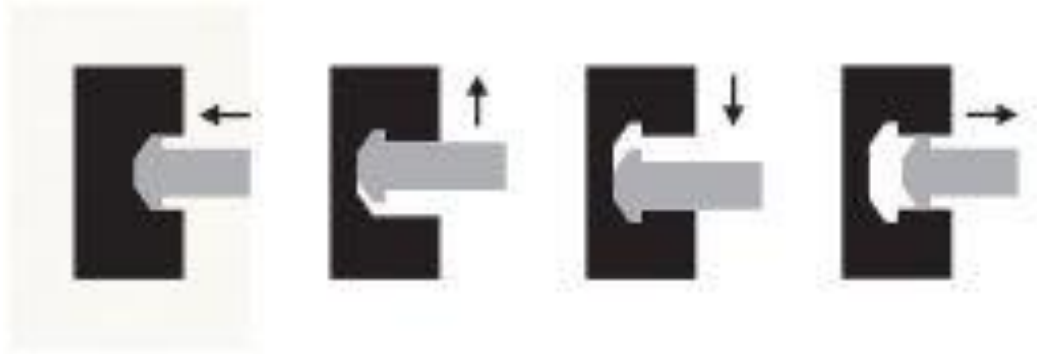
## Clamex P-10



**Joonis 5.** Clamex P seotiste plaatmaterjalide minimaalne paksus (Lamello AG 2014).

Teine erinevus P10 ja P15 vahel on kinnitusavade puudumine P10-l. Kinnitusavade kasutamine ei ole tähtis, kuna lamelli külgekandid tagavad furnituuri püsimise pesas ning võtavad vastu tõmbekoormuse. Ühendus suletakse 4mm kuuskant võtmega. Kuuskantava jaoks puuritakse üks 6mm läbimõõduga ava detaili pinnal. (Lamello AG kodulehekülg)

Lamelli pesa freesitakse spetsiaalse lamellifreesi Zeta P2 või CNC-keskusega, mis on varustatud spetsiaalse lõikeinstrumendiga. Pesa on samasugune mõlema lamelli poolel. Lamellifreesi ja CNC-keskuste tehnilised andmed lisas 5. Lamellifreesi unikaalsus avaldub patenteeritud lõikeinstrumendi ostsilteerumisel. (Lamello AG 2014)



**Joonis 6.** Lõikeriista ostsilleerumine (Lamello AG kodulehekülj).

Lamell lükatakse käsitsi freesitud pesa. Kinnitamata lamelli saab eemaldada pesast ilma pesa kulutamata. Küljkandid tagavad furnituuri paigaloleku pesas nii transportimisel kui ka hilisemal eksploatatsioonil. Küljekandid annavad ühenduse põhilise tugevuse tõmbele materjali ja lamelli vahel. Keel, mis sulgeb ühenduse annab tugevuse lamelli osade vahel. Tänu rihveldatud külj tugevedele on võimalik varieerida ühenduse asendiga laiuse suhtes, +/- 1mm. Seega on võimalik töötlemisel tuleneva ebatäpsuse mõju minimaliseerida. Asendi varieerumise võimalus on oluline eering liite puhul (joonis 7). (Lamello AG 2014)



**Joonis 7.** Eerungseotis.

Rihveldatud külj toed töötavad väände, mis on tähtis kitsastele detailidele, kus kasutatakse ainult ühte Clamex P ühendust. Clamex P kinnitusvahendeid saab kasutada 30-180 kraadi detailide ühendamise nurga all. Tingimuseks on pesa orienteerimine täisnurkselt detailide ühenduse baaspinna järgi. (Lamello AG 2014)

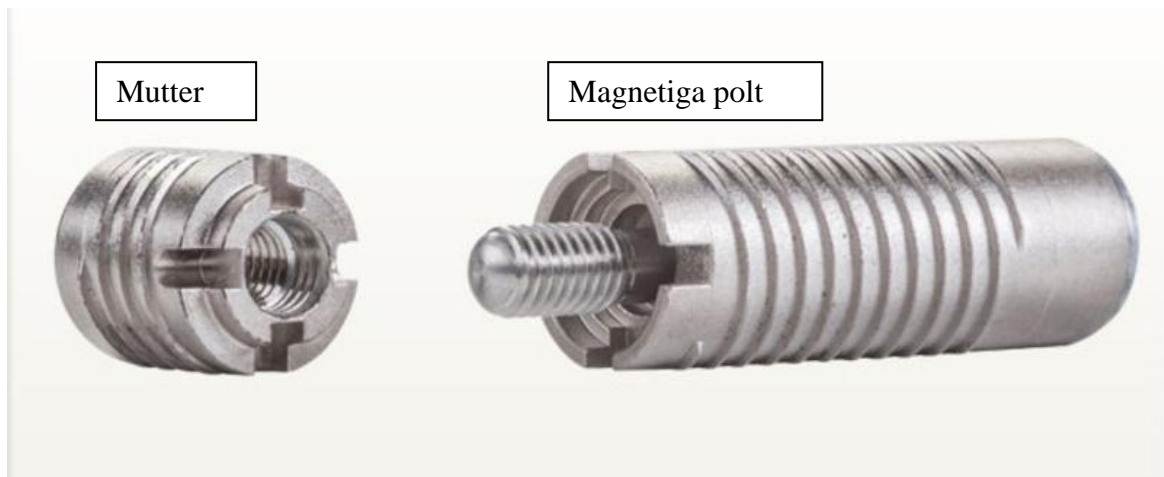


**Joonis 8.** Clamex P15 pesasse asetamine.

Clamex süsteemi kinnitusfurnituuri eelis on kiire detailide ühendamise. Seega sobib ta hästi sageli transportitavale mööblile, nagu messi, poe ja muu mööbel. Aga ka statsionaarsele või integreeritud mööblile, nagu riiulid, lauad, kapid, sissehitatud köögmööbel jne. (Lamello AG 2014)

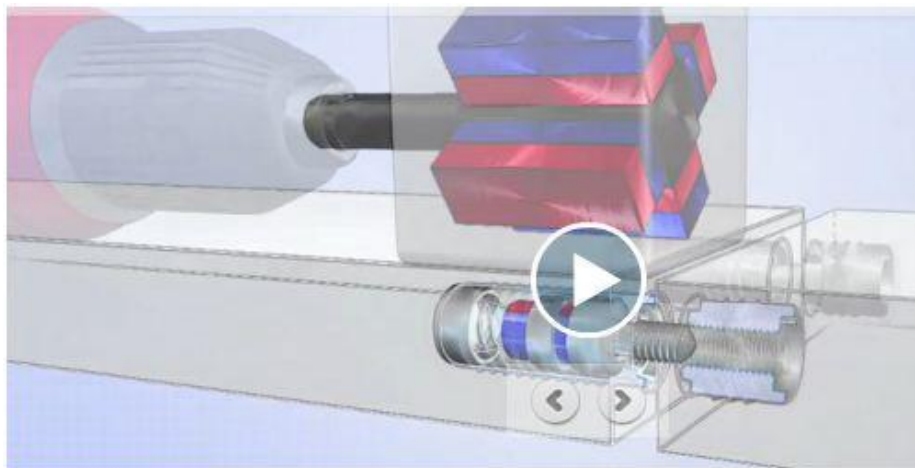
### **Invis Mx**

Magnetühendus Invis Mx on lahtivõetav ühendus, mis sulgedes jätab nähtamatu ühenduse. Kinnitusfurnituur koosneb magnetiga poldist ja mutrist. Mõlema diameeter on 12mm ning mõlema välispinnal on keere. Antud töö kasutatud magnetiga polt on 29mm pikk, mutter 13,5mm.



**Joonis 9.** Invis Mx magnetühendus (Lamello AG 2014)

Tootja pakub veel erineva pikkusega polte ja mutreid. Mõlemad osad keeratakse trelli abil eelnevalt töödeldud avadesse spetsiaalse otsikuga. Pöörlev magnetväli tekitatakse trelli spindlisse kinnituv MiniMag Mx seadmega. Magnetvälja tekitamiseks on vajalik kiirus 1200-1500p/min. MiniMag seade asetatakse vastu detaili pinda, kus on polt. Magnetiga polt keerab ennast magnetvälja mõjul mutrisse. Trelli vastupidisel suunas pööreldes kruvib mutter välja. (Lamello AG 2014)



**Joonis 10.** Invis Mx seotise põhimõte (Lamello AG 2014)

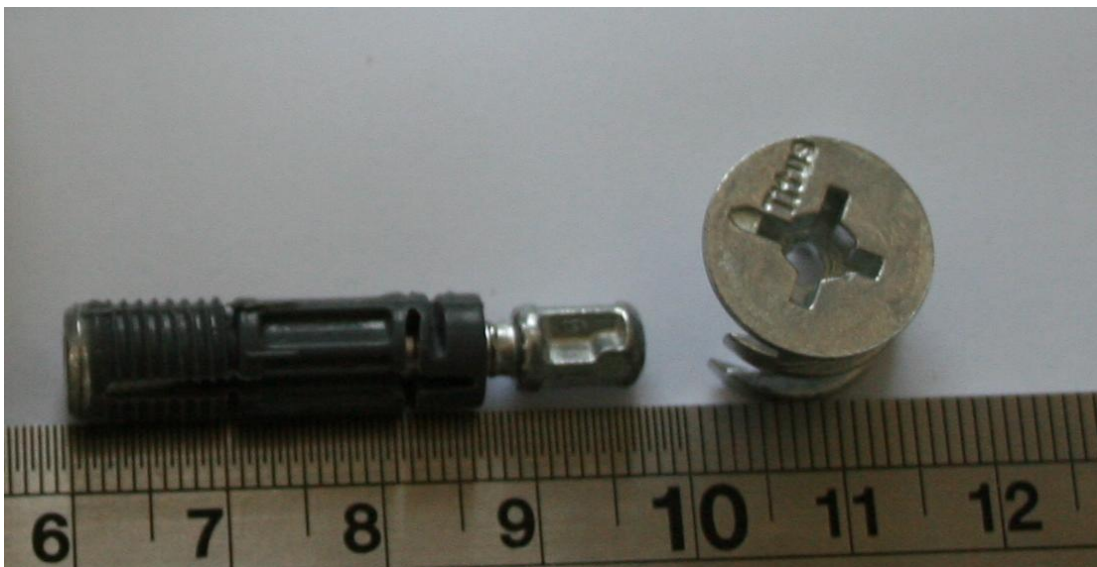
Kasutusala: kiiresti paigaldatav mööbel, treppi käsipuu, lauajalad.



**Joonis 11.** Invis Mx lauajala lahtivõetav seotis (Lamello AG 2014).

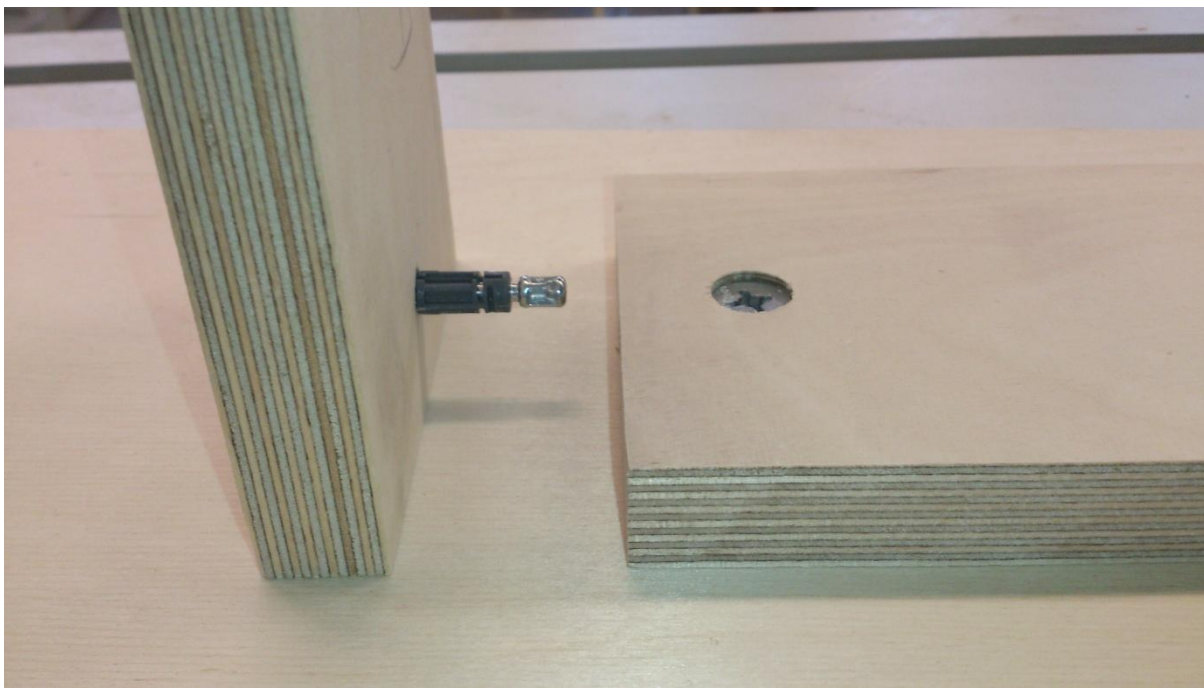
### **Titus tõmmits**

Minifix on korpusmööbli ühendamiseks mõeldud tõmmits, mis koosneb ekstsentrilist Cam2000 ja plastkattega tõmmitspoldist Quickfit-TL4.



