

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra základního zpracování dřeva



Výroba lepených prvků používaných na nosné konstrukce v dřevěných stavbách

Bakalářská práce

Autor: David Englický

Vedoucí práce: Ing. Daniel Ruman, PhD.

2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

David Englický

Podnikání ve dřevozpracujícím a nábytkářském průmyslu

Název práce

Výroba lepených prvků používaných na nosné konstrukce v dřevěných stavbách

Název anglicky

Production of laminated elements used for supporting structures in wooden buildings

Cíle práce

Cílem práce je provedení průzkumu lepených prvků používaných na nosné konstrukce v dřevěných stavbách v české republice a v zahraničí.

Metodika

1. Rešerš dané problematiky
2. Přehled výrobců lepených prvků v ČR
4. Přehled výrobců lepených prvků v zahraničí
5. Vyhodnocení

Oficiální dokument * Česká zemědělská univerzita v Praze * Kamýčká 129, 165 21 Praha 6 - Suchbátka

Doporučený rozsah práce

40-50 stran včetně, textu a příloh

Klíčová slova

lepené prvky, nosná konstrukce, dřevostavby

Doporučené zdroje informací

Hrčka, I. Dimenzovanie drevených prvkov. Zvolen 1995, ISBN: 80-228-0481-9

KOŽELOUH, B. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5: Step 1, Navrhování a konstrukční materiály. Vyd. 1. Editor Bohumil Koželouh. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004, 401 s. ISBN 80-867-6913-5.

KOŽELOUH, B. – KOLB, J. *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4071-3.

ŠTEFKO, Jozef, REINPRECHT, Ladislav a KUKLÍK, Petr. Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba. Vyd. 2. čes., Překlad Zlataše Braunšteinová. Bra slava: Jaga, 2009, 196 s. ISBN 978-80-8076-080-92009.

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Daniel Ruman, PhD.

Garantující pracoviště

Katedra základního zpracování dřeva

Elektronicky schváleno dne 21. 3. 2016

doc. Ing. Milan Gaff, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21. 3. 2016

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 15. 04. 2016

Oficiální dokument * Česká zemědělská univerzita v Praze * Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 - Suchbát

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Výroba lepených prvků používaných na nosné konstrukce v dřevěných stavbách vypracoval samostatně pod vedením Ing. Daniela Rumana, PhD. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne

.....
David Englický

Poděkování

Rád bych touto cestou vyjádřil poděkování Ing. Danielovi Rumanovi, PhD. za jeho cenné rady a trpělivost při vedení mé bakalářské práce. Rovněž bych chtěl poděkovat PhDr. Lence Peškové, DiS. z oddělení Studijního a informačního centra České zemědělské univerzity za sehnání zahraničních materiálů.

Abstrakt

Tato práce se zabývá výrobou lepených prvků a jejich použití na nosné konstrukce v dřevostavbách. V práci se věnuji rozdělení jednotlivých lepených prvků, jejich výrobě, využití v konstrukcích a jejich ceně. Na závěr jsou uvedeni zahraniční a tuzemští výrobci, které jsem porovnával z hlediska kapacity jejich výroby.

Klíčová slova

lepené dřevo, lepené lamelové dřevo, konstrukční dřevo, křížem lamelované dřevo, kompozitní materiály pro konstrukce, vrstvené dřevo, PSL, LSL, TSL, výrobci

Abstract

This Bachelor thesis deals with creation of improved wood parts and their usage in the concept of bearing constructions in wood structures. I will cover the division of the improved wood parts, the process of their manufacture, the utilization of such parts and their price. By the end of this thesis, I will provide a comparison between the international and domestic manufacturers. This comparison was made based on the capacity of their manufacture.

Keywords

glued laminated timber, glued laminated timber beam, structural timber, cross laminated timber, composite materials for construction, laminated veneer lumber, parallel strand lumber, laminated strand lumber, triangular strand lumber, producers

Obsah

1. Úvod	11
2. Lepené dřevo	13
2.1 Lepené lamelové dřevo (BSH-BRETTSCHICHTHOLZ).....	14
2.2 Související normy s lepeným lamelovým dřevem	15
2.3 Lepené lamelové dřevo – ČSN EN 14080	15
2.4 BSH z buku (BauBuche GL70).....	22
2.5 Konstrukční dřevo	24
2.6 Křížem lamelované dřevo (CLT-CROSS LAMINATED TIMBER)	30
2.7 Novatop	33
3. Nosné konstrukční prvky odvozené od lepeného dřeva	35
3.1 Nosníky s dutým středem (Starwood).....	36
3.2 Duté lepené dřevěné sloupy	37
4. Kompozitní materiály pro konstrukční účely	39
4.1 Vrstvené dřevo (LVL - Laminated Veneer Lumber)	39
4.2 Parallam (PSL – Parallel Strand Lumber).....	43
4.3 Intrallam (LSL – Laminated Strand Lumber)	45
4.4 DeltaStrand (TSL-Triangular Strand Lumber).....	46
4.5 Výhody kompozitních konstrukčních materiálů	47
5. Přehled výrobců lepených prvků v ČR a Evropě	47
5.1 Největší tuzemské společnosti	48
5.2 Největší zahraniční výrobci.....	48
6. Závěr	52
7. Seznam literatury	53
8. Seznam internetových zdrojů	54

Seznam tabulek

Tabulka 1: Maximální tloušťka a plocha po opracování lamel určených na konstrukce pro jednotlivé třídy použití.....	17
Tabulka 2: Doporučené lisovací tlaky	19
Tabulka 3: Mechanické vlastnosti BSH.....	21
Tabulka 4: Porovnání BauBuche s ostatními materiály.....	23
Tabulka 5: Mechanické vlastnosti BauBuche.....	23
Tabulka 6: Mechanické vlastnosti KVH a DUO/TRIO nosníky	27
Tabulka 7: Zvýšené požadavky pro KVH a DUO/TRIO	29
Tabulka 8: Mechanické vlastnosti CLT/Novatop Solid 84	31
Tabulka 9: Mechanické vlastnosti HQL	36
Tabulka 10: Maximální zatížení Comwood.....	39
Tabulka 11: Mechanické vlastnosti LVL.....	42
Tabulka 12: Mechanické vlastnosti Parallamu (PSL).....	44
Tabulka 13: Mechanické vlastnosti Intrallamu (LSL)	46
Tabulka 14: Přehled výrobců CLT a ostatního lepeného dřeva v Evropě	50

Seznam obrázků a grafů

Obrázek 1: Znázornění provedení produktů lepeného dřeva včetně provedení zubovitého spoje.....	13
Obrázek 2: Rovinné a obloukové BSH.....	14
Obrázek 3: Lis na výrobu obloukového BSH typ MLL	19
Obrázek 4: BauBuche GL70.....	22
Obrázek 5: KVH	25
Obrázek 6: DUO/TRIO.....	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 7: CLT	30
Obrázek 8: Výroba CLT	32
Obrázek 9: Novatop Solid.....	33
Obrázek 10: Novatop Element.....	34
Obrázek 11: Novatop Static	34
Obrázek 12: HQL.....	35
Obrázek 13: Nosníky s dutým středem (Starwood).....	37
Obrázek 14: Dutý dřevěný sloup	38

Obrázek 15: LVL	41
Obrázek 16: Parallam.....	43
Obrázek 17: Intrallam	45
Obrázek 18: DeltaStrand.....	47
Graf 1: Porovnání Evropských výrobců CLT a ostatního lepeného dřeva dle kapacity výroby	51

1. Úvod

Impulsem k výběru tohoto tématu byl především můj osobní zájem o tuto problematiku. Dřevostavby jsou v dnešní době velmi diskutovaným tématem. Často můžeme slyšet o tom, že dřevěná stavba se v žádném případě nemůže vyrovnat stavbě z betonu nebo cihel. Je to právě z toho důvodu, že dřevo je v podvědomí některých lidí vnímáno jako materiál, který nevydrží. Dřevostavby jsou však dnes dělány z nových materiálů, které jsou vyrobeny za pomoci různých modifikací dřeva, a tudíž jejich výdrž rapidně vzrostla a stali se jedním z nejlepších stavebních materiálů.

Lidé staví ze dřeva již od nepaměti. Počátky byly v dávných dobách, kdy si lidé poprvé uvědomovali, že je možné dřevo nějakým způsobem využít ve svůj prospěch. V den, kdy si lidstvo uvědomilo, že dřevo lze využít i jiným způsobem než z hlediska zdroje tepla, začala se psát historie dřevostaveb. Nejdříve bylo na konstrukce využíváno dřevo v jeho rostlé podobě (kulatina), avšak s příchodem složitějších nástrojů lidé zjistili, že je dřevo poměrně dobře opracovatelný materiál a začali toho využívat.

Od té doby, kdy se zjistilo, jak dřevo využívat a jak ho upravovat, urazilo lidstvo poměrně velkou cestu. Dnes už také víme, že dřevo má své určité nedostatky, které je potřeba zohledňovat. Tyto nedostatky jsme se časem naučili eliminovat, buď použitím jiného stavebního materiálu, nebo různými modifikacemi dřeva. V této bakalářské práci se zaměřuji na způsob eliminace nedostatků právě z pohledu modifikací dřeva. Představím ty nejčastější produkty, se kterými se dnes můžeme setkat.

Jako první se budu věnovat lepenému dřevu. Toto dřevo bylo vyvinuto v polovině minulého století v Anglii a jde o zcela výjimečný materiál, za pomoci kterého se dosáhlo především tvarové stálosti dřeva. Pod názvem lepené lamelové dřevo si lze představit nosníky, kterými se dají překrýt velkorozponové stavby. Za pomoci tohoto materiálu lze dnes dosáhnout velké variability tvarů nosníků, a tak je pro architekty velmi zajímavým materiálem. I z hlediska pevnostního, je tento materiál na velice dobré úrovni. Především u nového lepeného lamelového dřeva, které se vyrábí z buku. Dalším produktem, který má dnes velkou oblibu, je křížem lepené lamelové dřevo. Tento materiál je mnohokrát označován jako nejvýznamnější pro budoucí dřevostavby.

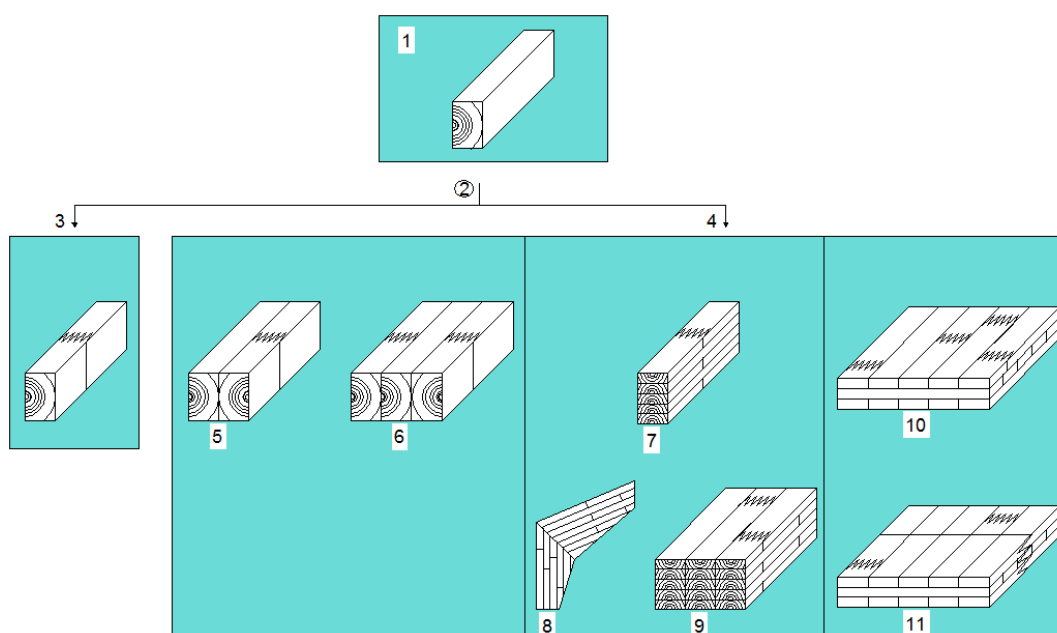
V další kapitole se budu věnovat kompozitním materiálům pro konstrukční účely. Tyto materiály mají svou historii především v Americe, kde byly tyto materiály objeveny

a zkoumány. Tyto materiály mají řadu výhod. V Evropě se vývoji těchto materiálů nejvíce věnovali ve Finsku.