**Joonis 12.** Tõmmitspolt ja ekstsentrik.

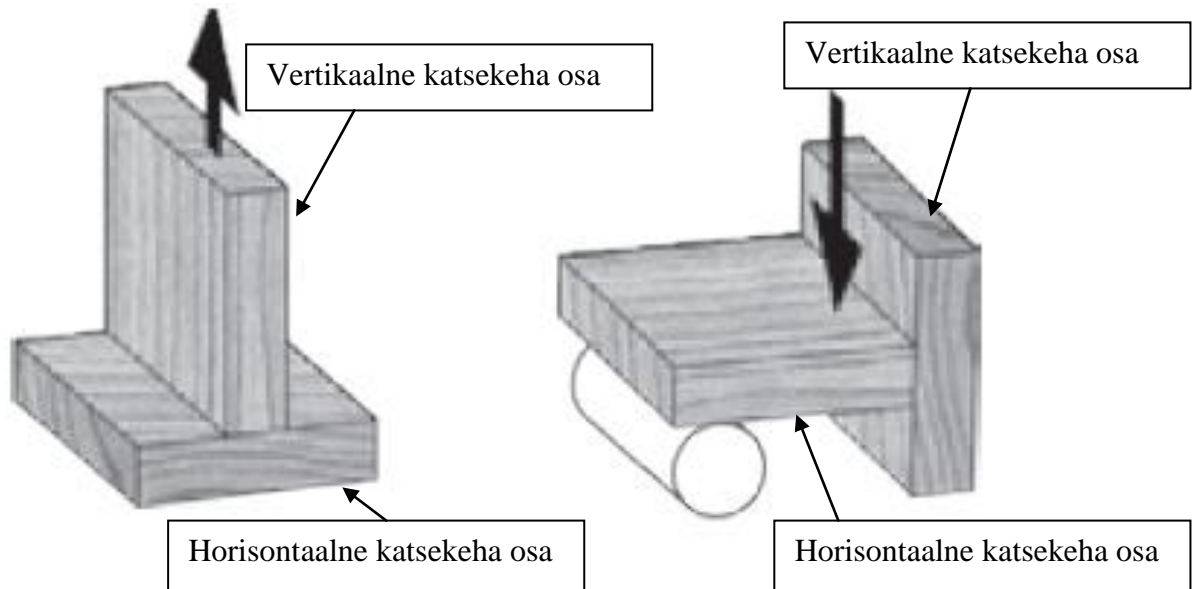
Ekstsentrik ja tõmmitspolt asetatakse avadesse ning keerates kruvikeerajaga ekstsentrikut, tõmbab tõmmitspolti enda poole, laiendades tõmmitspoldi plastik katet. Nähtavale jääb ekstsentriku pind, mida on võimalik katta kattekorgiga. Mööblitööstuses on sellise põhimõttega tõmmits enam levinud.



**Joonis 13.** Tõmmitsseotis vineeris.

### 3. Meetodid

Kinnitusfurnituuri mehaaniliste omaduste testimiseks teostati tõmbe- ja nihkekatsed. Tõmbekatsel kasutati T-seotist. Nihkekatsel kasutati nurkseotist. Katsetatav ühendus oli seotise keskel. Katsete põhimõtte on esitatud joonisel 8.



**Joonis 14.** Katsemeetodite põhimõtte (Lamello AG 2014)

Tõmbe- ja nihkekatsed valiti kuna Clamex P ja Invis Mx tootja Lamello AG kodulehel on andmed sarnaste katsete kohta, tabel 5. Selline katsetusviis näitab kõige paremini kinnitusfurnituuri tugevust tõmbele ja nihkele.



### 3.1 Katsekehade valmistamine

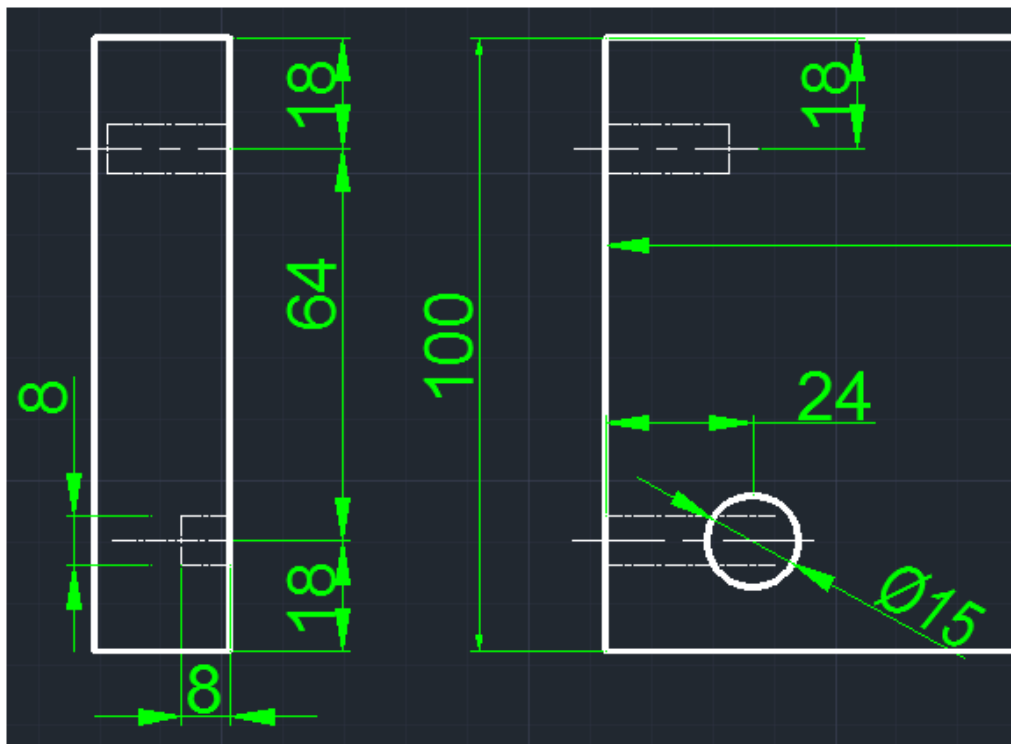
Katsekehad valmistati TTÜ Puidutöötlemise õppetoolis. Katsekehad valmistati eelpool nimetatud MDF-st, MFC-st ja vineerist.

Tabel 4. Katsekehade mõõtmed.

	Vertikaalne katsekeha osa (mm)	Horisontaalne katsekeha osa (mm)
Tõmbekatse keha	250x100	80x100
Nihkekatske keha	160x100	250x100

Katsekehade mõõtmed valiti sellisel, et tagada suurim materjalist väljatulek ja täpsem töötlemine CNC-keskuses Homag Weeke BHC280.

Antud töö üks eesmärkidest on uurida puittüübli kasutegurit ühenduses, seega katsetati nihkekatsel nii katsekehi ainult tõmmitsaga kui katsekehi tõmmitsa ja puittüübliga.



Joonis 15. Tõmmitsa ja puittüübli seotise joonis.

Katsekehad lõigati sobivasse pikkusesse formaatsae Griggio SC32.



**Joonis 16.** Formaatsaag Griggio SC32

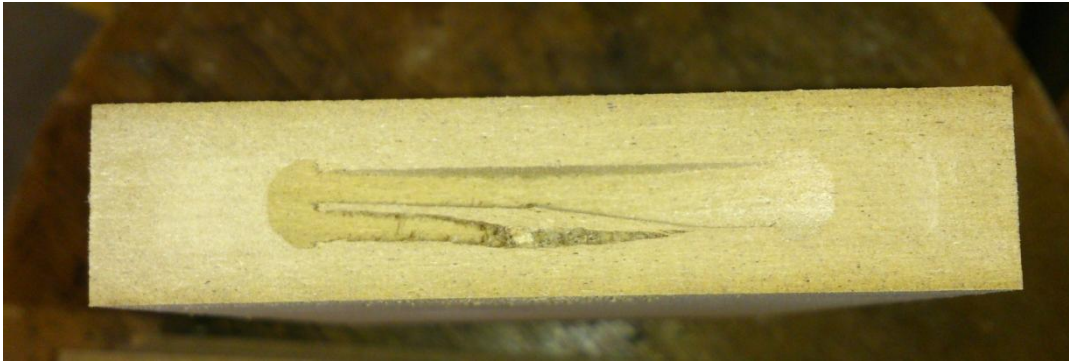
Clamex P katsekehade lamellipesad freesiti lamellifrees Zeta P2-ga. Tõmmitsa avad ja Invis Mx avad töödeldi CNC-keskuse Homag Weeke BHC280 ja puurpingi SBA-ga (joonis 10,12).



**Joonis 17.** CNC keskus Homag Weeke BHC 280

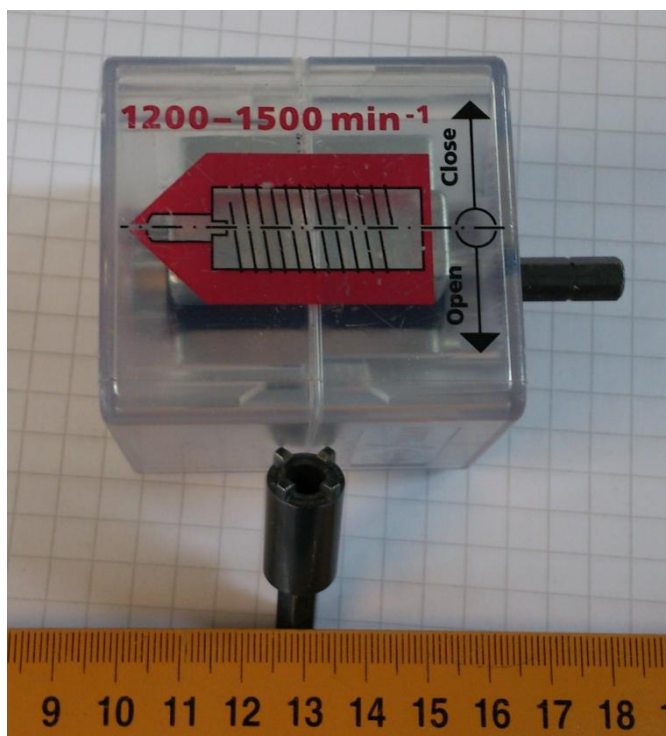
Clamex P15 ühenduse sulgemisavad puuriti spetsiaalse puurimisrakisega, joonis 11. Clamex P10 ühenduse sulgemisavad puuriti puurpingi SBA-ga. Kui ei ole puurimisrakist, siis on

tehnoloogiliselt mõistlikum enam puurida sulgemisavad ning seejärel freesida Clamex pesad. Kuna vastupidisel tööjärjekorral delamineerub plaatmaterjal freesitud pesast.



**Joonis 18.** MDF-i delamineerumine Clamex P10 freesitud pesast.

Kinnitusfurnituur monteeriti avadesse käsitsi või akutrelliga. Invis Mx ühendus keerati avasse akutrelli kinnituva spetsiaalse otsikuga, joonis 19. Clamex P ühendused suleti kuuskant võtme, Invis Mx MiniMag seadmega(joonis 19) ning Titus tõmmits kruvikeerajaga.



**Joonis 19.** Vasakul Invis MiniMag koos poldi otsikuga. Paremäl Clamex P puurimisrakis. (Lamello AG 2014)

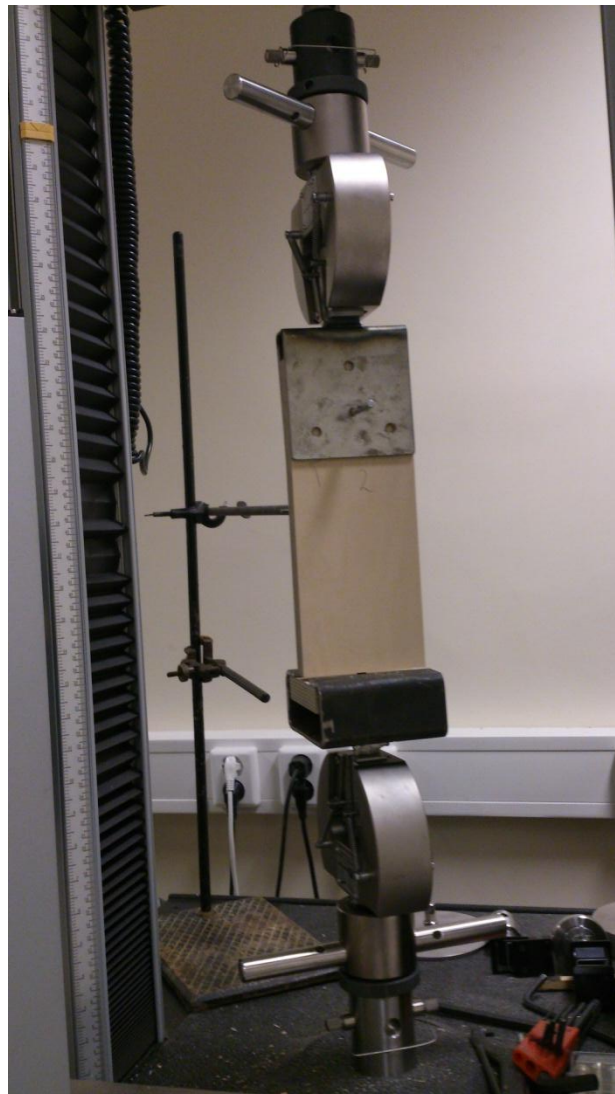
### 3.2 Katse parameetrid

Tõmbekatsel kinnitati kastekeha metallist rakisega tõmbemasina haaratsite vahele (joonis 20).

Katsed teostati TTÜ polümeermaterjalide instituudi laboris.

Katse parameetrid:

- Õhutemperatuur 20°C, õhu suhteline niiskus 35%
- Katsemasin Instron 5866 varustatud Bluehill tarkvaraga
- Tõmbekiirus 10mm/min
- Eelpinge 40N
- Katse lõpetamine kui koormus on langenud 40% maksimaalsest jõust või kui graafikul on näha jõu langemist.



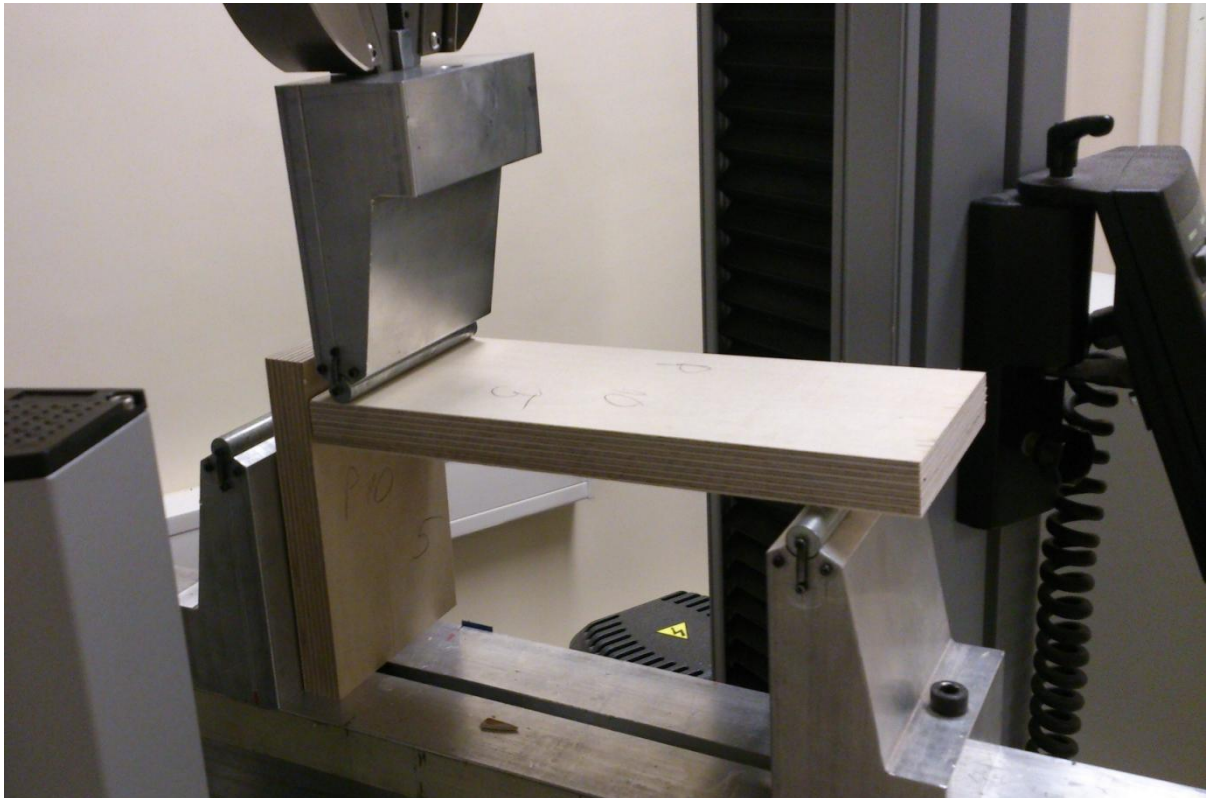
**Joonis 20.** Tõmbekatse katse keha asetatud tõmbemasinasse Instron 5866.

Detailne tõmbekatse joonis on esitatud lisas 6.

Nihkekatset asetati katsekeha tõmbemasina rakisele, joonis 21. Katsed teostati TTÜ polümeermaterjalide instituudi laboris.

Katse parameetrid:

- Õhutemperatuur 20°C, õhu suhteline niiskus 35%
- Katsemasin Instron 5866 varustatud Bluehill tarkvaraga
- Tõmbekiirus 10mm/min
- Katse lõpetamine kui koormus on langenud 40% maksimaalsest jõust või kui graafikul on näha jõu langemist.

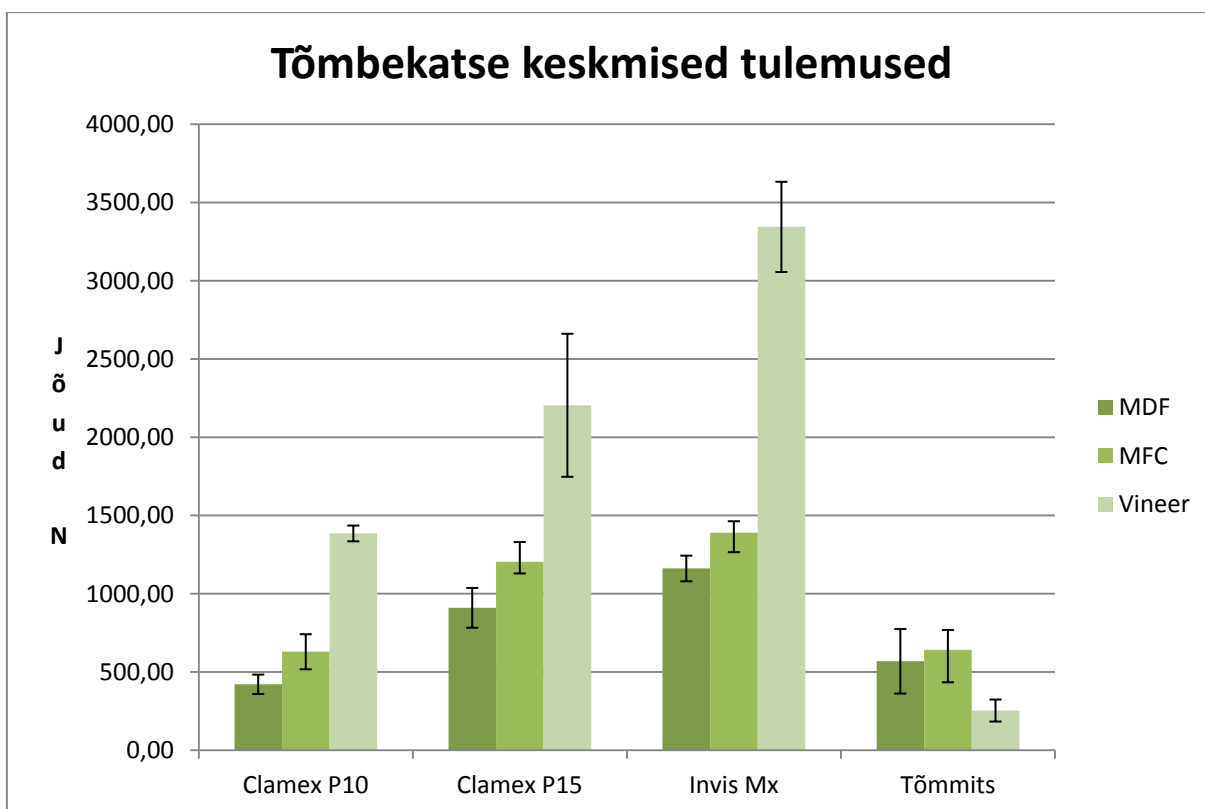


**Joonis 21.** Nihkekatse katsekeha asetatud tõmbemasinasse Instron 5866.

Nihkekatse detailne joonis on toodud lisas 7.

## 4. Katsetulemused ja järeldused

Võrreldes tõmbekatse tulemusi talus teistest plaatmaterjalidest suuremaid koormusi vineer. Tõmbekatsel oli melamiinvaik-pealistusega puitlaastplaadil tugevam kui MDF. Tõmbekatsel oli kinnitusfurnituuril vineeris paremad keskmised maksimaalsed tulemused, v.a tõmmitsal. Tõmbekatsel saavutas kõrgema keskmise tulemuse Invis Mx magnetühendus vineeris. Invis püsimine vineeris on ligi 50% suurema tugevusega kui MDF-is või PLP-s. Samas oli suuremad hälbed vineerist katsekehadel.



**Joonis 22.** Tõmbekatse keskmised tulemused standard hälbega.

Clamex kinnitusfurnituuri võrreldes on Clamex P15 1/3 võrra tugevam kui Clamex P10.

**Tabel 5.** Tootja andmed. (Lamello AG 2013)

	MDF	PLP	Vineer
Clamex P10	610	580	1750
Clamex P15	1220	1070	1880

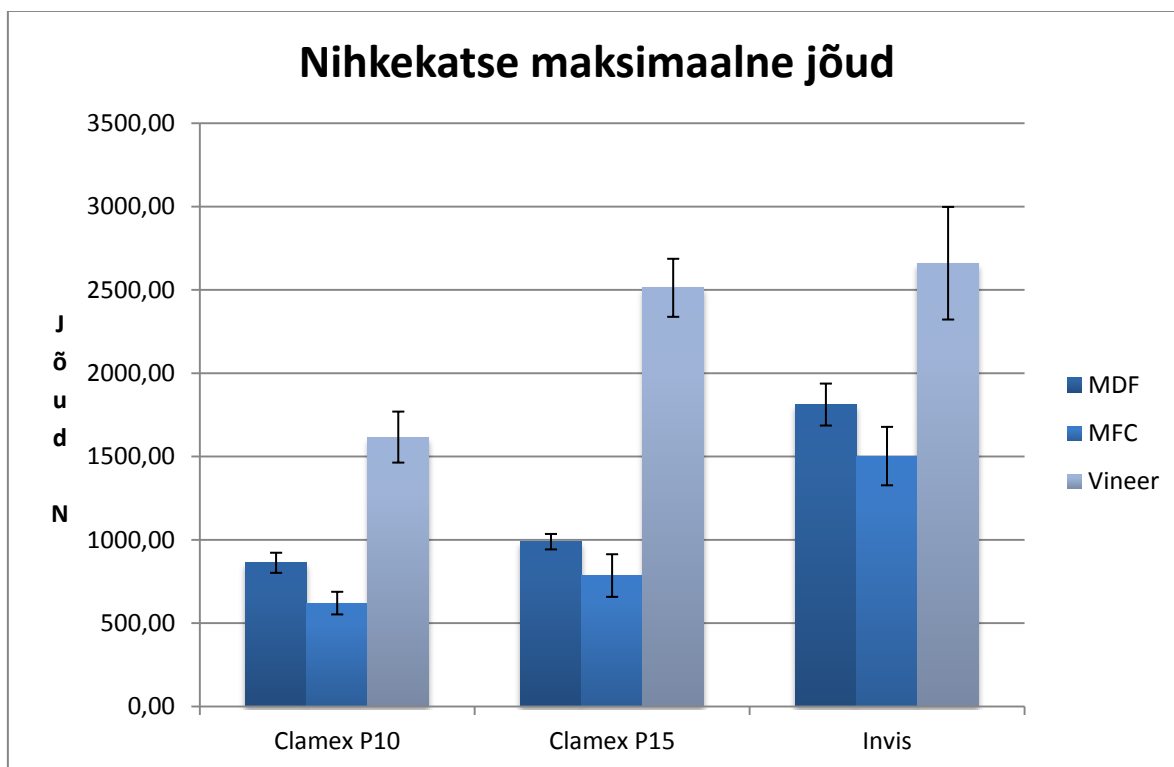
Tootja andmetega võrreldes on kõrgemad tulemused Clamex P10 PLP-s, Clamex P15 PLP-s ja vineeris (tabel 5). Erinevus tootjaandmetega võib tuleneda katse-seerias katsetatavate katsekehade arvust, plaatmaterjali erinevusest ja katsekehade mõõtmetest.

Tõmmits saavutas kõrgemaid tulemusi PLP-s. See on seletatav PLP madala tihedusega. PLP on poorem ja võimaldab suuremat muljumist. Tõmmitspoldi plastikkattel on ruumi ennast avada ning seega saavutab parema haarde ava sisepinnaga. Tõmmitspolt vineeris ei suuda ennast piisavalt avada, ava sisepind on siledam ning polt ei saa piisavalt hõõret.