Na závěr bych uvedl přehled výrobců, kteří se modifikacemi dřeva zabývají. Věnovat se také budu jejich historii a současným výrobním kapacitám.

2. Lepené dřevo

Dnes je široká možnost výběru konstrukčního systému dřevěné stavby. Převážně se používají lepené dřevěné prvky. Materiály, ze kterých se tyto lepené prvky vyrábějí, mají však společné vlastnosti. Jedná se o dřeviny, které jsou vysušené v rozmezí mezi 8-15% vlhkosti. Dřevina, která se pro jejich výrobu využívá, je převážně smrk. Lepidla, která se používají na výrobu těchto materiálů, musí splňovat určité požadavky. Například musí zajišťovat trvanlivý lepený spoj v daném materiálu v celé době životnosti konstrukce pro požadovanou třídu použití podle ČSN EN 1995-1-1. Dalším pohledem na lepené dřevěné materiály jsou z hlediska nezávadnosti k okolnímu prostředí. V této oblasti se nejčastěji posuzuje únik formaldehydu. (Mynář a kol., 2015, s. 13)



Obrázek 1: Znázornění provedení produktů lepeného dřeva včetně provedení zubovitého spoje

1. Rostlé dřevo, 2. Možnosti použití, 3. KVH, 4. Lepené dřevo, 5. Duo balken, 6. Trio balken, 7. BSH, 8. Použití BSH např. pro vazníky, 9. Blokově lepené lamelové dřevo, 10. CLT, 11. CLT s velkým zubovitým spojem
(Mynář a kol., 2015, s. 13)

2.1 Lepené lamelové dřevo (BSH-BRETTSCHICHTHOLZ)

Lepené lamelové dřevo se využívá k výrobě nosníků. U výrob těchto nosníků je potřeba dodržovat určité zásady. Jedny z nejdůležitějších zásad, které jsou pro výrobu BSH nosníků dané jsou vlhkost a kvalita lamel. Vlhkost lamel by se měla pohybovat okolo 15 %. Vytříděné, ohoblované a vysušené lamely se dále délkově napojují a lisují do námi požadovaného tvaru. Vyrábějí se nosníky jak rovinné tak tvarové. (Štefko a kol., 2009, s. 78-79). Převážně se tyto lepené lamelové nosníky využívají na překlenutí velkých anebo pohledově náročných konstrukcí. Používají se u víceúčelových hal, mostů, skeletových systémů, divadel, obytných podkrovní atd. Jejich běžné rozměry jsou 35 x 2 x 0,24 m s tím, že nosníky které mají větší rozměry než tyto tak se spojují z více částí. (Böhm a kol., 2012, s. 137).

Cena BSH se pohybuje na rozmezí 8000 až 13000 Kč/m³ (Böhm a kol., 2012, s. 138)



Obrázek 2: Rovinné a obloukové BSH
(Ráj dřeva, ©2010), (Latti-extra, ©2011)

2.2 Související normy s lepeným lamelovým dřevem

- ČSN EN 14080: Lepené lamelové dřevo a rostlé dřevo
- ČSN EN 301: Fenolická a aminová lepidla pro nosné díly dřevěných konstrukcí. Klasifikace a technické požadavky
- ČSN EN 15497: Konstrukční rostlé dřevo spojované zubovitým spojem-Požadavky na užité vlastnosti a minimální výrobní požadavky
- ČSN EN 14081-1: Konstrukční dřevo obdélníkového průřezu tříděné podle pevnosti - Část 1
- ČSN EN 14081-2: Konstrukční dřevo obdélníkového průřezu tříděné podle pevnosti - Část 2: Strojní třídění; doplňující požadavky na počáteční zkoušky typu
- ČSN EN 14081-3: Konstrukční dřevo obdélníkového průřezu tříděné podle pevnosti - Část 3: Strojní třídění; doplňující požadavky pro řízení výroby

(Dudas, 2008, s. 139)

2.3 Lepené lamelové dřevo – ČSN EN 14080

„Tato norma se stanovuje požadavky na jednotlivé komponenty dřevěných lepených lamelových lamelových prvků a minimální požadavky na výrobu takovýchto nosných prvků. Norma platí pro prvky s konečnou tloušťkou lamel nejméně 45 mm.“ (Dudas, 2008, s. 139)

Třídy použití

- Třída použití 1: Tato třída použití se používá pro výrobky, které budou vystaveny teplotě 20°C. Relativní vlhkost vzduchu přesáhne hodnotu 65 % pouze několik týdnů v roce. (Dudas, 2008, s. 140)
- Třída použití 2: Tato třída použití se používá pro výrobky, které budou vystaveny teplotě 20°C. Relativní vlhkost vzduchu přesáhne hodnotu 85 % pouze několik týdnů v roce. (Dudas, 2008, s. 140)
- Třída použití 3: Tato třída použití se používá pro výrobky, které budou vystaveny takovým klimatickým podmínkám, které způsobí vyšší vlhkost dřeva než u 2. Třídy použití. (Dudas, 2008, s. 140)

Výrobní požadavky

Výrobní podmínky

Personál musí být způsobilý pro výrobu lepeného dřeva a na třídění řeziva. Výrobní prostory musí být vhodné pro všechny fáze výroby. Podle normy ČSN EN 14080 se posuzují rozměry vyráběných prvků, teplota vzduchu a relativní vlhkost vzduchu. Teplota ve výrobních prostorách musí být nejméně 15°C kromě vytvrzovacích komor, kde jsou požadavky na teplotu vyšší. Dalším kritériem je relativní vlhkost vzduchu (RVV). Během výroby musí být RVV v rozmezí 40 – 75 % a při vytvrzování je dovolená na 30%. Další požadavky jsou kladeny na prostory, které musí být k dispozici. Jednou z prvních jsou prostory na skladování a vysušení dřeva s dostatečnou kapacitou. Musí splňovat taková kritéria, aby se zde mohlo dosáhnout požadovaných hodnot, které jsou kladeny na teplotu dřeva a jeho vlhkost. Při používání dopředu vysušeného dřeva jsou kladeny nároky na prostory, kde se udrží požadovaná vlhkost dřeva. V případě, kdy nedochází k dopravě živice a tvrdidla přímo ze skladovacích nádrží a není-li zajištěno jejich míchání automaticky při nanášení, musí být v závodu umístěny samostatné prostory na přípravu lepidla. V tomto případě jsou dále kladeny požadavky na prostory, kde dochází k uskladnění lepidla (živice a tvrdidla) a prostory, kde dochází k čištění nástrojů, která jsou určena pro přípravu lepidla. Proces uskladnění musí dodržovat pravidlo, kdy dochází k spotřebě živice a tvrdila, které jsou dodané jako první.

Z hlediska zařízení, která jsou uvedena ve výrobních podmínkách a musí být k dispozici, jde především o přístroje na kontinuální kontrolu teploty a RVV. Tento přístroj se nazývá termohygrograf a musí být umístěn ve vytvrzovacích, výrobních a skladovacích prostorách. Dalšími nástroji jsou vlhkoměry, přístroje na kalibraci vlhkoměrů. V případě, kdy výrobce vykonává třídění podle pevnosti, musí mít k dispozici zařízení na strojové anebo vizuální třídění. Dále musí mít stroje na výrobu podélných spojů lamel, přístroje na měření tloušťky lamel a stroje na úpravu povrchů lamel. K dalšímu zpracování lepidla jsou zapotřebí přístroje na vážení a míchání živice a tvrdidla, stroje na rovnoměrné nanášení lepidla. Z pohledu lisování jsou potřeba zařízení na dosažení lisovacího tlaku v lepeném spoji a zařízení na udržení teploty a RVV, která je požadována během vytvrzování lepidla. Posledními stroji jsou stroje, které se zaměřují na kvalitu a pevnost lepených spojů. (Dudas, 2008, s. 141)

Dřevo

Na výrobu lamel určených pro výrobu lepeného lamelového dřeva se používají tyto druhy dřevin: smrk, jedle, borovice, douglaska, jedlovec, modřín, zerav, topol. Vlhkost lamel je u neošetřeného dřeva v rozmezí od 8 % do 15 %. U ošetřeného dřeva je vlhkost lamel v rozmezí od 11 % do 18 %. Rozdíl vlhkosti u jednotlivých lamel nesmí být v obou případech v lepeném lamelovém prvku větší než 4 %. (Dudas, 2008, s. 142)

Tabulka 1: Maximální tloušťka a plocha po opracování lamel určených na konstrukce pro jednotlivé třídy použití

Druh dřeva	Třída použití 1		Třída použití 2		Třída použití 3	
	max. tloušťka (mm)	max. plocha (mm ²)	max. tloušťka (mm)	max. plocha (mm ²)	max. tloušťka (mm)	max. plocha (mm ²)
Jehličnaté	45	10000	45	9000	35	7000
Listnaté	40	7500	40	7500	35	6000

(Dudas, 2008, s. 142)

Pro zakřivené prvky platí vzorec pro tloušťku:

$$t < \frac{r}{250} \cdot \left(\frac{1+f_{mk}}{80} \right)$$

f_{mk} – pevnost v ohybu v N/mm²

t – tloušťka po opracování

r – poloměr křivosti

„Lepidlo musí umožňovat výrobu pevných a trvanlivých spojů tak, aby se zachovala kvalita lepeného spoje po dobu předpokládané životnosti konstrukce“ (Dudas, 2008, s. 142)

Lepidla a druhy lepidel jsou podrobně specifikovány v normě ČSN EN 301, podle které se dělí na typ I a typ II. Lepidlo typu I se používá pro všechny třídy použití. Lepidla typu II se používají pouze u 1 a 2 třídy použití. (Dudas, 2008, s. 142)

Výroba

Lamely se musí před frézováním slepit na konečnou délku. Teplota dřeva nesmí být při nastavování lamel větší než 15°C. Aby se omezilo příčné zakřivení lamel, dovolují se podélné odlehčovací zářezy. Pro odlehčovací zářezy platí, že musí být umístěny v střední části lamely. Jejich hloubka nesmí být větší než jedna třetina tloušťky lamely a jejich šířka musí být maximálně 4 mm. Odlehčovací zářezy lamely musí být od zářezů lamely vedlejší vzdálené nejméně o tloušťku lamel. Pokud je u lamel prováděno spojování pomocí zubovitého spoje, musí spoj podléhat normě ČSN EN 15497. (Dudas, 2008, s. 143)

U horizontálního lepení lamel je potřeba dále dodržovat minimální vzdálenosti spojů jednotlivých sousedních lamel, které nesmí být od sebe vzdáleny méně, než je samotná tloušťka lamel. Toto pravidlo se smí porušit, pouze když dochází k lepení příčného spoje. K lepení příčného spoje venkovních lamel musí vždy docházet u výrobků, které jsou určeny pro první a druhou třídu použití. Pro třetí třídu použití platí, že se musí slepit příčně čtyři krajní lamely.

U vertikálně lepeného lamelového dřeva nemusí docházet k lepení lamel v příčném směru pouze u první a druhé třídy použití. Je však potřeba aby spoje sousedních lamel, byly od sebe vzdáleny minimálně o třetinu šířky průřezu lamely. K příčnému lepení lamel musí však docházet u výrobků, které jsou určeny pro třetí třídu použití.

Před slepením lamel musí docházet k jejich frézování. Pro frézování platí, že musí být vykonáno nejdříve 24 hodin před slepením lamel. V případě že by mohlo dojít k poškození povrchu během této doby z jakéhokoliv důvodu, je potřeba tomu zabránit posunutím času frézování.

Odchylka od průměrné tloušťky lamely je na jednom metru lamely stanovena na hodnotu 0,2 mm a v případě, kdy se používá lepidlo, které nevyplňuje spáry je tato odchylka zmenšena na hodnotu 0,1 mm. Odchylka tloušťky průřezu lamely musí být menší než 0,15% šířky lamely. Nikdy však nesmí odchylka překročit hodnotu 0,3 mm.