**Tabel 6.** Tõmbekatse keskmised tulemused standard hälega.

	Clamex P10	Clamex P15	Invis Mx	Tõmmits
MDF	421,52+-61,94 N	910,00+-127,17 N	1161,83+-81,90 N	568,56+-206,18 N
MFC	629,47+-112,02 N	1203,65+-73,65 N	1389,88+-124,02 N	641,30+-206,85 N
Vineer	1385,57+-50,47 N	2204,52+-457,08 N	3344,69+-288,25 N	253,78+-70,32 N
Keskmine	812,19+-74,81 N	1439,39+-219,30 N	1965,47+-164,72 N	487,88+-161,12 N

Nihkekatsel talus suurmat koormust tõmmitsaga puittüübel. Nagu tõmbekatsel oli ka nihkekatsel kõrgemad tulemused vineerist katsekehadel.

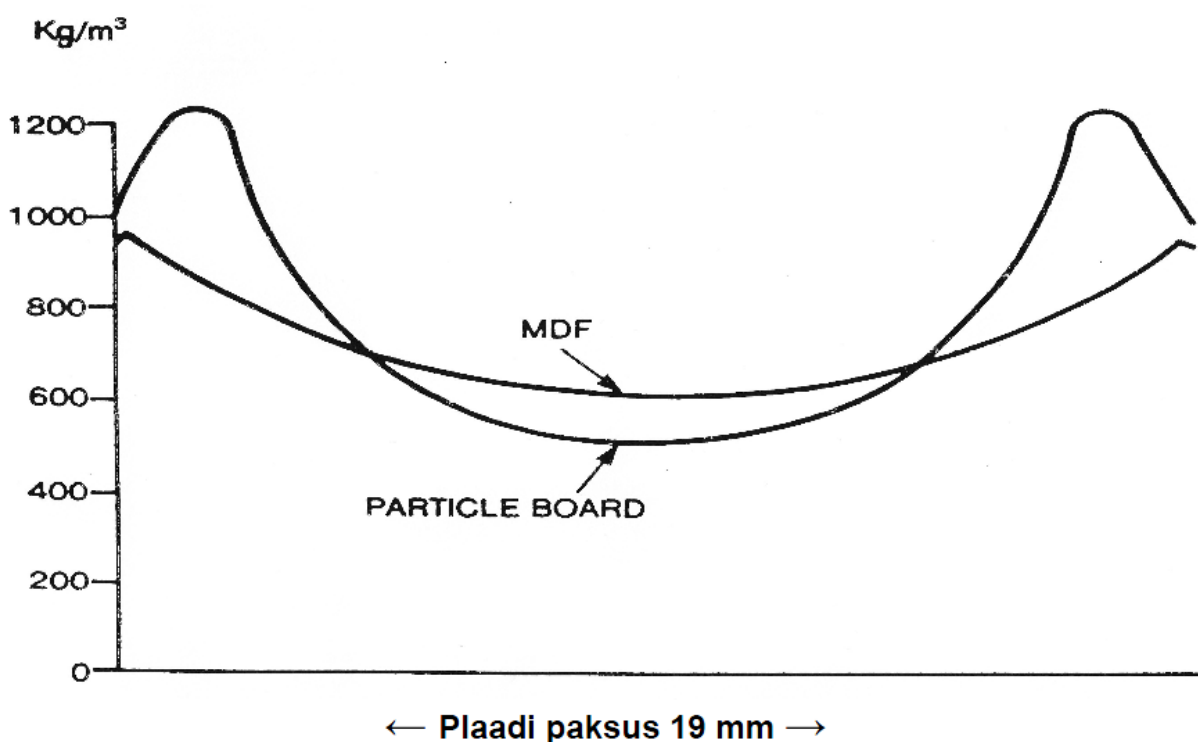


**Joonis 23.** Nihkekatsel keskmised tulemused

**Tabel 7.** Nihkekatsede tulemused standard hälbega.

	MDF	MFC	Vineer	Keskmine
<b>Clamex P10</b>	861,89+- 60,36N	620,04+-67,81 N	1616,25+-153,04 N	1032,73+-93,74 N
<b>Clamex P15</b>	988,72+-46,35 N	785,38+-127,93 N	2512,18+-174,21 N	1428,76+-116,16 N
<b>Invis</b>	1811,49+-125,94 N	1502,36+-175,30 N	2659,74+-337,92 N	1991,20+-213,05 N
<b>Tõmmits</b>	1335,15+-91,27 N	1048,96+-56,15 N	1678,59+-56,02 N	1354,23+-67,81 N
<b>Tõmmits+tüübel</b>	1890,30+-143,93 N	1503,25+-163,26 N	3143,66+-328,18 N	2179,07+-211,79 N

Võrreldes tõmbekatses talusid MDF-ist katsekehad suuremat koormust kui PLP-st katsekehad. See on seletatav MDF suurema ja ühtlasema tiheduse ning kõrgema sisesidusega (vaata joonis 24).



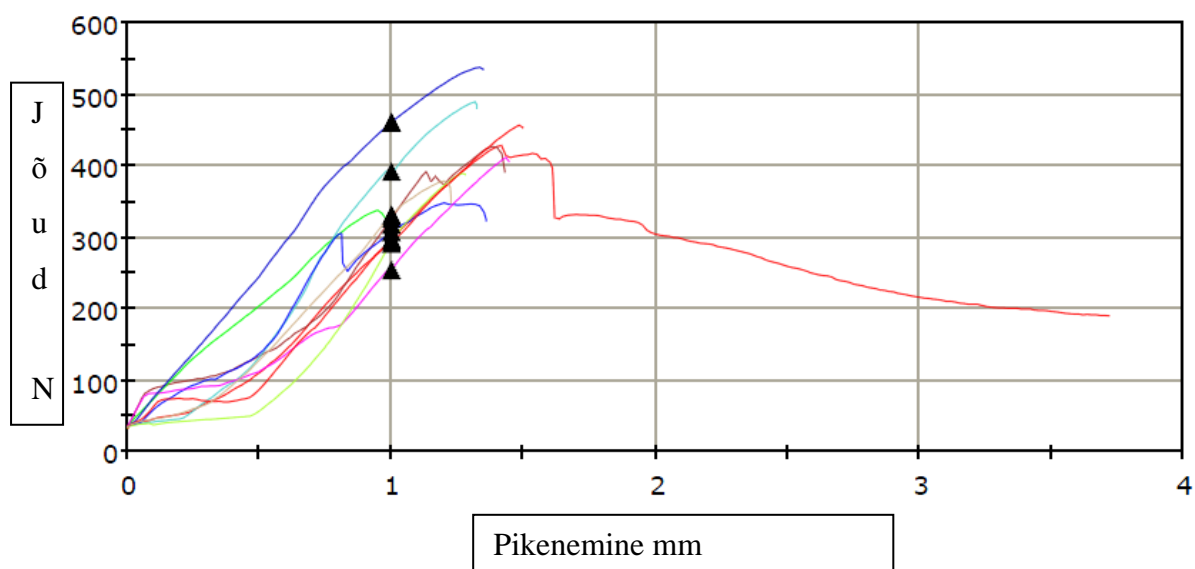
**Joonis 24.** MDF-i ja PLP tiheduse võrdlus. (Reiska 2012)

Üks töö eesmärkidest oli uurida puittüüblite mõju seotise nihketugevusele. Pöõgi puidust puittüüblid annavad tõmmitsseotisele 30-50% nihketugevust sõltuvalt plaatmaterjalist. Vineerist katsekehadel oli puittüüblite mõju suurem ligi 50%.



## 4.1 Purunemine tõmbekatsel

Purunemine toimus katsetatavas paneelmaterjalis või ühenduses. Vineer on teistest plaatmaterjalidest tihedam ja suurema sisesidususega. Tõmbekatsel purunesid Clamex P seotised vineeris kinnitusfurnituurist. Joonis 25 on näha Clamex P10 ühenduse purunemist vineeris.



**Joonis 25.** Clamex P10 kinnitusfurnituuri tõmbekatse vineerist katsekehaga.

Tõmbekatsel oli valdav purunemine vastusankrust (joonis 26). Ankur purunes või muljus plastkorpust, mille tagajärjel ühendus purunes.



**Joonis 26.** Ankrust purunenud Clamex P15 katsekeha.

MDF ja lamineeritud puitplaadist Clamex P seotisega katsekehades oli valdav purunemine paneelmaterjalist. Ligi 70% Clamex P ühendustest MDF-is ja lamineeritud puitlaadplaadis jäi ilma tõsiste mehaaniliste vigastusteta. Paneelmaterjal purunes vertikaal katsekeha osast, vt joonis 27.



**Joonis 27.** Clamex P10 tõmbekatse.

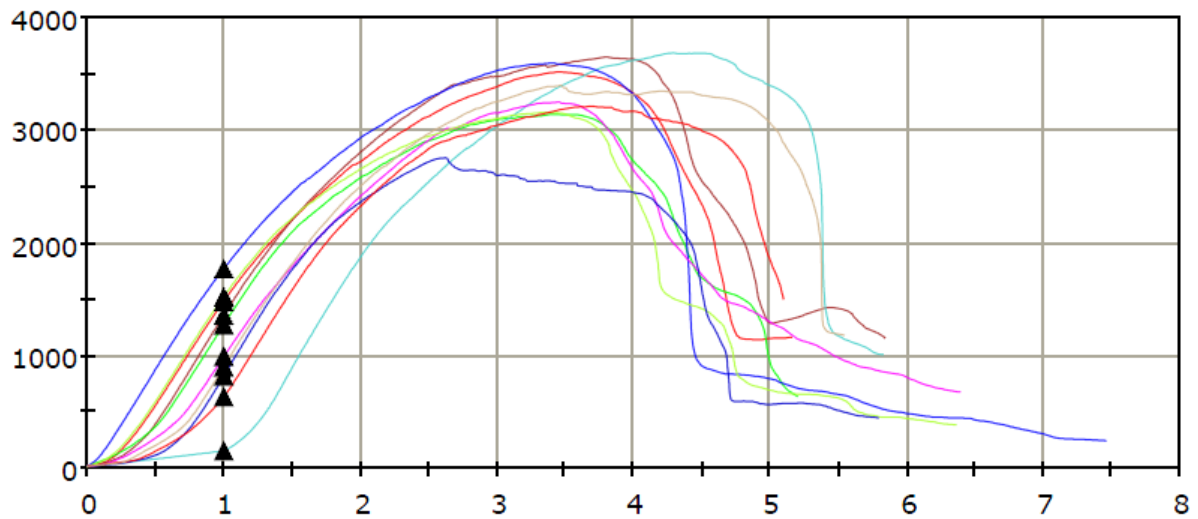
Invis Mx kinnitub paneeli nagu puidupolt. Seega tõmmatakse kinnitusfurnituur avast välja. Keerme sügavus on väiksem kui M12 puidupoldil. Paneelmaterjalil märgatavaid kahjustusi ei ole, ainult ava sein on väljatõmbamise tulemusel deformeerunud (joonis 28). Ühendus on sulgunud, mutter ei ole magnetpoldist eemaldunud.



**Joonis 28.** Invis Mx ava muljutud sisepind.

Joonisel 29 on näha, et Invis Mx saavutab oma maksimaalse jõu enne 4mm pikenemist. MDF ja lamineeritud puitlaastplaadi katsekehade graafikul on märgata sarnast käitumist, kuigi

ühendus saavutab maksimaalse koormuse varem, 2mm pikenemisel, jääb ühendus ikkagi hoidma.



**Joonis 29.** Invis Mx ühenduse katsetamine tõmbele vineerist kastekehade korral.

Titus tõmmits ei purunenud. Ekstsentrik nihkus paigast, kuid tõmmitspolt jäi avasse.

## 4.2 Purunemine nihkekatsel

Clamex P kinnitusfurnituur vineeris purunes keelest (vt joonis 30). Kuid sarnaselt tõmbekatsel jäid enamus MDF ja lamineeritud puitlaastplaadi kastekehades olevad Clamex P ühendused terveks.



**Joonis 30.** Keelest purunenud Clamex P10.

MDF ja lamineeritud puitlaastplaat delamineerus katsekeha keskelt (vt joonis 31).



**Joonis 31.** MDF ja PLP katsekehad Clamex P15 kinnitusfurnituuriga.

Invis Mx ühenduse katsekeha purunes nii paneelmaterjalist kui ka magnetühendusest. Vineerist katsekehadel purunes magnetühendus muttrist ja magnetpoldist. MDF ja lamineeritud puitlaastplaadiga katsekehad delamineerusid keskelt ning paneeli purunemine oli suurem (joonis 32).



**Joonis 32.** Invis Mx kinnitusfurnituur MDF-is ja PLP-s nihkekatsekeha.

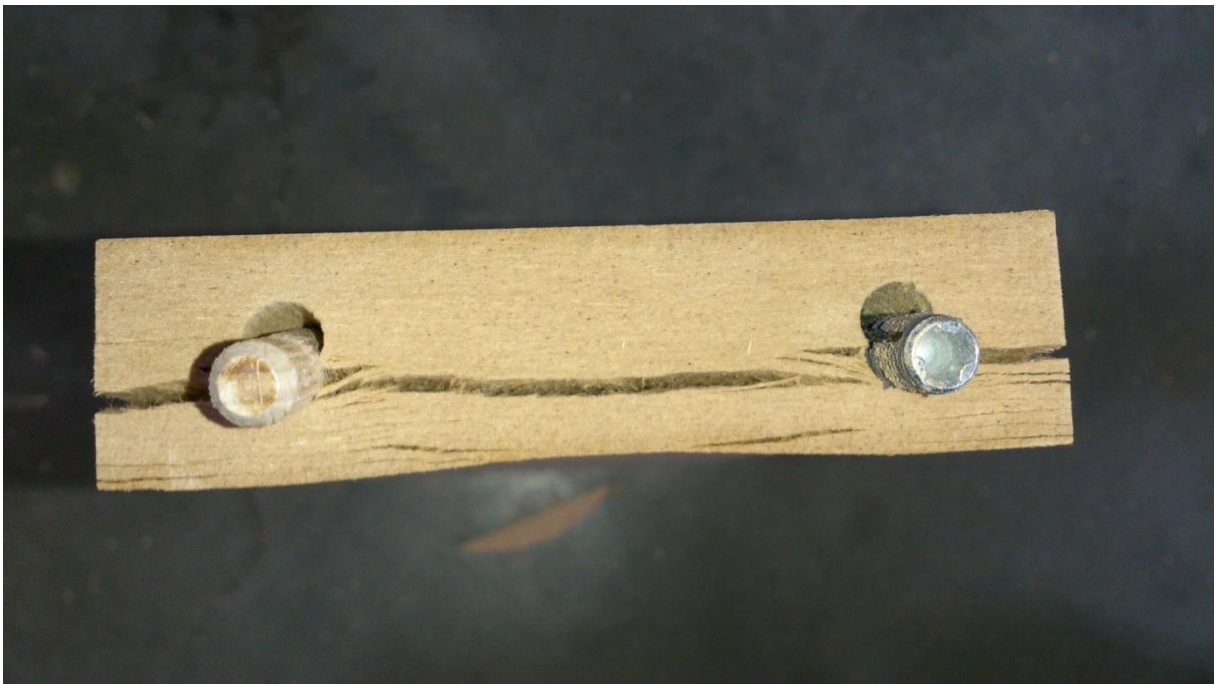
Pooled tõmmitsaga katsekeha purunes tõmmitsapoldist ja ülejäänud paneelmaterjalist.

Tõmmits koos puittüübliga katsekeha vineeris talus kõige suuremat koormust. Puittüüblil oli muljumised ja lõikedeformatsioonid (joonis 33).



**Joonis 33.** Muljunud ja/või purunenud puittüüblid

Paneelmaterjal delamineerus keskelt terve laiuse ulatuses (joonis 34) .



**Joonis 34.** Tõmmits koos puittüübliga MDF-is.

## 5. Majanduslik osa

Paratamatult on iga toote ostul üheks määravaks teguriks hind. Šveitsi tootja Lamello AG toodete maaletooja on Ottensten Eesti OÜ. Vastavalt tabel on tõmmitsa ühendus Clamex P kinnitusfurnituurist ligi 7 korda odavam ning Invis Mx-ist ligi 30 korda odavam .

**Tabel 8.** Kinnitusfurnituuri hinnad seisuga 29.05.2014.

Nimetus	Kogus	Hind € ilma km	Hind tk ilma km
<b>Clamex P10</b>	80	129,00*	1,61*
<b>Clamex P10</b>	300	332,00*	1,11*
<b>Clamex P10</b>	1000	1080,00*	1,08*
<b>Clamex P15</b>	80	125,50*	1,57*
<b>Clamex P15</b>	300	362,00*	1,21*
<b>Clamex P15</b>	1000	1158,00*	1,16*
<b>Invis Mx</b>	20	93,00*	4,65*
<b>Tõmmitsa tüübel Quickfit-TL2 Ø8x24mm</b>			0,11**
<b>Tõmmitsa ekstsentrisk Cam2000 Klix ©15x11,9mm</b>			0,05**
<b>Puittüübel 8x35</b>			0,01**

\*Ottensten Eesti OÜ 2014

\*\*Agenda OÜ 2014

Hinna võrdluses tabel 9 on arvestatud kinnitusfurnituuri madalamat tüki hinda. Hind on võetud tabel 8. Punktiskaala jaguneb 5-väga hea, 4-hea, 3-keskmine, 2-rahuldav, 1-kehv.

**Tabel 9.** Kinnitusfurnituuri hind ühe detaili kohta.

	Clamex P10	Clamex P15	Invis Mx	Tõmmits+puittüübel
Hind €/tk	1,08	1,16	4,65	0,17
Punktid	2	2	1	5

Nii Clamex kui ka Invis Mx ühenduste valmistamise jaoks on vaja eraldi spetsiaalseid seadmeid. Invis Mx sulgub Invis MiniMag seadme abil, mille väärtus on liialt kõrge, et seda mööblitootega kaasa müüa (tabel 5). Seega on Invis Mx mõeldud professionaalsetele mööbli paigaldajatele. Clamex P kinnitusfurnituuri jaoks on minimaalne väljaminek üle 1000€, mille eest saab osta patenteeritud ostsilleerumisega lamellifreesi Zeta P2.

**Tabel 10.** Kinnitusfurnituuri avade töötlemiseks vajalike töö- ja lõikeriistade hinnad (Ottenssten Eesti OÜ).

Nimetus	Hind € ilma km
Invis Mx stardikomplekt	387,00
Invis MiniMag poldi keerme otsikuga	81,60
Lamellifrees Zeta P2 kõvasulam lõikeriistaga plastikkohvris	1155,33
Lamellifrees Zeta P2 kõvasulam lõikeriistaga puitkohvris	1173,83
Lamellifrees Zeta P2 teemant lõikeriistaga plastikkohvris	1399,00
Lamellifrees Zeta P2 teemant lõikeriistaga puitkohvris	1299,17
Lamellilõikeriist $\varnothing 100,4 \times 7 \times 30\text{mm}$ , 4/ 6,6/ DTK48mm	237,83
Puur CNC-keskusele $\varnothing 6\text{mm}$	110,00
Võll $\varnothing 20 \times 50$ , L =102 mm	248,67
Võll $\varnothing 16 \times 50$ , L =85 mm	248,67

Antud kinnitusfurnituuri avasid saab töödelda spetsiaalsete elektritööriistadega või CNC-keskusega. Tabel 11 on väljatoodud töötlemisseadmete alginvesteering käsielektritööriistadesse või CNC tehnoloogiasse. Clamex P avade CNC töötlemiseks on vaja võlli, lamellilõikeriista ja Ø6mm puuri. Clamex P10 ja Clamex P15 töötlemistehnoloogia ei erine teineteisest kasutatavate seadmete poolest. Elektritööriistade maksumusel on arvestatud kõige odavamat hinda. Tabel 11 punktiskaala 5-väga hea, 4-hea, 3-keskmine, 2-rahuldav, 1-kehv.

**Tabel 11.** Kinnitusfurnituuri tehnoloogiline maksumus.

	Clamex P		Invis Mx		Tõmmits	
	Hind € ilma km	Punktid	Hind € ilma km	Punktid	Hind € ilma km	Punktid
<b>Käsielektritööriistad</b>	1155,33	1	387,00	3	800,23	2
<b>CNC- tehnoloogia</b>	237,83+248,67 +112= 598,50	1	20,00	5	80,00	4
<b>Seotise sulgemiseks vajalikud seadmed</b>	Kuuskant võti	5	MiniMa g 81,60	1	Ristpea kruvikeeraja	5



Töötlemise- ja seotise sulgemismugavus on arvestatud avade töötlemise lihtsust, seadme reguleerimis mugavust ning ühenduse esteetilist välimust. Tabel 12 punktiskaala 5-väga hea, 4-hea, 3-keskmine, 2-rahuldav, 1-kehv.

**Tabel 12.** Seotise sulgemis-ja töötlemis mugavus.

	Clamex P	Invis Mx	Tõmmits
<b>Töötlemismugavus elektritööriistadega</b>	5	3	2
<b>Seotise sulgemis mugavus</b>	5	4	5
<b>Seotise esteetiline välimus</b>	4	5	1

Kinnitusfurnituuri mehaaniline tugevus on saadud katseandmetest. Tabel 13 on tõmbe-ja nihkekatse tulemuste keskmised väärtused kinnitusfurnituuri kohta paneelmaterjalis. Tõmbekatsel ei katsetatud tõmmits ühendust puittüübliga, kuna puittüübel ei anna tõmbel ühendusele tugevust. Punktid on korrelatsioonis katsetulemustega. Tabel 13 punktiskaala 5-väga hea, 4-hea, 3-keskmine, 2-rahuldav, 1-kehv.

**Tabel 13.** Kinnitusfurnituuri mehaaniliste omaduste hinnang.

	Clamex P10	Clamex P15	Invis Mx	Tõmmits+puittüübel
<b>Tõmbekatse</b>	3	4	5	2
<b>Nihkekatse</b>	2	3	4	5

Andmete kokkuvõtte on toodud tabelis 14.

**Tabel 14.** Kokkuvõttev tabel.

	Clamex P10	Clamex P15	Invis Mx	Tõmmits+puittüübel
Hind €/tk	2	2	1	5
Käsitööriistad	1	1	3	2
CNC	1	1	5	4
Sulgemisseaded hind	5	5	1	5
Töötlemismugavus käsitööriistadega	5	5	3	2
Seotise sulgemis mugavus	5	5	4	5
Seotise esteetiline välimus	4	4	5	1
Kasutamine alla 16mm plaatides	5	4	1	4
Tõmbekatse	3	4	5	1
Nihkekatsed	2	3	4	5
Punktid kokku	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>32</b>	<b>34</b>

Enamus hinnangud on subjektiivsed ning autori kogemustel põhinevad. Kokkuvõtva tabeli (tabel 14) kohaselt said kõige rohkem punkte Clamex P15 ja tõmmitsseotis koos puittüübliga. Siit võib järeldada, et kui mööbliese ei ole tihti transportitav, kokkupandav ning seotise nähtav pind ei ole oluline, siis on mõttekas kasutada tõmmitsseotist puittüübliga.

## Kokkuvõtte

Antud töös katsetati lahtivõetavate seotiste mehaanilist tugevust tõmbe- ja nihkekatsel. Katsetel rakendati koormust liite purunemiseni. Plaatmaterjalidena kasutati seotiste valmistamisel MDF, melamiinvaik pealistusega PLP ja vineer. Katsetatav kinnitusfurnituur on Šveitsi tootja Lamello AG tooted Clamex P10 ja P15 plastlamellid ning Invis Mx magnetühendus ja Titus mööblitõmmitis koos puittüübliga. Valiti sellised lahtivõetavad seotised, mis oleks vähese või ilma nähtava sulgemisavaga. Tõmmitisliitel on näha ekstsentrikut, mida saab katta erinevate kattedekorkidega. Clamex P lamellidel jääb nähtavale 6mm diameetriga ava, mis on mõeldud liite sulgemiseks kuuskantvõtmega. Invis Mx magnetseotis jätab nähtamatu liite. Seotis suletakse spetsiaalse magnetvälja tekitava seadmega.

Purunemine toimus nii kinnitusfurnituurist kui ka plaatmaterjalist. Tõmbekatsel oli vineerist katsekehadel kõrgemad keskmised tulemused. Parima tulemuse tõmbekatsel saavutas Invis Mx seotis vineeris, keskmine tulemus 3345N. Nihkekatsel saavutas parima keskmise tulemuse puittüübliga tugevdatud tõmmitisseotis vineerist katsekehas, keskmine tulemus 3144N. Tõmbe- ja nihkekatsel võrdlemisel oli tõmbekatsel PLP-st katsekehad kõrgema keskmise tulemusega kui MDF-ist katsekehad. Samas nihkekatsel oli olukord vastupidine. See tulemus on seletatav MDF-i ühtlasema ja suurema tihedusega, samas ka sisesidus näitajaga, mis MDF-il on suurem. Teine katselise osa eesmärk oli uurida puittüübli mõju tõmmitisliite nihketugevusele. Puittüübel annab tõmmitis seotisele 30-50% rohkem nihketugevust. Kõige rohkem andis puittüübel nihketugevust vineeris katsekehadele korral. Seotis oli kuni 50% väiksema tugevusega kasutades tõmmitisaid kui ilma puittüüblita.