Lepení lamel musí probíhat na předem očištěný povrch lamely. Lepidlo se musí nanášet v dostatečné vrstvě, která je určena výrobcem a nanášení musí probíhat rovnoměrně.

Pro lamely platí, že jejich dřev musí být na stejné straně, ale v případě že dochází k výrobě lepeného lamelového dřeva pro třetí třídu použití, musí mít obě vnější lamely dřev umístěnou směrem ven.

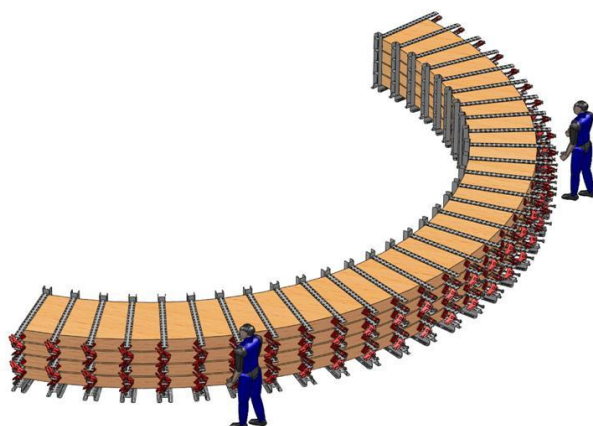
Při lisování musí docházet k rovnoměrnému rozprostření tlaku v lepeném spoji. Tlak se určuje podle toho, co doporučuje výrobce lepidla. Doporučené hodnoty tlaku jsou uvedené v tabulce č. 2. Zakřivené prvky se lisují za pomoci vyššího tlaku tak, aby byl umožněn pohyb v podélném směru. Dotahování lisu probíhá podle potřeby. Lis se také dotahuje po začátečním zalisování. (Dudas, 2008, s. 143)

Tabulka 2: Doporučené lisovací tlaky

Tloušťka lamel t (mm)	$t \leq 35$	$t < 35 \leq 45$
Tlak v N/mm ²	0,6	0,8 s odlehčovacím zařízením 1,0 bez odlehčovacích zařízení

(Dudas, 2008, s. 144)

Vytvrzování a klimatizace se řídí podle pokynů výrobců lepidla. Teplota v místnosti, ve které probíhá vytvrzování, musí splňovat minimální hodnotu 20°C v případě, že je vstupní teplota dřeva více jak 18°C. V případě kdy je vstupní teplota dřeva nižší, ale nad hodnotou 15°C, musí být v prostoru na vytvrzování minimální teplota 25°C. Dále nesmí teplota přesáhnout nejvyšší hodnotu pro vytvrzování, kterou uvádí výrobce. Mezi časem, kdy se zvyšuje teplota na vytvrzení a časem, kdy dojde k začátečnímu zalisování, nesmí být rozdíl větší než 8 hodin. RVV nesmí během celého procesu vytvrzování přesáhnout hodnotu 30%, nesmí docházet k zatěžování vytvrzovaného prvku a teplota nesmí klesnout pod 15%. Pro aminová lepidla se doporučuje dodržovat tyto požadavky nejméně 24 hodin a pro fenolová 72 hodin. (Dudas, 2008, s. 144)



Obrázek 3: Lis na výrobu obloukového BSH typ MLL

(Marshal – CZ, ©2016)

Operativní řízení kvality

Operativní řízení kvality se zajišťuje dvěma nástroji. První se nazývá vlastní výrobní kontrola a jde o vlastní dozor. Tu provádí výrobce a závisí na ní kvalita lepených prvků. Vlastní dozor se vykonává podle určeného postupu a směrnic. Výrobce je povinen vést záznam o lepení.

Pro vykonávání vlastní výrobní kontroly je potřeba určit zodpovědnost a pravomoc pracovníkům, kteří svým jednáním mohou ovlivňovat kvalitu. Dále je potřeba zajistit prověřování výrobcem a dokumentaci systému operativního řízení.

Druhý nástroj na zajištění kvality je vykonávání prověrek. Jedná se o cizí dozor a jeho účelem je prověřit vlastní dozor. Kontrola je prováděna příslušným orgánem a musí obsahovat prověření surovin, prověření, že je výroba prováděna v souladu s normou ČSN EN 14080, kontrola komponentů lepených lamelových prvků a kontrola hotových lepených prvků. (Dudas, 2008, s. 146)

Označování

Označení lepeného lamelového dřeva musí obsahovat jméno nebo značku výrobce, třídu pevnosti (jiný údaj o pevnosti), typ lepidla, číslo normy, rok a týden výroby a číslo certifikátu. (Dudas, 2008, s. 146)

Skladování a přeprava LDD

Skladování hotových prvků musí být v takových prostorách, ve kterých nebudou horší klimatické podmínky, než které jsou pro prvek určeny po jeho zabudování. Při krátkodobém skladování, musí být prvky 300 mm nad vyrovnaným podkladem. Při manipulaci a skladování, se s prvky musí zacházet tak, aby nedocházelo k jejich nadměrnému zatěžování a deformacím. Musí se ukládat opatrně a bez nárazů. Při dopravě musí být zajištěno jejich upevnění tak aby nedocházelo k jejich poškození. Ochrana proti změnám vlhkosti a nepříznivým změnám vlivem povětrnosti musí být zajištěna po celou dobu přepravy a skladování. (Dudas, 2008, s. 147)

Výhody BSH

1. vysoká estetická hodnota
2. statická spolehlivost, odolnost vůči zakřivení i trhlinám
3. mimořádná tvarová a konstrukční variabilita
4. výhodná cena
5. rychlá montáž
6. výborný poměr hmotnosti a únosnosti
7. rozměrová přesnost a stálost
vysoká míra prefabrikace

(Kasper, ©2016)

Tabulka 3: Mechanické vlastnosti BSH

Třída jakosti	BS11	BS14
Třída pevnosti	GL24	GL28
Ohyb N/mm^2	24	28
Tah rovnoběžně s vlákny N/mm^2	16,5	19,5
Tah kolmo k vláknům N/mm^2	0,4	0,45
Tlak rovnoběžně s vlákny N/mm^2	24	26,5
Tlak kolmo k vláknům N/mm^2	2,7	3
Smyk N/mm^2	2,7	3,2
Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny N/mm^2	11600	12600
5% kvantil modulu pružnosti kolmo k vláknům N/mm^2	9400	10200
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům N/mm^2	390	420
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku N/mm^2	720	780
Hustota Kg/m^3	380	410

(Dekwood, BSH, ©2016)

2.4 BSH z buku (BauBuche GL70)

Jde o nový materiál, který vyvinula německá firma Pollmeier. Tento materiál snese téměř třikrát více zatížení, než je tomu u klasického BSH z jehličnaté dřeviny. Umožňuje překlenout velké vzdálenosti za pomoci štíhlého prvku. Nabízí velmi zajímavý design, za pomoci kterého je možné dosáhnout zajímavých řešení. Z hlediska dřevěných kompozitních materiálů nemá tento materiál žádného konkurenta, co se týče mechanických vlastností. Standardní rozměry BauBuche GL70 jsou výška od 120 mm do 600 mm a pokud je tloušťka větší než 100 mm je možné udělat nosník o výšce 1360 mm. Tloušťky jsou standardní od 50 do 280 mm. Délky se pohybují od 2 m do 18 m. Vyrábí se pouze v pohledové kvalitě. (Pollmeier, *BauBuche GL70*, ©2016, s. 1), (Pollmeier, *Beam BauBuche GL70*, ©2016, s. 1)

Cena BauBuche se v Německu pohybuje mezi 1500 € až 3500 € za 1m^3 . V přepočtu na české koruny to je cca 40550 CZK až 94620 CZK za 1 m^3 . Cena byla spočítána dle kurzu devizového trhu ČNB $1\text{ €} = 27,035\text{ CZK}$, ke dni 14. 4. 2016. (Pollmeier, *Buchenholz: Stahlhart kalkuliert*, ©2016, s. 30), (ČNB, 14. 4. 2016)



Obrázek 4: BauBuche GL70

(Pollmeier, *BauBuche Beam GL70*, ©2016)

Tabulka 4: Porovnání BauBuche s ostatními materiály

Materiál	Pevnost v ohybu N/mm ²	Pružnost N/mm ²	Hustota kg/m ³
BauBuche GL70	70	16700	730
LVL ze smrku	48	13800	480
BSH GL24	24	11600	470
Hliník	120	70000	2700
Ocel (S235)	235	210000	7850

(Pollmeier, *About BauBuche*, ©2016)

Tabulka 5: Mechanické vlastnosti BauBuche

Vlastnosti	BauBuche GL70
Ohyb N/mm ²	70
Tah rovnoběžně s vlákny N/mm ²	55
Tah kolmo k vláknům N/mm ²	1,2
Tlak rovnoběžně s vlákny N/mm ²	49,5
Tlak kolmo k vláknům N/mm ²	8,3
Smyk N/mm ²	4
Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny N/mm ²	16700
5% kvantil modulu pružnosti kolmo k vláknům N/mm ²	15300
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům N/mm ²	400
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku N/mm ²	850
Hustota Kg/m ³	680

(Pollmeier, *Charakteristische festigkeits*, ©2016, s. 9)

2.5 Konstrukční dřevo

KVH (Konstruktionsvollholz)

V překladu znamená tato zkratka masivní konstrukční dřevo. Jedná se o profily, které jsou hoblované ze všech čtyř stran a jejich hrany jsou sražené. Tyto profily se skládají z jednotlivých dílců, které jsou spojované na délku, za pomoci zubovitého spoje. Tímto spojováním lze dosáhnout délky až 16 m. Vlhkost těchto profilů se redukuje technickým sušením na hodnotu $15 \pm 3 \%$. Vlhkost KVH profilů se při jejich výrobě stále kontroluje. Při dodržení vlhkosti je dřevo přirozeně chráněno proti napadení dřevokaznými škůdci. Při délkovém nastavování zubovitým spojem, nejsou negativně ovlivněny mechanické vlastnosti dřeva. Kvalita spojů je během výroby trvale sledována. Požadavky na tyto zubovité spoje jsou uvedeny v normě ČSN EN 15497. Dalším důležitým aspektem je druh použitého lepidla. Při výrobě KVH profilů se používají polyuretanové lepidla bez rozpouštědel. Podle budoucího účelu použití profilu rozlišujeme lepidla typu I a II. Dále se použitím lepidel na zubovité spoje zabývá norma ČSN EN 301. Největší využití KVH profilů je pro nosné konstrukce a střešní konstrukce. KVH profily dále rozdělujeme do dvou druhů, které se liší pouze svými pohledovými vlastnostmi. Tyto druhy se nazývají KVH-Si a KVH-NSi. (Dekwood, *KVH*, ©2016)

Tímto materiálem se také zabývaly Sjednocené německé spolky pil (VDS) a Svaz německých mistrů tesařů v Ústředním svazu německých stavebních živností a vytvořili pro něj určité požadavky. KVH se používají převážně pro konstrukce a jsou posuzovány z hlediska nosnosti. Jejich třídění je tedy v návaznosti na německou normu DIN 4074-1-Třídění jehličnanů podle nosnosti. K zajištění speciálních a lepších vlastností pro moderní dřevěné konstrukce musí v několika znacích KVH profily převyšovat normu DIN 4074-1 (tab. č. 7). Speciální požadavky jsou kladeny na vlhkost, druh řezu, pevnost příčných řezů, stav suků, pryskyřičná místa, kvalitu povrchu. (Weyland, ©2012, s. 1-4)

Cena KVH se pohybuje na rozmezí 8000 až 13000 Kč/m³ (Böhm a kol., 2012, s. 133)



Obrázek 5: KVH

(Ráj dřeva, ©2010)

DUO a TRIO nosníky (DUO/TRIO balken)