Magistritöö majanduslikus osas võrreldi kinnitusfurnituuri töötlemisseadmete ja ühiku hinna maksumust, kasutus- ning töötlemismugavust. Enamus hinnangud on subjektiivsed ning põhinevad autori kogemusel. Kuid koondandmetega tabel 14 võib järeldada, et soovitud furnituurid lahtivõetavate seotiste valmistamiseks on Clamex P15 ja tõmmitis koos puittüübliga. Kui on määravaks seotise hind, siis ei ole lahtivõetavates liidetes vastast traditsioonilisele puittüübliga tõmmitisseotisele. Kui aga soovitakse välise kinnitusavadeta liidet ning mööblieset on vaja korduvalt teisaldada ja kokkupanna, siis sobib selleks Invis Mx magnetühendus. Clamex P on hea kasutada eerungliites või muudes liidetes, kus sulgemisava võib jääda nähtavale. Lamellil on rihveldatud külgoed, mis võimaldavad seotist koostades nihutada ning seega töötlemise ebatäpsust hajutada.

Magistritöö eesmärgid said täidetud. Katsetati innovaatilisi lahtivõetavaid seotisi, uuriti nende mehaanilist tugevust ja katsete tulemusena selgitati välja tugevamad liited.

Käesoleva magistritöö saavutatud tulemustel on praktiline väärtus, sest need on kasutatavad mööblitootmisega tegelevate ettevõtete poolt igapäevases konstrueerimis- ja kavandamistöös.

## Summary

In this thesis the mechanical properties of connecting fittings were studied. Tensile and shear tests of various detachable fittings in different wood-based panels was conducted. The wood-based panels used in tests were MDF, MFC and plywood. The tested connecting fittings were Swiss manufacturer Lamello AG products Clamex P 10, Clamex P 15 and Invis Mx, were compared with the cabinet connector Titus strengthened with wooden dowel. The detachable furniture fittings were selected that have no opening or the connection has small visible opening on inside face of furniture. Clamex P fasteners are biscuit-shaped plastic lamellas that slides in to the special groove. The groove is made with a especial biscuit router Zeta P2, that has a patented oscillating movement. The connection is closed with 4mm Alien key through the hole that is drilled to the side of the panel. Invis Mx is a magnet driven connection that has no visible opening. The Ø12mm bolt and nut are screwed to the holes, the connection is closed by a jig that is fixed to the cordless drill and rotated on the surface to close the connection. The metal connectors thread begins to rotate by the magnetic field, so that the thread will screw into the opposite stud. To open the connection, simply change the drill direction. The Titus cabinet connector consist of cam and bolt with a plastic plug. The joints were strengthened with wooden dowel The bolt with a plastic plug was installed to the hole. The cams were mounted into holes on the opposite member. The joint was fixed by turning the cam with a screwdriver.

In the tensile test a T-shaped joint was made where the tested fitting in the middle of the connection . The specimens were fixed on the testing machine with two metal brackets. In the shear test a corner joint was made. The force was applied near to the end of the connection. In both tests the fittings in plywood had the highest average maximum load. Invis Mx in plywood had the highest average in the tensile test, 3345 N and the cabinet connector Titus with wooden dowel had the highest average maximum load in shear test, 3144 N. In tensile test the fittings in particle board had higher average than MDF board. But in the shear test the situation was opposite. This can be explained by the higher and homogenous density of MDF. Also the internal bonding of MDF is higher. The melamine lining made the particle board tougher, which was the main factor in the tensile test. The failure of the joint was mainly in the panel material, MDF or MFC, but in the fitting in plywood specimens. Wooden dowels increase the shear strength 30-50% depending on the material. Dowels in plywood had the highest impact.

In the economic part the main aspects were the cost of the technology and price of the fitting. Also the handiness of the closing, ease of processing and aesthetic appearance of the connection was compared. The evaluation was subjective and represented the author's opinion.

If the furniture item is not often dismantled, the cost of the fitting has to be low and the aesthetic appearance is not so important then the traditional cabinet connector is the best. When the aesthetic appearance and easiness to dismantle is important then Invis Mx is a good choice. Clamex P showed also good results, it is exceptionally good in the mitre joint where the processing inaccuracy can be reduced.

The goals of this thesis were fulfilled. Mechanical properties of different detachable furniture fittings were examined and based on test results the strongest joint was selected. The results of this master thesis have the practical value among furniture manufacturing companies design process.

## Kasutatud kirjandus

Agenda kodulehekülg. [WWW] <http://www.agenda.ee/webshop/?page=2&menu=13100>  
(28.04.2014)

*Handbook of Finnish Plywood*. Finnish forest industries federation. Lahti, Finland: Kirjapaino Markprint Oy, 2002

Jackson, A. *Puutöömeistri käsiraamat*. Tallinn : TEA Kirjastus, 2006

Kiisk, T. *Mööblitoodete konstrueerimine*. Tallinn : Eesti NSV Riiklik Hariduskomitee, 1989.

Lamello AG kodulehekülg. [WWW] <http://lamello.com/en/home.html> (29.05.2014)

Metsasaaduste statistika. [WWW] <http://www.fao.org/docrep/019/i3732m/i3732m.pdf>  
(02.05.2014)

Mööblidefinitsioon. [WWW]

<http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/furniture?q=furniture> (02.05.2014)

Nurdan Çetin Yerlikaya. *Enhancement of load-carrying capacity of corner joints in case-type furniture*. *Materials and Design*. 2002, 37, 393-401

Saarman, E., Veibri, U. *Puiduteadus*. 2 täiend trükk. Tartu : Vali Press OÜ, 2006.

Shmulsky, R., Jones, P.D. *Forest products and wood science: an introduction*. 6th ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2011.

Puitlaastplaadi definitsioon. [WWW]

<http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/chipboard> (29.05.2014)

Reiska, R. 2012. Puitkiudplaatide tehnoloogia.

Smardzewski, J., Lewandowski, W., Özgür Imirzi, H. Elasticity modulus of cabinet furniture joints. *Materials and Design*. 2014, 60, 260-266

Titus tõmmitsate kodulehekülg. [WWW] <http://www.titusplus.com/en/products/furniture-connectors/> (29.05.2014)

Vassiliou, V. Barboutis, I. [A] Screw withdrawal capacity used in the eccentric joints of cabinet furniture connectors in particleboard and MDF. *Journal of Wood Science*. 2005 51. 572–576

Vassiliou, V. Barboutis, I. [B] . Tension strenght of furniture middle joints constructed with biscuits. *Proceedings of International Scientific Conference “10<sup>th</sup> Anniversary of Engineering Design (Interior and Furniture Design)”*. 2005, Sofia

Vineeri definitioon. [WWW]

<http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/plywood?q=plywood> (02.05.2014)

Walker, J.C.F. Primary wood processing. 2nd ed. Dordrecht, Holland. Springer. 2006.



# Lisa 1. Koskiseni puitlaastplaadi tehnilised andmed



DoP

1 (3)

15.7.2013/AMR



## Declaration of Performance, DoP

Nro. KKN-03- 001-CPR / 0809-CPR-1006

- 1. Product -type:**  
PARTICLEBOARD P1, P2, P4, P5 and P6
- 2. Type, batch or serial number or any other identification**  
GENERAL PURPOSE USE; PARTICLE BOARD P1, P2, P4, P5 and P6
- 3. Intended use or uses of the construction product, in accordance with the applicable harmonised technical specification, as foreseen by the manufacturer:**

Particleboards fulfill the demands of EN 312 standard.  
P1, P2, P4 and P6 (EN 312) internal use in dry conditions and P5 (EN 312) structural humid applications.

- 4. Name and address of the manufacturer**

**Koskisen Oy**  
**Lastulevytehdas**  
Tehdastie 2  
16600 Järvelä  
[www.koskisen.com](http://www.koskisen.com)

- 5. System or systems of assessment and verification of constancy of performance**

AVCP system 2+

- 6. Construction product covered by a harmonized standard:**

VTT Expert Services Oy, notified production control certification body No 0809 performed initial inspection of the manufacturing plants and of factory production control and performs continuous surveillance, assessment and evaluation of factory production control under system 2+ and issued the certificate of conformity of the factory production control: **0809-CPR-1006**

**Committed to Wood**  
[www.koskisen.com](http://www.koskisen.com)

KOSKISEN OY Tehdastie 2, FIN-16600 Järvelä, tel. +358 20 553 41, fax 020 553 4298  
VAT No FI02155815, Reg. Office Helsinki



DoP

2 (3)

15.7.2013/AMR

## 7. Declared performance

Harmonized technical specification EN 13986:2004

Thickness mm	> 6-13	> 13-20	> 20-25	> 25-32	> 32-40	> 40
<b>Characteristic strength value (N/mm<sup>2</sup>), P1 class Particleboard according to EN 312</b>						
Bending Strength (N/mm <sup>2</sup> )	10,5	10	10	8,5	7	5,50
Internal Bond (N/mm <sup>2</sup> )	0,28	0,24	0,20	0,17	0,14	0,14
<b>Characteristic strength value (N/mm<sup>2</sup>), P2 class Particleboard according to EN 312</b>						
Bending Strength (N/mm <sup>2</sup> )	11	11	10,5	9,5	8,5	7
Modulus of elasticity in bending (N/mm <sup>2</sup> )	1800	1600	1500	1350	1200	1050
Internal Bond (N/mm <sup>2</sup> )	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,20
surface soundnes N/mm <sup>2</sup>	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

Thickness mm	> 6-10	> 10-13	> 13-20	> 20-25	> 25-32	>32- 40
<b>Characteristic strength value (N/mm<sup>2</sup>), P4 class Particleboard according to EN 312</b>						
Bending Strength (N/mm <sup>2</sup> )	16	16	15	13	11	9
Modulus of elasticity in bending (N/mm <sup>2</sup> )	2300	2300	2300	2050	1850	1500
Internal Bond (N/mm <sup>2</sup> )	0,40	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Swelling in thickness 24 h (%)	19	16	15	15	15	14
<b>Characteristic strength value (N/mm<sup>2</sup>), P5 class Particleboard according to EN 312</b>						
Bending Strength (N/mm <sup>2</sup> )	18	18	16	14	12	10
Modulus of elasticity in bending (N/mm <sup>2</sup> )	2550	2550	2400	2150	1900	1700
Internal Bond (N/mm <sup>2</sup> )	0,45	0,45	0,45	0,40	0,35	0,30
Swelling in thickness 24 h (%)	13	11	10	10	10	9
<b>Moisture tolerance test</b>						
Internal bond after cyclic testing(N/mm <sup>2</sup> )	0,25	0,25	0,22	0,20	0,17	0,15
Swelling in thickness after cyclic testing (%)	12	12	12	11	10	9
<b>Characteristic strength value (N/mm<sup>2</sup>), P6 class Particleboard according to EN 312</b>						
Bending Strength (N/mm <sup>2</sup> )	20	20	18	16	15	14
Modulus of elasticity in bending (N/mm <sup>2</sup> )	3150	3150	3000	2550	2400	2200
Internal Bond (N/mm <sup>2</sup> )	0,60	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30
Swelling in thickness 24 h (%)	16	16	15	15	15	14

The consultation of EN 12871 Wood-based panels - Performance specifications and requirements for load bearing boards for use in floors, walls and roofs may be needed.

**Committed to Wood**

[www.koskisen.com](http://www.koskisen.com)

KOSKISEN OY Tehdastie 2, FIN-16600 Järvelä, tel. +358 20 553 41, fax 020 553 4298  
VAT No FI02155815, Reg. Office Helsinki



DoP

3 (3)

15.7.2013/AMR

Harmonized technical specification EN 13986:2004

Essential characteristics	Performance
Release of formaldehyde	E1
Reaction to fire	D-s2, d0
Water vapour permeability	3...7x10 <sup>-12</sup> kg/msPa
Airborne sound insulation	NPD
Sound absorption	NPD
Thermal conductivity	0,13 W/(m k)
Impact resistance	NPD
Strength and stiffness under point load (KN)	NPD
Mechanical durability	Table 3.1
detailed information can be found in Tables 3.1 & 3.2 of EN 1995-1-1	Table 3.2
Biological durability (EN 335)	Class 1

8. The performance of the product identified in points 1 and 2 is in conformity with the declared performance in point 7. This declaration of performance is issued under the sole responsibility of the manufacturer identified in point 4.

Signed for and behalf of the manufacturer by:

In Järvelä 15.7.2013

Markku Lähteenmäki, Director, Particleboard Industry

**Committed to Wood**  
[www.koskisen.com](http://www.koskisen.com)

KOSKISEN OY Tehdastie 2, FIN-16600 Järvelä, tel. +358 20 553 41, fax 020 553 4298  
VAT No FI02155815, Reg. Office Helsinki

# Lisa 2. Egger MDF tehnilised andmed

MORE FROM WOOD.



QUALITÄTSMANAGEMENT ISO 9001

Coding TDGR500EN  
Revision 01  
Page Page 1 of 2

## TECHNICAL DATA SHEET

EGGER MDF-ST E1 CE

Recipe: 500

Application: Base particle board for interior fitments (including furniture) for use in dry conditions.



### Board type meets EN 622-5 standard

Mechanical properties Board mean values	Unit	Board thickness				
		>6 - 9	>9 - 12	>12 - 19	>19 - 30	>30 - 40
Density	[kg/m <sup>3</sup> ]	plant specific				
Internal Bond strength EN 319	[N/mm <sup>2</sup> ]	>0,72	>0,65	>0,60	>0,67	>0,54
Bending strength EN 310	[N/mm <sup>2</sup> ]	>40	>30	>25	>26	>22
Modulus of elasticity EN 310	[N/mm <sup>2</sup> ]	>3000	>2800	>2700	>2600	>2400
Swelling in thickness 24h EN 317	[%]	<15	<13	<10	<8	<7
Surface soundness EN 311	[N/mm <sup>2</sup> ]	>1,0				
Screw withdrawal surface	[N]			>1080	>1080	>1080
Screw withdrawal edge	[N]			>900	>810	>750
Sand content	[%]	<0,02				
Moisture content *1 EN 322	[%]	6±2				
Surface absorption	[mm]	>210				
Formaldehyde content *2 EN 120	[mg/100g]	E1				

General tolerances	Unit	Board thickness				
		>6 - 9	>9 - 12	>12 - 19	>19 - 30	>30 - 40
Length tolerance EN 324	[mm]	±2,0mm/m, maximum ±5,0				
Width tolerance EN 324	[mm]	±2,0mm/m, maximum ±5,0				
Squareness EN 324	[mm/m]	≤2,0				
Edge straightness EN 324	[mm/m]	≤1,5				
Thickness tolerance EN 324	[mm]	±0,2	±0,2	±0,2	±0,3	±0,3
Standard sanding		K150				

Responsible: PM Coreboards and Environment

Release date: 12.03.2014

Building physical properties	Unit	Board thickness				
		>6 - 9	>9 - 12	>12 - 19	>19 - 30	>30 - 40
<b>Fire behaviour category</b>						
Board thickness < 9 mm		class E				
Board thickness ≥ 9 mm and density ≥ 600 kg/m <sup>3</sup> in line with EN 13986		D-s2, d0				
<b>Water vapour diffusion resistance value EN 13986</b>						
		μ moist		μ dry		
Mean density 600 kg/m <sup>3</sup>		12		20		
Mean density 800 kg/m <sup>3</sup>		20		30		
<b>Thermal conductivity EN 13986</b>						
Mean density 600 kg/m <sup>3</sup>	W/(m·K)	0,10				
Mean density 800 kg/m <sup>3</sup>		0,14				
<b>Air sound insulation EN 13986</b>						
EN 13986		$R = 13 \times \lg(m_A) + 14$ (m <sub>A</sub> = board surface weight kg/m <sup>2</sup> )				
<b>Sound absorption EN 13986</b>						
Frequency range						
250 Hz bis 500 Hz		0,10				
1000 Hz bis 2000 Hz		0,20				
<b>Biological durability EN 13986</b>						
EN 335-3		Harzard category 1 (no earth contact, dry 20%/65% relative humidity)				
<b>PCP content EN 13986</b>						
EN 13986	[ppm]	<5				

\*1 On delivery

\*2 Formaldehyde content

According to the "Regulation on the Prohibition of Chemicals (ChemVerbotsV)" annex to § 1, clause 3 from 14<sup>th</sup> October, 1993 in connection with the publication of the BGA in the federal health sheet 10/91 (s. 487-489) about "testing method for particleboard", uncoated MDF board must not exceed a perforator limit value (photometrical) of 8 mg HCHO/100g over-dry board at moisture content of 6,5 %. The flexible half-years mean value is max. 7 mg HCHO/100g over-dry board.

**Provisional note:**

This technical data sheet has been carefully drawn up to the best of our knowledge. We accept no liability for any mistakes, errors in standards or printing errors. In addition, technical modifications can result from the continuous further development, as well as from changes in standards and documents originating from statutory bodies. The contents of this technical leaflet should therefore not be considered as instructions for use or as legally binding.

## Lisa 3. Wisa vineer tehnilised andmed



### WISA®-Birch

WISA-Birch is a multipurpose product of high quality for various applications, e.g. in vehicles, shipbuilding, construction and furniture. Strong standard construction can be optimised even further by using strength oriented construction. Due to its light, smooth and even surface WISA-Birch offers also an optimal base for different overlaying methods.

#### Product

WISA-Birch plywood is manufactured of birch veneers. Veneer layers are glued together with weather resistant glue.

#### Surface type

Panels have clean sanded wooden surfaces.

#### Surface appearance

Available surface qualities S (II), BB(III) or WG(IV)

For detailed info see document about surface qualities.

S and BB are for end use where sound surface appearance is required.

WG is for end use where the technical properties of birch are needed.

Generally, panels have different appearance on each surface, eg. quality is defined S/WG.

#### Sizes (mm)

Panels are available in main standard sizes.

Size along surface grain direction: 1220, 1250, 1500, 1525 mm

Size cross surface grain direction: 2440, 2500, 3000, 3050 mm

Other sizes, tailor made pre-cut panels and cnc-machined components according to customer drawings at request.





### Thickness and technical properties

Nominal thickness (mm)	Tolerance min - max (actual mm)	Weight about kg/m <sup>2</sup>	Strength in bending fm II (N/mm <sup>2</sup> ) *	Modulus of elasticity Em II (N/mm <sup>2</sup> ) *
6.5	6.1 - 6.9	4.4	50.9	12 735
9	8.8 - 9.5	6.1	45.6	11 394
12	11.5 - 12.5	8.2	42.9	10 720
15	14.3 - 15.3	10.2	41.3	10 316
18	17.1 - 18.1	12.2	40.2	10 048
21	20.0 - 20.9	14.3	39.4	9 858
24	22.9 - 23.7	16.3	38.9	9 717
27	25.2 - 26.8	18.4	38.4	9 607
30	28.1 - 29.9	20.4	38.1	9 519

\* 95% of panels have greater strength properties

Designed strength properties and thicknesses available at request

### Using and warehousing

WISA-Birch can be processed with proper wood working tools.

Panels can be painted, varnish or lacquered.

WISA-Birch is good base for veneering and other overlaying methods.

Without any further treatment WISA-Birch is suitable for interior end uses where no direct moisture stress is existing.

The panels can have dimensional changes due to changes in the air humidity. Please leave 1-2 mm/m expansion gaps between panels in the installation.

The panels should always be stored on a flat and even base under a roof.

### Environmental statement

WISA wood products are manufactured from wood raw material supplied according to the principles of sustainable forestry.

### Additional information

WISA-Birch is approved and CE-labelled for construction end use (defined in EN 13986)

WISA-Birch fulfils the EN 13986 E1 emission class.

Gluing according to EN 314-2 class 3 exterior.

Other information see [www.wisaplywood.com](http://www.wisaplywood.com) or mail to [plywood@upm.com](mailto:plywood@upm.com)



**UPM Plywood**  
Niemenkatu 16  
P.O. Box 203  
FI-15141 Lahti  
Finland

Tel. +358 204 15 113  
Fax +358 204 15 112

[www.wisaplywood.com](http://www.wisaplywood.com)  
[www.upm.com](http://www.upm.com)

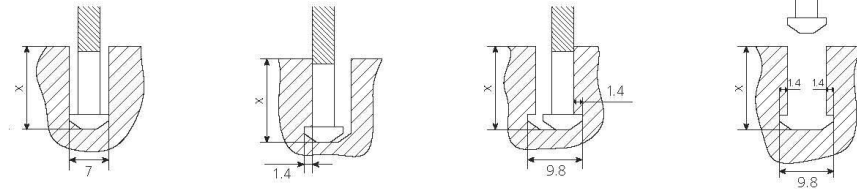
UPM policy is one of continuous development. We reserve the right to amend specifications without notice or obligation.

06/2013

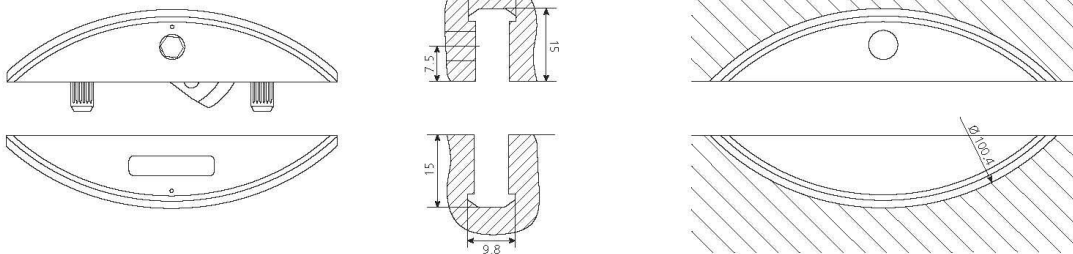


# P-System Beschlage

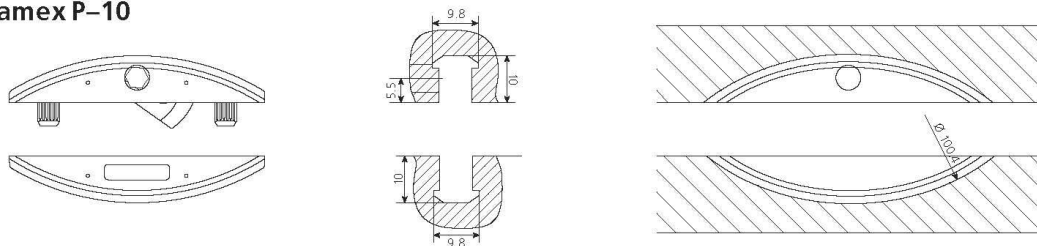
## Einfrasprinzip



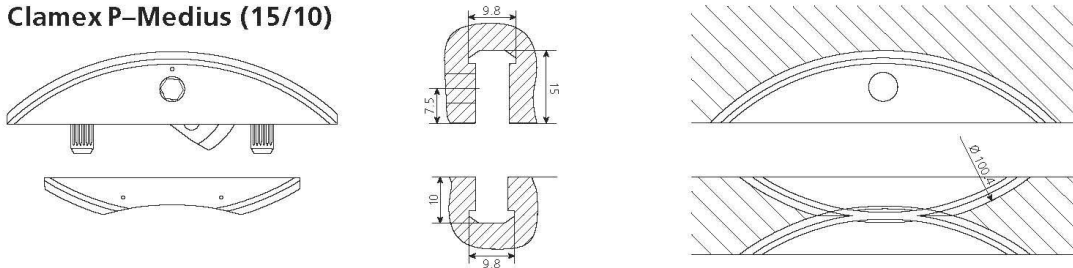
**Clamex P-15**



**Clamex P-10**

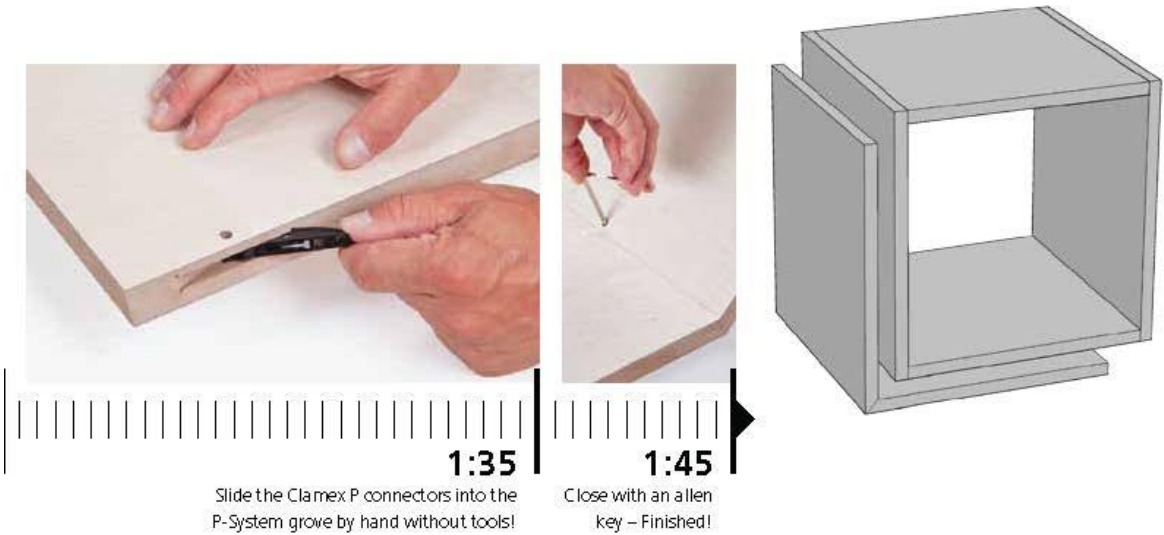


**Clamex P-Medius (15/10)**





# Lisa 5. Lamellifrees Zeta P2 tehnilised andmed



## Fast, easy and precise

Work with the well-known Lamello working principle

- Lateral tolerance in the connector
- Allows for easy positioning of the machine on the workpiece edge or to the pencil mark
- No side stops or positioning aids necessary
- Same processing on both workpieces
- No depth adjusting saves times and lower risk of errors
- Fast connector installation saves time
- Innovative P-System groove method saves time and eliminates the need for fastening material like screws or glue



## Synergies with CNC manufacturing

- Cuts the same P-System groove as the CNC machine, so both production methods can be combined ideally
- Great for individual furniture and prototypes
- Use the Zeta together with CNC manufacturing for small workpieces or on site