Tyto nosníky se skládají ze dvou nebo tří k sobě slepených hranolů nebo lamel. Tyto lamely jsou k sobě slepovány tak, aby bylo dosaženo co nejlepší tvarové stability. Základem je, že se k sobě slepují bočně a lamely jsou k sobě otočené ve vztahu, než je jejich přirozená poloha v kmeni. Lamely, z kterých se Duo a Trio nosníky vyrábějí, se délkově nastavují zubovitým spojem a je možné vytvořit nosník až o délce 15 m. Jejich vlhkost je stejně jako u KVH profilů redukována na 15 ± 3 %. Musí se hlídat kvalita spoje a zubovitý spoj musí dodržovat normu ČSN EN 15497. Lepidla, která se při výrobě používají, jsou buď polyuretanová, nebo melaminová. V obou případech musí splňovat zdravotní nezávadnost. Nejčastější využití těchto nosníků je u nosných konstrukcí, jako jsou skeletové stavby, stropní nosníky a průvlaky nebo konstrukce krovů viditelných z interiéru. Podle účelu použití se rozlišují dva druhy nosníků a stejně jako u KVH profilů se liší pouze svými pohledovými vlastnostmi. Dělíme je tedy na DUO/TRIO-Si a DUO/TRIO-NSi. (Dekwood, *DUO/TRIO*, ©2016)

Cena DUO a TRIO nosníků se pohybuje na rozmezí 9500 až 17000 Kč/m³ (Böhm a kol., 2012, s. 134)



Obrázek 6: DUO/TRIO

(Ráj dřeva, ©2010)

Výroba

- KVH profily a DUO/TRIO nosníky se vyrábějí ze silného fošnového řeziva. Aby nedocházelo k vzniku velkých trhlin, musí se při sestavování pořezových schémat dbát na podélné proříznutí fošny v oblasti dřeně. (Böhm a kol., 2012, s. 132-133)
- V první fázi nastává sušení požadovaného řeziva s nadmírou v komorových sušárnách na hodnotu 15 ± 3 %. Vysušení řeziva nám zajistí tvarovou stálost. Také je při této fázi řezivo ošetřeno proti biologickým škůdcům. (Böhm a kol., 2012, s. 132-133)
- Vysušené řezivo se označuje detekční křídou, a následně jsou z něj odstraněny vady (suky, poškozené konce atd.). Při této fázi se také kontroluje kvalita. Přířezy jsou znovu zařezávány, tentokrát již na hodnotu čistého rozměru a na jejich koncích se frézují zubovité spoje. (Böhm a kol., 2012, s. 132-133)
- Následuje nanesení lepidla na spoje a stlačování jednotlivých dílců. Při této operaci vzniká nekonečný vlys, ze kterého se dále odřezávají požadované délky. (Böhm a kol., 2012, s. 132-133)

- Když dojde k vytvrzení lepidla tak je délkově slepený hranol umístěn do čtyřstranné frézky a je frézován. Aby u hranolu došlo ke zvýšení požární odolnosti a k usnadnění manipulace, tak se všechny jeho čtyři hrany srazí frézku. (Böhm a kol., 2012, s. 132-133)
- Nejčastěji se hotové hranoly balí do plastové fólie a jsou uskladněny v klimatizovaných halách. Celý tento proces je většinou prováděn na automatizovaných linkách. (Böhm a kol., 2012, s. 132-133)

Tabulka 6: Mechanické vlastnosti KVH a DUO/TRIO nosníky

Třída jakosti	S10TS
Třída pevnosti	GL 24
Ohyb N/mm^2	24
Tah rovnoběžně s vlákny N/mm^2	14
Tah kolmo k vláknům N/mm^2	0,5
Tlak rovnoběžně s vlákny N/mm^2	21
Tlak kolmo k vláknům N/mm^2	2,5
Smyk N/mm^2	2,5
Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny N/mm^2	11000
5% kvantil modulu pružnosti kolmo k vláknům N/mm^2	7400
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům N/mm^2	370
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku N/mm^2	690
Hustota Kg/m^3	350

(Dekwood, *DUO/TRIO* ©2016)

Výhody KVH, DUO a TRIO nosníků

1. Materiál je vysušený a tím že prošel vysokými teplotami během sušení tak je také chráněn od možných zárodků biotických škůdců
2. Tvarová stálost
3. Tloušťková a šířková egalizace – zajištěna rovinnost nosníku

4. Délka až 20 m kvůli transportu se většinou uvádí 16 m
5. Nižší hmotnost díky vysušenému stavu
6. Vyrábějí se hoblované a se sraženými hranami takže pro pohledové účely stačí jen přebrousit a ošetřit povrchovou úpravou

(Soukup, 3. 12. 2012)

Zvýšené požadavky pro KVH a DUO/TRIO

Tabulka 7: Zvýšené požadavky pro KVH a DUO/TRIO

Znak výběru	Požadavky na lepené lamelové dřevo pohledové Si	Požadavky na lepené lamelové dřevo nepohledové NSi	Poznámka
Výběrová třída	S 10 TS	S 10 TS	Materiálové vlastnosti jsou vypsány v normě EN 338.
Oblina	nepřípustná	šikmo měřeno $\leq 10\%$ menší příčně řezané strany	zvýšené požadavky oproti normě DIN 4074-1 nebo ČSN 73 2824-1:2003
Stav suků	uvolněné a vypadavé suky jsou nepřípustné; jednotlivé zaražené suky a části suků do průměru max. 20 mm jsou přípustné	DIN 4074 díl 1 výběrová třída s 10 TS nebo ČSN 73 2824-1:2004	přídavný znak pro Si
Trhliny radiální (vysušené)	šířka trhliny $\leq 3\%$ vždy příčného řezu, avšak ne více než 6 mm	přípustné	zvýšené požadavky oproti normě DIN 4074-1 pro Si
Zabarvení- zamodralost	nepřípustná	přípustná	zvýšené požadavky oproti normě DIN 4074-1 nebo ČSN 73 2824-1:2004 pro Si
Zabarvení – hnědé, červené pruhy	nepřípustná	až do 2/5 příčného řezu, nebo povrchu přípustná	zvýšené požadavky oproti normě DIN 4074-1 nebo ČSN 73 2824-1 Si
Poškození hmyzem	nepřípustná	poškození až do 2 mm hloubky čerstvého napadení přípustná	zvýšené požadavky oproti normě DIN 4074-1 nebo ČSN 73 2824-1:2004
Vlhkost dřeva	$15\% \pm 3\%$	$15\% \pm 3\%$	Přídavný druhový znak
Druh pořezu	bezjádrový u příčných řezů ≤ 100 mm síla jádrem rozdělený u příčných řezů ≤ 100 mm síly.	jádrem rozdělený	přídavný druhový znak pro bezjádrová se sílou = 40 mm jádrem dělená – u dvoumístného řezu by byl prořízlý střed ideálně rovného kmene
Stálost rozměrů příčného řezu	± 1 mm	± 1 mm	přídavný druhový znak
Zarostlá kůra, kůrou ohraničené suky	nepřípustné	–	přídavný druhový znak
Zásmolky	šířka ≤ 5 mm	–	přídavný druhový znak
Kvalita povrchu	4-stranně hoblované a fázované	4-stranně hoblované a fázované	přídavný druhový znak
Opracování konců	pravoúhle kapování	pravoúhle kapování	přídavný druhový znak

(Roman Million Wood s.r.o., ©2016)

2.6 Křížem lamelované dřevo (CLT-CROSS LAMINATED TIMBER)

Materiál, který je velmi oblíbený v posledním desetiletí, především v Německu a Rakousku. Jeho využití je především u vícepodlažních dřevostaveb. Konstrukce tohoto materiálu se skládá z lichého počtu prken nebo fošen o tloušťkách 19 až 40 mm. Nejčastěji se vyrábí z jehličnatých dřevin (nejčastěji smrk). Vznikne konstrukční deska o maximálních rozměrech tloušťky 500 mm, šířky 2,95 m a délky 16,5 m. Při provedení velkého zubovitého spoje a spojení desek dohromady je možné dosáhnout délky až 30 m. Jejich vlastnosti jsou vysoká pevnost a tvarová stálost. Tyto desky mají také poměrně vysokou požární odolnost. (Lokaj, 2012, s. 7)

Co se týká využití CLT desek, tak to je především v oblasti vnějších i vnitřních stěn budovy, stropů a střech. Je také možné kombinovat tento materiál s jinými prutovými materiály. (Augustin, 3. 12. 2012)



Obrázek 7: CLT

(Greenspec, ©2016)

Výroba

- V první řadě jsou lamely strojově tříděné. Jsou vyznačené úseky lamel, ve kterých se vyskytují nějaké nehomogenity a ty jsou dále ze dřeva odstraněny. Lamely, které

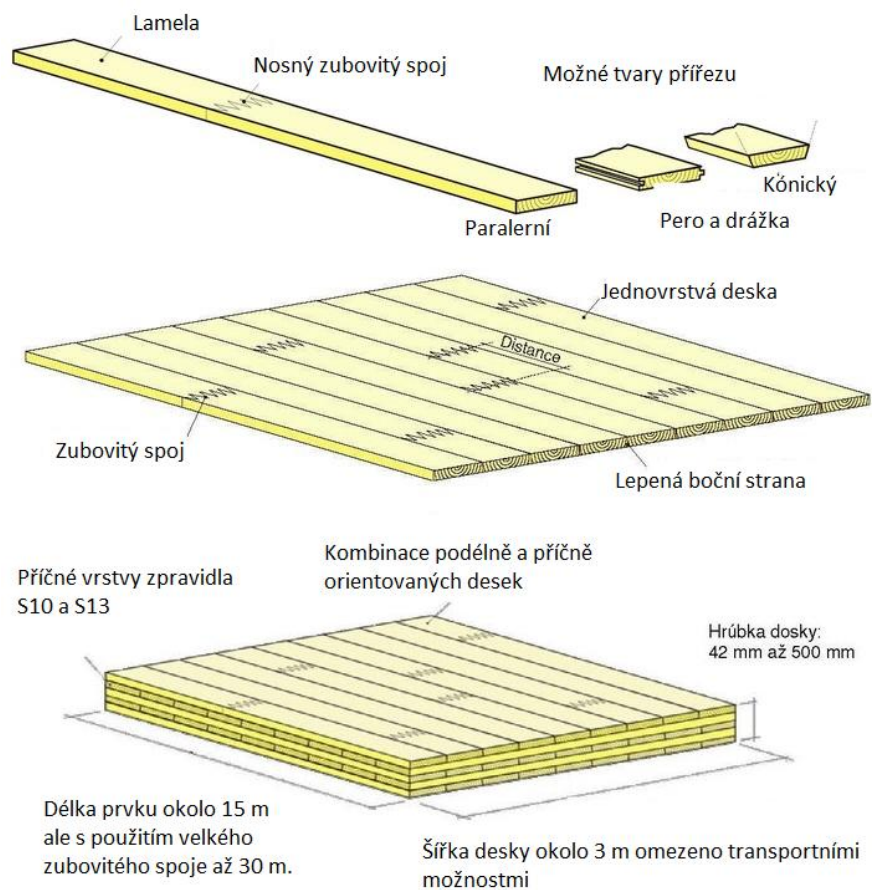
budou umístěny na kraji budoucí desky, musí splňovat určitou třídu pevnosti. (Augustin, 3. 12. 2012)

- Jednotlivé fošny vysušené na 15% vlhkost se k sobě lepí za pomoci lepidla a zubovitého spoje, který musí splňovat normu ČSN EN 15497. Vytváří se tzv. nekonečná lamela. Lamela je dále zkracována na požadovaný rozměr. (Augustin, 3. 12. 2012)
- Další fáze je slepování jednotlivých lamel k sobě z boku, čímž vznikne deska. Lamely také bývají z boku buď zkosené, anebo u nich bývá vytvořený spoj na pero a drážku. Z boku se k sobě lepí z důvodu dosažení lepších mechanických vlastností u výsledného produktu. Pro vzdálenost zubovitého spoje od zubovitého spoje sousední lamely platí pravidlo, že musí být vzdálen minimálně o vzdálenost, která se rovná šířce samotné lamely. Lepidla, která se při výrobě CLT desek používají, musí být zdravotně nezávadná. Nejčastěji se používají polyuretanové, fenolické a melaminové lepidla. (Augustin, 3. 12. 2012)
- Po vytvoření několika takovýchto desek se tyto desky lepí plošně k sobě. Lepí se vždy tak že vlákna jedné desky jsou kolmá k vláknům desky předchozí. Desky nejčastěji nebývají povrchově opracované a jsou připravené na překrytí například sádrokartonem. Po povrchovém opracování je materiál možné použít jako pohledovou vrstvu. (Augustin, 3. 12. 2012)

Tabulka 8: Mechanické vlastnosti CLT/Novatop Solid 84

Vlastnosti	Solid 84 mm
Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny N/mm ²	11600
Pevnost v ohybu N/mm ²	24
Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny N/mm ²	24

(Novatop, *Systém a zatížení*, ©2015, s. 10)



Obrázek 8: Výroba CLT

(Augustin, 3. 12. 2012)

Výhody CLT

- pozitivní bilance CO₂
- ekologická a udržitelná stavební technologie
- jedná se o lehký materiál oproti betonu a cihlám
- dobré izolační vlastnosti
- dobré protipožární vlastnosti
- rychlá výstavba, poměrně jednoduchá montáž a vysoká úroveň prefabrikace
- dobré statické vlastnosti
- suchá výstavba
- zdravé klima v místnostech

(Storaenso, *Výhody CLT* [online])

2.7 Novatop

Vyrábí se z kříženého vrstveného dřeva (CLT) a jde o ucelený stavební systém. Jako materiál na výrobu se používají smrkové lamely, které jsou vysušené na vlhkost cca 8% a jsou k sobě otočené o 90°. Lamely jsou u tohoto produktu lepené jak v horizontálním tak i ve vertikálním směru. Na výrobu se používají nejčastěji polyuretanová lepidla. (Novatop, *O systému Novatop*, ©2015)

Novatop Solid

Jde o CLT panely, které se používají na nosné a nenosné stěny, příčky střešní a stropní desky a podklady stropů a střech. Běžné formáty, ve kterých se vyrábí, jsou 6000 x 2500 mm, 6000 x 2100 mm, 5000 x 2500 mm a 5000 x 2100 mm. Maximální rozměr panelů je 12 x 2,95 m. Tloušťky stěn jsou 62 mm, 84 mm a 124 mm pro stěny. Pro stropy jsou tloušťky 81 mm 84 mm a 116 mm. (Novatop, *Solid pro stěny a příčky*, ©2015)



Obrázek 9: Novatop Solid

(Novatop, *Solid pro stěny a příčky*, ©2015)

Novatop Element

Tento produkt je určen především na nosné stropy a střechy. Je tvořen žebrovou konstrukcí, na níž je z obou stran nalepená vícevrstvá deska (SWP). Tloušťka vícevrstvé desky závisí na stupni námi požadované požární odolnosti a výška žeber závisí na požadované nosnosti. Dutiny, které při výrobě této desky vznikají, mají využití buď pro přípravu tras pro rozvody, nebo se vyplňují zvukovou a tepelnou izolací. Standardní šířky

jsou 1030 mm, 2090 mm, 2450 mm. Maximální šířka je 2450 mm. Délka panelu je maximálně 12 m. Výšky panelu jsou od 160 do 400 mm. (Novatop, *Element pro stropy a střechy*, ©2015)



Obrázek 10: Novatop Element

(Novatop, *Element pro stropy a střechy*, ©2015)

Novatop Static

Static se používá u přečnívajících okrajů střech, na nosné a nenosné zdi, příčky, obklady se zvýšenými statickými nároky, vrata, regály a kontejnery. Jde o velkoplošné pětivrstvé desky SWP. Vrchní vrstvy jsou dvě vícevrstvé desky, které jsou uloženy tak, aby jejich vlákna byla rovnoběžná. Středová část je složena z vícevrstvé desky, která má vlákna kolmá k deskám z vrchní vrstvy. Šířky jsou 1040 mm, 1250 mm, 2100 mm a 2500 mm. Standardní délky jsou 4950 mm s cinkovaným spojem. Tloušťky těchto panelů jsou 45, 60 mm. (Novatop, *Static pro střešní přesahy*, ©2015)



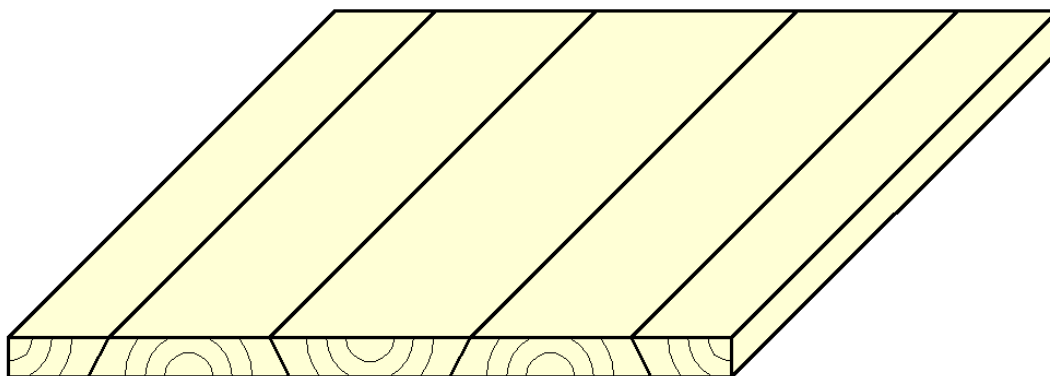
Obrázek 11: Novatop Static

(Novatop, *Static pro střešní přesahy*, ©2015)

3. Nosné konstrukční prvky odvozené od lepeného dřeva

HQL (High Quality Lumber)

Jedná se o velice zajímavý druh lepeného dřeva, který vyvinula dánská firma na základě svých více jak 100 letých zkušeností se dřevem. U tohoto výrobku je zajištěna jak tvarová stálost, tak i jeho vysoká tvarová přesnost. Vlhkost dřeva, z kterého se HQL vyrábí je 8-18%. Toto rozmezí je dané tak, aby vyhovělo požadavkům zákazníka a zároveň splňovalo vlhkost pro různé možnosti využití. Vyrábí se nejčastěji ze smrkových výřezů, které mají na délku 3 m a průměr bez kůry 100-150 mm. U výřezů nesmějí být větší průměrná šířka letokruhů než 2,5 mm a velikost suků 25 mm. Dále výřezy nesmějí mít viditelnou křivost. Dodávají se ihned po těžbě. Využitý tohoto výrobku je velice rozsáhlé, nejvíce se však využívá u konstrukcí, kdy je potřeba použití kvalitního dřeva. (Hrčka, 1995, s. 26 – 29)



Obrázek 12: HQL

(Hrčka, 1995, s. 26 – 29)

Výroba

- V první fázi výroby dochází k částečnému omítnutí již odkorněného výřezu. Výřez se podélně rozdělí na dvě fošny. Následuje vysušení dřeva na stanovenou vlhkost. (Hrčka, 1995, s. 26 – 29)
- Když jsou fošny vysušené, dochází k jejich třídění a následnému tvarování pomocí frézy. Fošna po vytvarování musí mít průřez lichoběžníkového tvaru. (Hrčka, 1995, s. 26 – 29)
- Následuje lepení fošen k sobě. Platí při něm pravidlo, že každá druhá deska musí být otočená o 180° (vrchní stranou dolů). Takto nám vznikne nekonečná deska o šířce tři metry. (Hrčka, 1995, s. 26 – 29)
- Deska se rozřeže na požadované díly a může být následně spojována na délku pomocí zubovitého spoje. Jako poslední výrobní operace probíhá tloušťkování již rozměrově daného prvku. (Hrčka, 1995, s. 26 – 29)

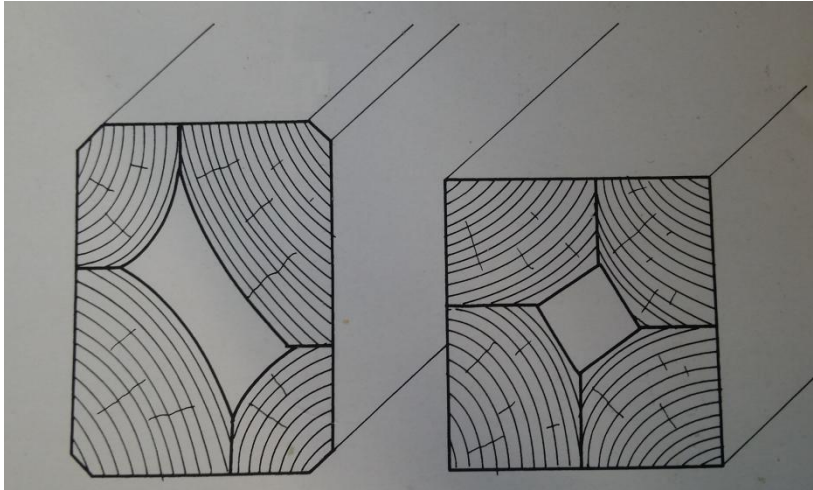
Tabulka 9: Mechanické vlastnosti HQL

Vlastnosti	HQL
Modul pružnosti v ohybu (N/mm ²)	14000
Pevnost v ohybu (N/mm ²)	30

(Hrčka, 1995, s. 26 – 29)

3.1 Nosníky s dutým středem (Starwood)

Používají se jako konstrukční dřevo, a to jak v exteriéru, tak interiéru. Při výrobě tohoto dřeva se kmen křížově rozřízne a odstraní se středová část, která je nejvíce náchylná k tvorbě trhlin. Jednotlivé přířezy se k sobě otočí, tak že je vnější dřevo umístěno v dutém středu (obr. č. 13). U nosníků se tento materiál jeví jako efektivnější z důvodu posunutí hmoty, dále od neutrální osy. Nosníky se vyznačují tím, že se u nich téměř neobjevují mělké a hluboké trhliny. Také jejich tvarová stálost se nemění ani při změnách vlhkosti z 10 na 30 %. (Štefko a kol., 2009, s. 79)



Obrázek 13: Nosníky s dutým středem (Starwood)

(Štefko a kol., 2009, s. 79)

3.2 Duté lepené dřevěné sloupy

Nejčastější využití těchto sloupů je především u konstrukcí, které jsou namáhány na centrický tlak. Mají tak široké pole využití u konstrukcí jako jsou schodiště (interiérová), balkóny, teras, podpůrné prvky podlaží atd. Vyrábějí se převážně slepením dvanácti kusů přířezů, které mají v průřezu tvar lichoběžníku. Pro zabránění posunutí jednotlivých přířezů se může vkládat cizí pero v celé délce styčné plochy. Zároveň pero vymezuje polohu jednotlivých přířezů. Dochází zde stejně jako u Starwoodu k vylepšení vlastností díky posunutí materiálu dále od neutrální osy. V porovnání s plným průřezem má řádově vyšší moment setrvačnosti. Další výhodou je, že se na výrobu používá již dřevo, u kterého jsou odstraněny vady. (Štefko a kol., 2009, s. 79)



Obrázek 14: Dutý dřevěný sloup

(Štefko a kol., 2009, s. 79)

Comwood

Historie tohoto materiálu sahá do roku 1984, kdy si ho nechala patentovat Švédská firma Martinsons pod obchodním názvem Comwood. Firma uvádí, že tento prvek má natolik dobré vlastnosti, že je možné jím nahradit jiné výrobky z železa a betonu. Standardní průměry sloupů jsou 150, 195, 240 a 300 mm. Konstruktivně je možné však zhotovit sloupy o průměru 120 až do 1000 mm. Délky sloupů jsou ve výjimečných případech až do 27 m. (Martinsons, *Glulam for the next generation of construction*, [2014]), (Martinsons, *Eight decades of innovative spirit*, [2014])

Tabulka 10: Maximální zatížení Comwood

Průměr sloupu (mm)	Tloušťka stěny sloupu (mm)	Maximální zatížení při délce L (kN)			
		L= 2,5 m	L=3 m	L=5 m	L= 10 m
150	32	163,7	122,2	46,5	0
195	32	287,9	260,2	116	30,1
240	32	392,5	372,9	227,7	61,2
300	44	660,9	653,6	526,7	156,1
300	64	890,7	870,2	654,7	186,2

(Detvaj a kol., 2008, s. 183)

4. Kompozitní materiály pro konstrukční účely

Důvodem vzniku kompozitních materiálů pro konstrukční účely byli především rostoucí požadavky ze strany architektů a inženýrů. Tyto požadavky byly zaznamenány nejvíce u velkorozponových staveb, kdy byl nedostatek kvalitní dřevní suroviny. V dnešní době, především u moderních dřevostaveb je tento materiál téměř nenahraditelný. Z počátku se na výrobu těchto materiálů používala pouze močovinoformaldehydová lepidla. Sortiment těchto lepidel se rozšířil na lepidla fenolformaldehydová, melamín-formaldehydová, taninová, isokyanátová apod. Mezi novými kompozitními materiály využitelných pro nosné účely se objevují materiály, jako jsou Parallam, LVL, LSL a TSL. V dnešní době je obrovský výběr z druhů materiálů, které mají různé technologické vlastnosti a každý má svou škálu využití. Jejich vlastnosti závisí především na struktuře daného prvku, druhu použitého lepidla, materiálu použitého k její výrobě, velikosti a tvaru elementárních částic, lisovacích podmínkách a způsobu dokončení. (Hrázský, 2007, s. 3), (Böhm a kol., 2012, s. 127)

4.1 Vrstvené dřevo (LVL - Laminated Veneer Lumber)

Jedná se o materiál, který se vyrábí lepením a lisováním dých za horka. Dýhy mají tloušťku 3 – 4 mm. Technologie výroby je obdobná jako u výroby překližek. Jediné rozdíly jsou v tom, že dýhy mají větší tloušťku, vlákna sousedních vrstev dých jsou rovnoběžné a tloušťka LVL se pohybuje v rozmezí 20 až 75 mm. Americké LVL s obchodním názvem Microllam se vyrábí z borovice žlutokoré nebo douglasky a jeho tloušťka se pohybuje

v rozmezí 19-89 mm, šířka 63,5 – 1219 mm a délkou až 24,38 m. V Evropě se tento materiál nejčastěji vyrábí ze smrku o tloušťce 27 – 75 mm, šířce 200 – 900 mm a délce do 26m. Nejznámějším výrobcem tohoto materiálu je finská firma, která tento materiál prodává pod obchodním názvem KERTO. (Iždinský, 2. 2. 2009), (Bílek, 2005, s. 50).

Použití LVL je velice rozsáhlé. U stavebních konstrukcí se LVL využívá u vazníků, nosníků, ve stavebním truhlářství a na výrobu bednění. Další využití je například na výrobu kontejnerů, výroba letadel, lodí a výroba nábytku. (Král, 2005, s. 194).

Norma, které se zabývají výrobou vrstvených lamelových dých, je ČSN EN 14279 Vrstvené dřevo. (Dudas, 2008, s. 14)

Nejrozšířenější obchodní názvy LVL:

- Microllam typ A – náhodné překrytí dých, lisování.
- Microllam typ B – Tloušťka dých je 3,2 mm a dýhy jsou na koncích spojené klínovým spojem.
- Kerto S – použití tohoto materiálu je u více namáhaných konstrukcí, jako jsou sloupy, nosníky, střešní a rámové konstrukce. Všechny dýhy jsou skládané v podélném směru vláken. U tohoto materiálu se zvyšuje modul pružnosti v ohybu o 10%, než je u dřeviny, která se využívá k výrobě. Tloušťka je 45 až 75 mm a výška 200 – 300 mm.
- Kerto Q – mezi dýhy orientovanými rovnoběžně je vloženo 2 až 5 dých (v závislosti na tloušťce) orientovaných příčně. Využití pro deskové konstrukce stropů a střech. Tloušťka desek je 27 až 69 mm.
- Kerto T – vhodný pro sloupky, krokve, stropnice a jiné lehké prvky. Tloušťka se pohybuje v rozmezí 45 až 75 mm, výška nosníku 75 až 200 mm.

(Böhm a kol., 2012, s. 127), (Bílek, 2005, s. 50)



Obrázek 15: LVL

(Bischoff Schäffer, [s.a.])

Cena Microllamu

Cena nosníku o rozměrech 37 mm (1,45") x 356 mm (14") x 8534 mm (28') je 3388 Kč (142,55 \$). Za 1 m³ je cena 30255 Kč. Cena byla spočítána dle kurzu devizového trhu ČNB 1 \$ = 23,771 CZK, ke dni 8. 4. 2016. (Blue Ridge, ©2016), (ČNB, 8. 4. 2016)

Cena Kerto

Nosník o rozměrech 75 mm x 225 mm x 1000 mm se prodává za 492 Kč (18,20 €). Cena za 1 m³ je 29237 Kč (1082,06 €). Cena byla spočítána dle kurzu devizového trhu ČNB 1 € = 27,020 CZK, ke dni 8. 4. 2016. (Taloon.com, ©2004–2016), (ČNB, 8. 4. 2016)

Výroba

- V první fázi dochází k loupání dýh. Loupání se provádí převážně na běžných loupacích strojích. Možná výroba i na bezvřetenových loupacích strojích. (Král, 2005, s. 194)

- Následně dochází k stříhání dých, které probíhá na rotačních nůžkách, u nichž je detekce vad automatická a dochází k jejich odstraňování za pochodu. Následně se dýhy třídí a ukládají. Tento proces je zcela automatický. (Král, 2005, s. 194)
- Dýhy se suší na vlhkost 5%. Sušení probíhá v běžných sušárnách (nejčastěji válečkových). Po usušení jsou dýhy skládány do hrání, ve kterých jsou rozříděny dle vlhkosti. (Král, 2005, s. 194)
- V poslední fázi dýhy pokračují na výrobní linku LVL. Na lince dochází k různým operacím. První operací je ukládání dých na dopravník. Následuje nanášení lepidla, které se aplikuje vytlačováním nebo stříkáním. Lepidlo se nanáší na horní stranu dých a velikost nánosu je 220 až 250 g/m². Další operací je ukládání vrstev dých za pomoci teleskopického ukládacího dopravníku. Poté následuje předlis tlakem 0,8 MPa a následně lisování jednoetážovým horkým lisem s tlakem 1,4 až 1,8 Mpa. Lisovací teplota je 140 – 180 °C. V předposlední fázi dochází k chlazení a dělení na požadované rozměry. Tato operace je prováděna až po vlisování stohování do hrání o rozměrech 1200 x 900 mm. Tato hráž je balena do fólie a následně expedována. (Král, 2005, s. 194)

Tabulka 11: Mechanické vlastnosti LVL

Vlastnosti	LVL-Kerto S
Ohyb (N/mm ²)	48
Tah rovnoběžně s vlákny (N/mm ²)	42
Tah kolmo k vláknům (N/mm ²)	0,6
Tlak rovnoběžně s vlákny (N/mm ²)	42
Tlak kolmo k vláknům (N/mm ²):	
Rovnoběžně s lepenou plochou (N/mm ²)	9
Kolmo klepené ploše (N/mm ²)	6
Smyk (N/mm ²)	5,1
Průměrná hodnota modulu pružnosti (N/mm ²)	14000
5% kvantil modulu pružnosti (N/mm ²)	12400
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku (N/mm ²)	960
Hustota (Kg/m ³)	480-600

(Přednáška dřevo, 30. 11. 2011, s. 19)

4.2 Parallam (PSL – Parallel Strand Lumber)

Tento materiál prošel jedním z největších testovacích programů pro vývoj konstrukčních prvků ze dřeva. Jeho výrobu v dnešní době chrání 14 mezinárodně uznávaných patentů. Jeho výroba je především z dřevin, jako jsou jedle, douglaska, anebo kanadská jižní borovice. Na výrobu dýhových pásků, z kterých se PSL vyrábí, se převážně používají méně kvalitní loupané dýhy. Na pásky dýh, jejichž šířka je okolo 13 mm, tloušťka 3 mm a délka cca 2 m se nanáší fenol – formaldehydové lepidlo. Následně se pásky skládají paralelně s vlákny do bloků a lisují se. V poslední fázi se takovýto vzniklý materiál rozřeže na námi požadované délky. Nejčastější rozměry nosníků se pohybují v tloušťce 9 – 18 cm, šířce 24 – 45 cm a délce až 20 m. Nosníky jsou známy tím, že snesou velké zatížení a jejich použití je především na příhradové nosníky, průvlaky, sloupy a jiné materiály. Parallam je možné použít také na konstrukce, které mají velké rozpětí. (Böhm a kol., 2012, s. 128), (Iždinský, 2. 2. 2009)



Obrázek 16: Parallam
(Weyerhaeuser, ©2016)

Cena Parallamu

Cena nosníku o rozměru 89 mm (3,5") x 302 mm (11, 875") x 3 658 mm (12') je 3 922 Kč (165 \$). Za 1 m³ je cena 40 020 Kč. Cena byla spočítána dle kurzu devizového trhu ČNB 1 \$ = 23,771 CZK, ke dni 8. 4. 2016. (Ashby lumber, ©2009), (ČNB, 8. 4. 2016)

Výroba

- V první fázi se získává dýha loupáním z daného výřezu. Tato dýha je dále sušena a vytríděna v rámci vad. Vytrídění vad se provádí z toho důvodu, aby nedocházelo k snížení mechanických vlastností výsledného produktu. (Dudas, 2008, s. 29)
- Dále se dýha rozřezává na pásy. Dochází k odstranění malých vad, které probíhá způsobem na který má firma patent. Před tím než pásy pokračují na lis, jsou potaženy vodovzdorným lepidlem. (Dudas, 2008, s. 29)
- V této fázi dochází k lisování pásků za pomoci pásového lisu, kde jsou vytvrzovány pod tlakem a za použití mikrovlnného ohřevu. (Dudas, 2008, s. 29)
- Nad celým tímto procesem je počítač, který kontroluje vlastnosti prvku, jako jsou vlhkost stálá hustota, mechanické a povrchové vlastnosti. (Dudas, 2008, s. 29)
- Poslední fáze je rozřezání nekonečného profilu na námi požadované délky. (Dudas, 2008, s. 29)

Tabulka 12: Mechanické vlastnosti Parallamu (PSL)

Vlastnosti	Parallam (PSL)
Modul pružnosti ve smyku (N/mm^2)	861,3
Modul pružnosti v ohybu (N/mm^2)	12402-14469
Pevnost v ohybu pro nosník (N/mm^2)	17,23-21,36
Pevnost v ohybu pro fošnu (N/mm^2)	16,54-20,67
Pevnost v tahu (N/mm^2)	12,09-14,88
Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny (N/mm^2)	17,23-21,36
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna pro fošnu (N/mm^2)	2,93-5,17
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna pro nosník (N/mm^2)	4,13-5,68
Pevnost v smyku pro nosník (N/mm^2)	1,58-2,2
Pevnost v smyku pro fošnu (N/mm^2)	1,31-1,52
Hustota (kg/m^3)	670-720

(Iždinský, 2. 2. 2009)

4.3 Intrallam (LSL – Laminated Strand Lumber)

Na rozdíl od Parallamu se Intrallam vyrábí z velkých plošných třísek. Tyto třísky se nejčastěji získávají z osikového dřeva. Rozměry těchto třísek se pohybují na délku až 300 mm, šířku 40 mm a tloušťku 1 mm. Na třísky se nanáší bezbarvé polyuretanové lepidlo, poté se formují a lisují. Desky o rozměrech 2,44 m x 10,6 m a tloušťce až 140 mm, které vzniknou lisováním, se následně rozřezou na námi požadované přířezy. Intrallam se nejčastěji využívá na výrobu překladů, boků nosníků, kde se používá místo vrstveného dřeva, které je dražší. Tenké LSL je možné ohýbat a vytvářet tak tvarové profily. (Böhm a kol., 2012, s. 129), (Iždinský, 2. 2. 2009)



Obrázek 17: Intrallam

(Dataholz, ©2003-2016)

Cena Intrallamu

Cena za nosník o rozměrech 51 mm (2") x 102 mm (4") x 2438 mm (8') je 192 Kč (8,09 \$). Cena za 1 m³ je 15142 Kč. Cena byla spočítána dle kurzu devizového trhu ČNB 1 \$ = 23,771 CZK, ke dni 8. 4. 2016. (Menards, ©2004-2016), (ČNB, 8. 4. 2016)

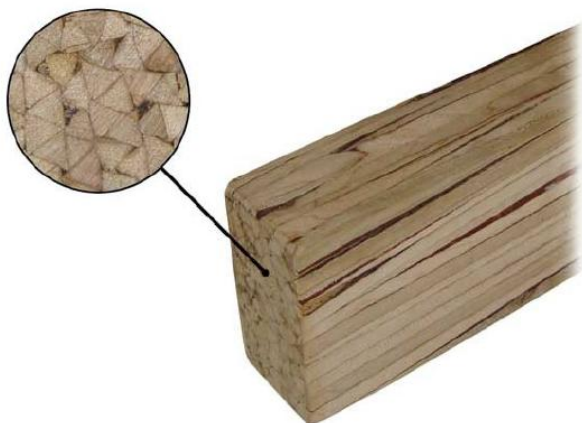
Tabulka 13: Mechanické vlastnosti Intrallamu (LSL)

Vlastnosti	Intrallam (LSL)
Modul pružnosti ve smyku (N/mm^2)	559,8-732
Modul pružnosti v ohybu (N/mm^2)	8957-14469
Pevnost v ohybu pro nosník (N/mm^2)	11,71-24,12
Pevnost v ohybu pro fošnu (N/mm^2)	13,09-27,04
Pevnost v tahu (N/mm^2)	7,41-17,23
Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny (N/mm^2)	9,65-22,56
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna pro fošnu (N/mm^2)	3-3,51
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna pro nosník (N/mm^2)	4,69-6,06
Pevnost v smyku pro nosník (N/mm^2)	2,76
Pevnost v smyku pro fošnu (N/mm^2)	1,03
Hustota (kg/m^3)	600-640

(Iždinský, 2. 2. 2009)

4.4 DeltaStrand (TSL-Triangular Strand Lumber)

Tento materiál se vyrábí z přibližně 1,2 m dlouhých přířezů z buku anebo javoru, ze kterých jsou následně zhotoveny prvky trojúhelníkového průřezu o stranách délce 9,5 mm. Na tyto prvky se nanáší voděodolné lepidlo a následně se tyto prvky orientují a formují podélně s delší stranou nosníku. Napojení jednotlivých prvků se řeší jejich překrytím o 5 cm. Jako poslední se takto připravený celek lisuje. Tento materiál se především odlišuje od ostatních právě tím, že je možné ho vyrábět i z tvrdých dřevin. To je zapříčiněno ideálním tvarem jednotlivých trojúhelníkových prvků, což zajišťuje ideální propojení, které není zajištěné vysokým tlakem jako u ostatních materiálů vyrobených z prvků obdélníkového nebo plochého tvaru. Propojení vysokým tlakem výrazně zvyšuje výslednou hmotnost, která by dosahovala při výrobě z tvrdých dřevin velkých hodnot. (Böhm a kol., 2012, s. 130)



Obrázek 18: DeltaStrand

(Böhm a kol., 2012, s. 130)

4.5 Výhody kompozitních konstrukčních materiálů

1. Vyšší pevnost než rostlé dřevo
2. Kompatibilní vlastnosti
3. Přesnost rozměrů
4. Rozměrová stálost
5. Snadné na opracování
6. Požární odolnost
7. Možnost výroby větších prvků než u surového dřeva

(Böhm a kol., 2012, s. 130)

5. Přehled výrobců lepených prvků v ČR a Evropě

V rámci Evropy lze vyčlenit čtyři společnosti, které mají hlavní podíl na výrobě lepeného lamelového dřeva. Mezi tyto společnosti patří Stora Enso Timber, Binderholz, KLH a Mayr Melnhof Systemholz. Další Evropské společnosti jsou uvedeny v tabulce č. 14.

V České republice je mnoho společností, které se zabývají výrobou lepeného lamelového dřeva. Tyto společnosti můžeme rozdělit na firmy tuzemské a firmy zahraniční, které zde mají své divize. Společnosti, které tu mají své divize, jsou Stora Enso Timber a Mayr Melnhof Systemholz. Mezi největší tuzemské společnosti patří Agrop

Nova a.s., která se zabývá především výrobou konstrukčních systémů na bázi CLT a firma České dřevařské závody Praha a.s., závod Tesko, která vyrábí především lepené lamelové dřevo.

5.1 Největší tuzemské společnosti

Agrop Nova a.s.

Společnost, která vznikla v roce 2001. Navazovala na společnost Agrop s.r.o., která vyráběla třívrstvé masivní desky. Sídlo firmy je v Ptení což je nedaleko Olomouce. Dnes je nejznámějším výrobcem velkoplošných vícevrstevných desek, které distribuuje v Evropě. Firma v rámci rozšíření svého sortimentu vyvinula ucelený stavební systém na bázi masivního křížem lepeného dřeva a tomuto sortimentu přiřadila značku Novatop. S tímto materiálem se dostala mezi nejlepších 14 výrobců v rámci Evropy (viz. tabulka č. 13). (Agrop, [s. a.]

České dřevařské závody Praha a.s., závod Tesko

Patří mezi a nejvýznamnější výrobce lepeného lamelového dřeva (LLD) již od roku 1952. Hlavním zaměřením závodu je výroba lepených lamelových prvků obloukových a speciálních tvarů. Rovněž rovinné prvky jsou v závodě zastoupeny. Jsou schopni vyrobit LLD o maximálních rozměrech 35 m x 2 m x 0,24 m. Vyrábějí třídy pevnosti GL 24 a GL 28. (Tesko, ©2008)

5.2 Největší zahraniční výrobci

Stora Enso Wood Products

Společnost, která vznikla v roce 1998 sloučením finské společnosti Enso Oyj a švédské firmy Stora Kopparbergs Bergslags Aktiebolag. Jde o největší Evropskou dřevařskou společnost. V Evropě má umístěno 22 výrobních závodů. V České republice se nachází tři závody. Pila ve Ždírci nad Doubravou a v Plané u Mariánských Lázní. Závod

na výrobu lepených nosníků se nachází ve Ždírci nad Doubravou. Vyrábí všechny druhy konstrukčního lepeného lamelového dřeva. (Storaenso, *History*, [s. a.]), (Tatran Ždírec, ©2015)

Binderholz

Společnost založená Franzem Binderem v roce 1950. Jde o společnost, která byla založena jako malá rodinná pila v Rakousku. V dnešní době se řadí na prvních příčkách v rámci zpracování dřeva a výroby lepených lamelových prvků. Pila zaměstnává okolo 1350 lidí v pěti divizích, které jsou umístěny v Rakousku. (Binderholz, *Chronicle*, [s. a.]), (Binderholz, *Nature in architecture*, [s. a.]

KLH

Rakouská firma vznikla v roce 1999. Její výrobní systém KLH je známý po celém světě. V dnešní době má okolo 130 zaměstnanců a vyrobí ročně 650000 m² křížem lepených lamelových desek (CLT). Zabývají se konstrukcemi stěn, stropů a střešních prvků. (KLH, [s. a.]

Mayr Melnhof Systemholz

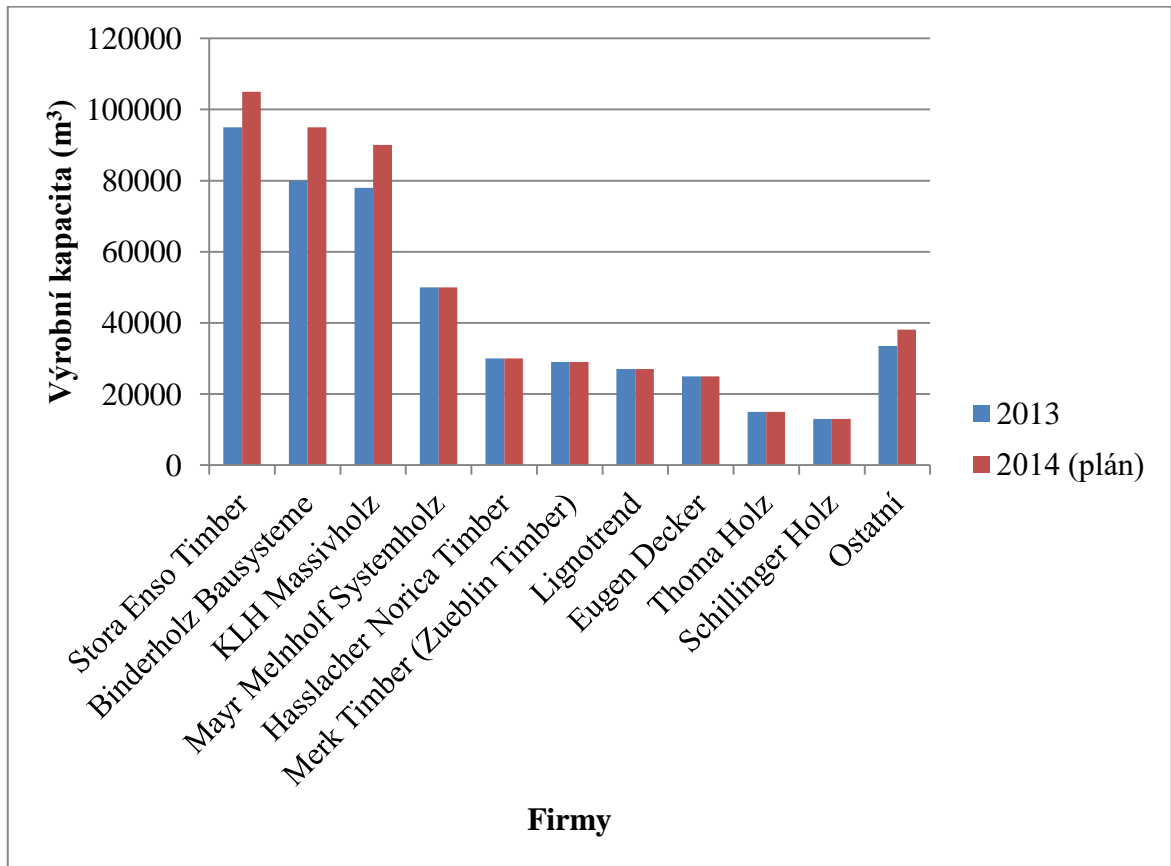
Společnost byla založena v Rakousku v roce 1850, kdy její hlavní činností bylo zpracování dřeva. Dnes má jedno z vedoucích postavení na trhu v oblasti výroby lepeného lamelového dřeva. Společnost je složena z tří divizí. Tyto divize se nacházejí v Lubnu (Rakousko), Efimovskiji (Rusko) a v Paskově (Česká republika). Pila v Paskově se zabývá především výrobou lepených nosníků a vícevrstvého lamelového dřeva. (Mayr-Melnhof, [s. a.]), (Firmy.cz, ©1996–2016)

Tabulka 14: Přehled výrobců CLT a ostatního lepeného dřeva v Evropě

č.	Název firmy	Umístění	Výrobní kapacita (m ³)		Maximální formát (m)
			2013	2014 (plán)	
1	Agrop Nova	CZ	6000	6000	2,95 x 12
2	Binderholz Bausysteme	AT	80000	95000	1,25 x 24; 3,5 x 22
3	Eugen Decker	DE	25000	25000	3,3 x 16
4	Hasslacher Norica Timber	AT	30000	30000	3,2 x 20
5	Holzbau Unterrainer	AT	-	6000	2,95 x 19
6	KLH Massivholz	AT	78000	90000	2,95 x 16,5
7	Kurt Huber	DE	*5000	*5000	3,8 x 19
8	Lignotrend	DE	27000	27000	0,625 x 18
9	Mayr Melnhof Systemholz	AT	50000	50000	3 x 16,5
10	Merk Timber (Zueblin Timber)	DE	29000	29000	4,8 x 20
11	Merkle Holz	DE	1000	100	0,72 x 18
12	Moser Holzbau	IT	5000		3,5 x 16
13	Schillinger Holz	CH	13000	13000	3,4 x 13,7
14	Stephan Holz (Zueblin Timber)	DE	6000	6000	4 x 20
15	Stora Enso Timber	DE	95000	105000	2,95 x 16
16	Thoma Holz	AT	15000	15000	3 x 8
17	W. u. J. Derix	DE	8500	10000	3,5 x 18
18	Weinberger Holz	AT	2000	5000	1,2 x 13,5

*odhadnuto vzhledem k předchozím rokům
(Holzkurier, *BSP-produktion soll um 10% steigen*, 6. 3. 2014, s. 8), (Mynář a kol., 2015, s. 16)

Graf 1: Porovnání Evropských výrobců CLT a ostatního lepeného dřeva dle kapacity výroby



(Holzkurier, *BSP-produktion soll um 10% steigen*, 6. 3. 2014, s. 8), (Mynář a kol., 2015, s. 16)

6. Závěr

Hlavním přínosem této práce je seznámit okolí s novými materiály na bázi lepeného dřeva. Především jsem v práci přiblížil jednotlivé využití daných materiálů, jejich výrobu, mechanické vlastnosti a jejich cenu.

Z pohledu využití těchto materiálů vyplívá, že se dnes tyto materiály využívají ve velkém množství nejen u výstavby rodinných domů, ale také u konstrukcí, které jsou konstrukčně mnohem náročnější. Staví se z nich například haly, mosty atd. Nejčastějšími materiálem, který se pro výrobu využívá, jsou především jehličnaté dřeviny jako je smrk, borovice a douglaska, ale mohou být vyráběny i z jiných dřevin. Z pohledu mechanických vlastností se dá v této práci zjistit, že materiály na bázi dřeva dnes dohánějí ostatní stavební materiály a leckdy jsou již na stejné úrovni. U jednotlivých výrobků jsou různé ceny, které se občas liší o velké částky. To je dáno způsobem výroby, patentem, cenou vstupní suroviny a dostupností materiálu.

V poslední části jsem hodnotil výrobce těchto materiálů. Z výsledků mého ověřování vychází, že největší výrobci se nachází v zahraničí, a to především v Německu a Rakousku. Roční produkce všech výrobců za rok 2013 činila 481500 m³ lepeného dřeva. Tento výsledek značí, že o tento materiál je v dnešní době velký zájem.

7. Seznam literatury

- BÍLEK, Vladimír. *Dřevostavby: navrhování dřevěných vícepodlažních budov*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03159-4.
- BÖHM, Martin, Jan REISNER, Jan BOMBA. *Materiály na bázi dřeva*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2012. ISBN 978-80-213-2251-6
- DUDAS, Juraj a Stanislav Jochim. *Konstruktivní dřevěné materiály*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2008. ISBN 978-80-228-1938-1.
- HRÁZSKÝ, Jaroslav, Pavel KRÁL. *Kompozitní materiály na bázi dřeva část 1: Aglomerované materiály*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007. ISBN 978-80-7375-034-3.
- HRČKA, Ivan. *Dimenzovanie drevených prvkov*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 1995. ISBN 80-228-0481-9.
- KRÁL, Pavel a Jaroslav HRÁZSKÝ. *Kompozitní materiály na bázi dřeva, část 2: Dýhy a vrstvené masivní materiály*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2005. ISBN 80-7157-878-9
- KUKLÍK, Petr. *Dřevěné konstrukce I*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické, 1998. ISBN 80-01-01748-6.
- MYNÁŘ, Josef, Jiří TESLÍK, Jiří PROVÁZEK, Martin GLOS, Petr VACEK, Zoja SKOPALOVÁ. *Materiály pro dřevostavby: vzdělávací materiály*. Ostrava: MSDK, Moravskoslezský dřevařský klastr, 2015. ISBN 978-80-906014-0-6.
- P., H. *BSP-produktion soll um 10% steigen. Holzkurier: BSP Special*. Oesterreichischer Agrarverlag, 6. 3. 2014, **14**(10), 8. ISSN 0018-3784.
- ŠTEFKO, Jozef, Ladislav REINPRECHT a Petr KUKLÍK. *Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba*. 2. české vyd. Bratislava: JAGA, 2009. Home. ISBN 978-80-8076-080-9.

8. Seznam internetových zdrojů

- About BauBuche: Comparison with other materials. *Pollmeier* [online]. ©2016 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z:
<https://www.pollmeier.com/en/products/baubuche/baubuche-about.html;jsessionid=E00EC72C30B398135BAD0261719E1235>
- AUGUSTIN, Manfred a Jaroslav SANDANUS. Křížem lepené dřevo pro vícepodlažní stavby (část 2): výroba křížom lepeného dřeva. In: *Tzbinfo* [online]. 3. 12. 2012 [cit. 2016-03-22]. Dostupné z:
<http://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/9349-krizem-lepene-drevo-pro-vicepodlazni-stavby-cast-2>
- BauBuche Beam GL70. *Pollmeier* [online]. ©2016 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z:
<https://www.pollmeier.com/en/products/baubuche/baubuche-beam.html>
- BauBuche GL70. In: POLLMEIER. *BauBuche GL70: Information* [online]. ©2016, s. 1 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z:
<https://www.pollmeier.com/en/dam/jcr:16a186cc-9767-4a7b-8936-c94a460b8531/BauBucheGL70-H%C3%A4ndlerfaltblatt-1015-EN.pdf>
- Beam BauBuche GL70. In: POLLMEIER. *BauBuche: product Overview* [online]. ©2016, s. 1 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z:
[//www.pollmeier.com/en/dam/jcr:410cfdec-a191-4b8a-b308-2be25ad2acc6/BauBuche-Produktuebersicht-10-15-EN.pdf](https://www.pollmeier.com/en/dam/jcr:410cfdec-a191-4b8a-b308-2be25ad2acc6/BauBuche-Produktuebersicht-10-15-EN.pdf)
- BSH. *Dekwood*. [online]. ©2016 [cit. 2016-03-11]. Dostupné z: <http://dekwood.cz/produkty/kvh-duo/trio-bsh/bsh-60>
- Buchenholz: Stahlhart kalkuliert: kostenintensive Verarbeitung. In: POLLMEIER. *Buchenholz: stahlhart kalkuliert* [online]. ©2016, s. 30 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z:
<https://www.pollmeier.com/de/dam/jcr:6d0b6e0e-4897-4e13-98bf-591bae0fc4a7/mikado-2015-0102-baubuche.pdf>
- Company. *Mayr – Melnhof*. [online]. [s. a.] [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.mm-holz.com/en/company/>

- Comparing Trus Joist® Parallam® PSL and Commodity 24F-V4 Glued Laminated Timber. *Weyerhaeuser* [online]. ©2016 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://www.woodbywy.com/2014/09/09/comparing-trus-joist-parallam-psl-commodity-24f-v4-glued-laminated-timber/>
- Comparing Trus Joist® Parallam® PSL and Commodity 24F-V4 Glued Laminated Timber. *Weyerhaeuser*. [online]. ©2016 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://www.woodbywy.com/2014/09/09/comparing-trus-joist-parallam-psl-commodity-24f-v4-glued-laminated-timber/>
- Crosslam timber / CLT: Manufacturing process. *Greenspec*. [online]. ©2016 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://www.greenspec.co.uk/building-design/cross-laminated-timber-manufacturing-process/>
- DETVAJ, Juraj, Andrej ARGAY a Daniel RUMAN. Hollow wooden post and its interaction with metal structural members: wood post and steel member joints. *Drvna Industrija* [online]. Zagreb: Šumarski fakultet, 2008, **2008**(59), s. 183 [cit. 2016-04-14]. ISSN 1847-1153. Dostupné z: <http://hrcak.srce.hr/file/48360>
- DUO/TRIO. *Dekwood* [online]. ©2016 [cit. 2016-03-11]. Dostupné z: <http://dekwood.cz/produkty/kvh-duo/trio-bsh/duo/trio-67>
- Eight decades of innovative spirit. *Martinsons* [online]. [2014] [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.martinsons.se/about-martinsons/history/the-history-of-martinsons>
- Element pro stropy a střechy. *Novatop*. [online]. ©2015 [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <http://www.novatop-system.cz/produkty/elements-pro-stropy-a-strechy/>
- Facts. *KLH* [online]. [s. a.] [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.klh.at/en/company/facts.html>
- Glulam for the next generation of construction: Comwood. In: MARTINSONS. *Timber and glulam products for industrial manufacturing and modern construction* [online]. [2014], s. 7 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: http://www.martinsons.se/Allm%C3%A4n/Filer/Travaror/travaror_eng.pdf
- History. *Storaenso*. [online]. [s. a.] [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://www.storaenso.com/about/history>
- Charakteristische festigkeits. In: POLLMEIER. *DIBT: allgemeine bauaufsichtliche zulassung* [online]. ©2016, s. 9 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z:

<https://www.pollmeier.com/en/dam/jcr:67837d5a-6fbd-4a4c-84ca-563316365bb1/DIBT-Allgemeine%20bauaufsichtliche%20Zulassung-Z-9.1-837-DE.pdf>

- Chronicle. *Binderholz*. [online]. [s. a.] [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.binderholz.com/en/the-company/binderholz/chronicle/>
- Chronicle. *Nature in architecture*. [online]. [s. a.] [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.binderholz.com/en/>
- IŽDINSKÝ, Ján. Vel'koplošné materiály na báze dreva v stavebníctve. *ASB.sk*. [online]. 2. 2. 2009 [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: <http://www.asb.sk/stavebnictvo/drevostavby/velkoplosne-materialy-na-baze-dreva-vstavebnictve>
- Kertopuu 75x225x1000 mm. *Taloon.com*. [online]. ©2004–2016 [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://www.taloon.com/kertopuu-75x225x1000-mm/FIF-Kerto-S-75x225/dp>
- Konstrukční hranoly KVH, DUO-TRIO, BSH. *Ráj dřeva*. [online]. ©2010 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://www.raj-dreva.cz/produkty/konstrucni-hranoly-kvh-duo-trio-bsh/>
- Konstrukční masivní dřevo. In: WEYLAND. *Specifikace: Hranoly KVH NSI* [online]. ©2012, s. 1-4 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://cms.weylandholz.cz/web-data/files/spec/specifikace-hranoly-kvh-nsi.pdf>
- Kritéria kvality KVH. *Roman Million Wood s.r.o.*. [online]. ©2016 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://www.ceskekvh.cz/index.php?id1=certifikace-kriteria-kvality-a-vzhledu-kvh-duo-trio&lg=cz>
- Kurzy devizového trhu. *ČNB*. [online]. 8. 4. 2016 [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: https://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/devizovy_trh/kurzy_devizoveho_trhu/denni_kurz.jsp
- Kurzy devizového trhu. *ČNB*. [online]. 14. 4. 2016 [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: https://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/devizovy_trh/kurzy_devizoveho_trhu/denni_kurz.jsp
- KVH. *Dekwood*. [online]. ©2016 [cit. 2016-03-11]. Dostupné z: <http://dekwood.cz/produkty/kvh-duo/trio-bsh/kvh-66>
- Laminated veneer lumber. *Bischoff Schäffer*. [online]. [s. a.] [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://www.bischoff-schaefer.de/Kerto.433.0.html>

- Lepené lamelové dřevo – BSH. *Latti – extra*. [online]. ©2011 [cit. 2016-04-13].
Dostupné
z: http://www.latti-extra.sk/index.php?page=lepene-lamelove-drevo-bsh&hl=sk_SK
- Lepené lamelové dřevo – výroba a prodej. *Tesko*. [online]. ©2008 [cit. 2016-04-07]. Dostupné
z: <http://www.konstrukce-tesko.cz/lepene-lamelove-drevo-vyroba-a-prodej>
- Lepené lamelové dřevo. *Kasper*. [online]. ©2016 [cit. 2016-03-19]. Dostupné
z: <http://kaspercz.cz/vyrabime/lepene-lamelove-drevo/>
- Lis na výrobu lamelovaného BSH hranolu typ MLL. *Marshal – CZ*. [online]. ©2016 [cit. 2016-04