## Technical data

Power .....	800 W
Version .....	230 V
Speed .....	9'000 min <sup>-1</sup>
Cutter .....	P-System cutter 100.4 x 7 x 22 mm
Teeth .....	Z3
Cutting depth max .....	20 mm
Weight .....	3.7 kg

## Kit contains

P-System cutter 7 mm, Stop square, Suction stub 23 mm, Suction stub 36 mm, Spacer 4 mm, Spacer 2 mm, Tools, Drill jig incl. drill for Clamex P-15

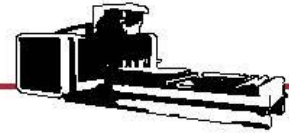


Zeta P2-Set with	Art.No.
Carbide tipped P-System cutter .....	101402
Diamond tipped P-System cutter .....	101402D

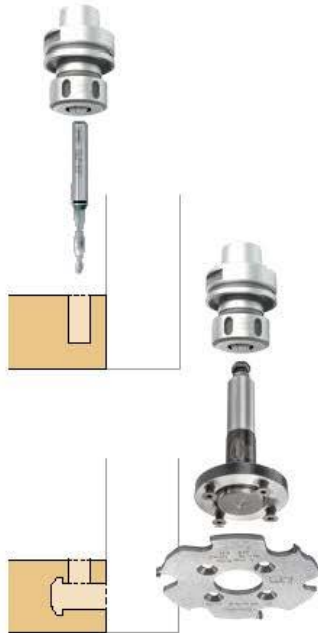
Accessories	Art.No.
Suction set (3 m hose + adapter) .....	1218 10
Diamond tipped P-System cutter 100 x 7 x 22 mm .....	132140
Carbide tipped P-System cutter 100 x 7 x 22 mm .....	132141
Standard groove cutter 100 x 4 x 22 mm .....	132000
Spacer 5 mm .....	253027

Guaranteed supply: 10 years on spare parts and accessories

# CNC machines



## Necessary setup for P-System grooves



1. CNC machine  
– Machine with 3 / 4 / 5 axes + angle aggregate

2. CNC software  
– Software / macro / component from the manufacturer  
or  
– Program the macro / component yourself

3. Suitable angle aggregate  
– Aggregate sub program

The angle aggregate also enables the P-System groove to be cut in the centre of the surface  
An overview of other aggregates is available on our website:  
[www.lamello.com](http://www.lamello.com)  
Attention: Get the approval to use the P-System cutter on the aggregate from the CNC manufacturer

4. P-System cutting tool



## P-System CNC drill bit



<b>P-System CNC drill bit</b>	<b>Art.No.</b>
6 mm, solid carbide, for mitres, L=100 / 35 mm, shaft=10 .....	<b>131556</b>

## P-System CNC groove cutter



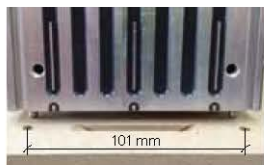
<b>P-System CNC groove cutter, Ø 100.4 x 7</b>	<b>Art.No.</b>
× 30 mm, 4 / 6.6 / DTK 48 mm .....	<b>132142</b>
* Suitable for all cutter arbors listed below	
× 40 mm, 4 / 5.5 / DTK 52 mm .....	<b>132143</b>
E.g. for angle aggregates, Flex 5, Flex 5+	
× 16 mm, 4 / 5.5 / DTK 28 mm .....	<b>132144</b>
E.g. for corner notching aggregate	

## \* P-System CNC cutter arbors



<b>P-System CNC cutter arbors 30 / DTK 48 mm</b>	<b>Art.No.</b>
Shaft Ø 20 × 50, L = 102 mm .....	<b>132150</b>
Shaft Ø 25 × 60, L = 102 mm .....	<b>132151</b>
Shaft Ø 16 × 50, L = 85 mm .....	<b>132152</b>
Shaft Ø 16 × 55, L = 68 mm .....	<b>132153</b>
Shaft Ø 16 × 50, L = 85 mm, with clamping surface (2°- angle) .....	<b>132154</b>
E.g. for aggregate for door locks	
Shaft Ø 20 × 50, L = 85 mm, with clamping surface (2°- angle) .....	<b>132155</b>
E.g. for aggregate for door locks	

## Possible combination of CNC machines and Zeta P2



<b>Positioning pins for Zeta P2</b>	<b>Art.No.</b>
Ø 5 mm, 1 pairs .....	<b>251048</b>
Instead of using an angle aggregate, the Zeta P2 power tool can be used to cut the P-System groove in the centre of the surface. To do so, drill two 5 mm positioning holes spaced at 101 mm in the work piece surface using the CNC machine. These serve to position the Zeta P2 on the workpiece.	

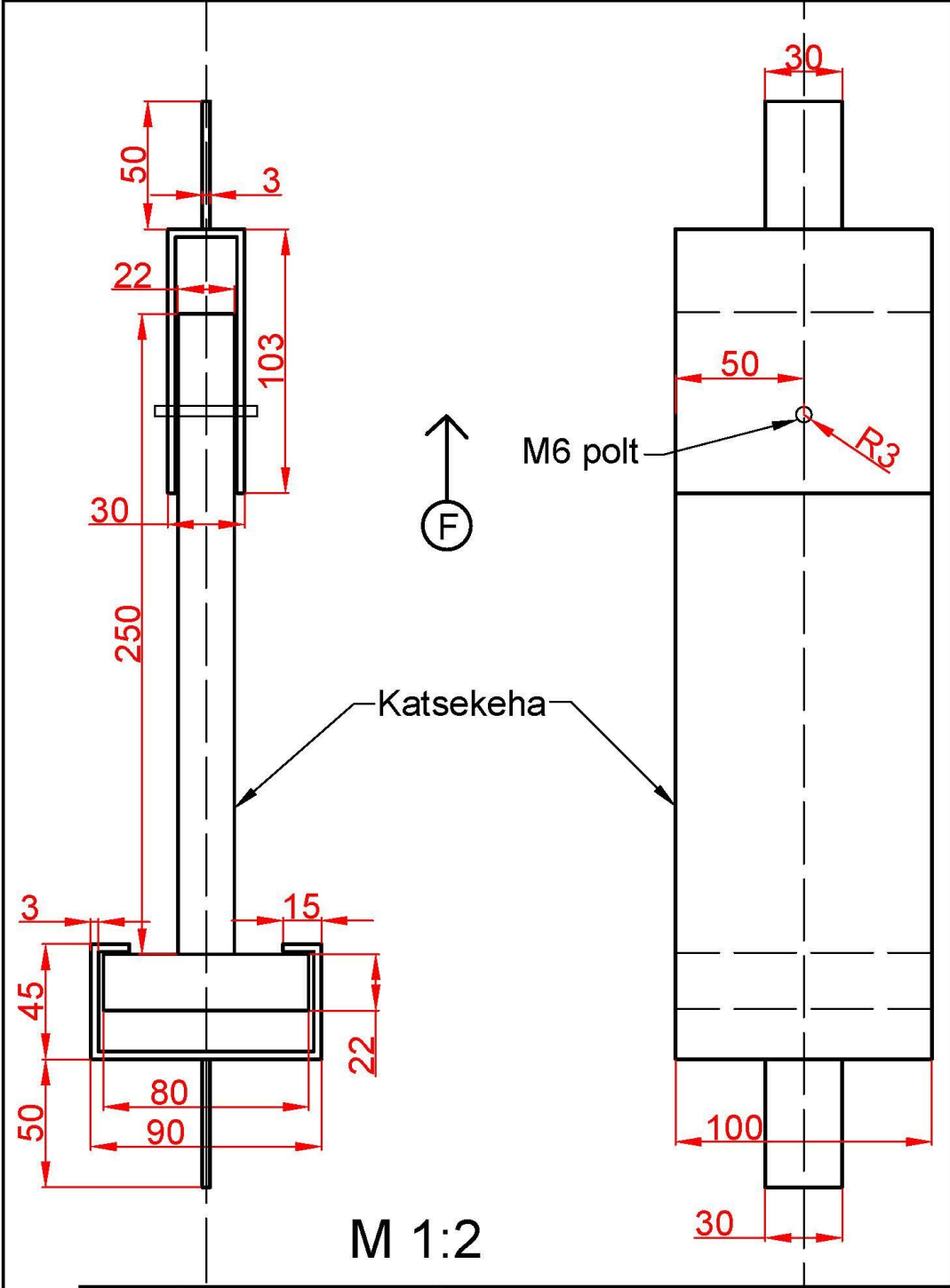


# Lisa 6. Tõmbekatse rakis

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



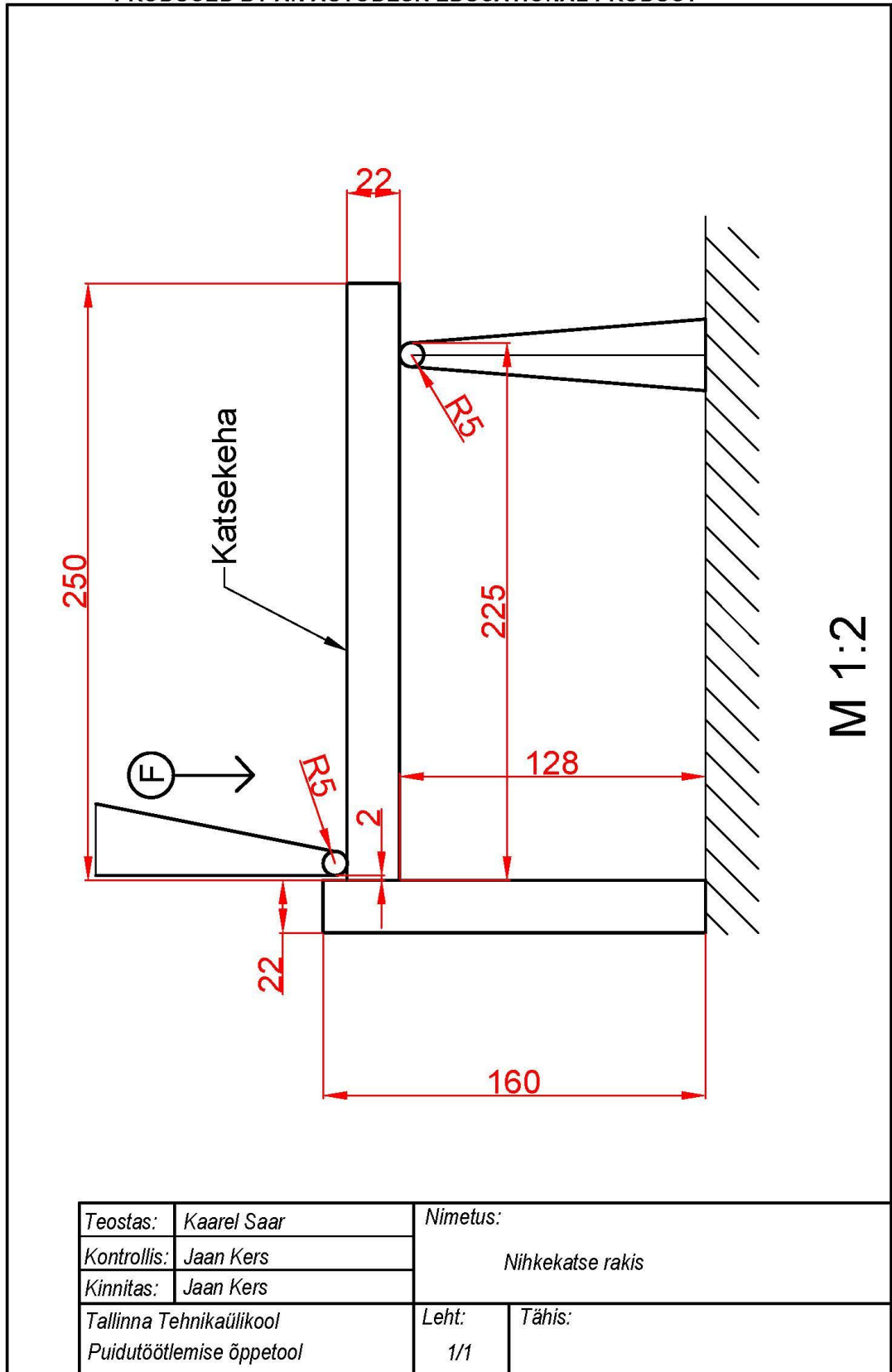
M 1:2

Teostas:	Kaarel Saar	Nimetus:	
Kontrollis:	Jaan Kers	Tõmbekatse rakis	
Kinnitas:	Jaan Kers		
Tallinna Tehnikaülikool Puidutöötlemise õppetool		Leht:	Tähis:
		1/1	

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

# Lisa 7. Nihkekatse rakis

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

M 1:2

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Teostas:	Kaarel Saar	Nimetus:	
Kontrollis:	Jaan Kers	Nihkekatse rakis	
Kinnitas:	Jaan Kers		
Tallinna Tehnikaülikool Puidutöötlemise õppetool		Leht:	Tähis:
		1/1	

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT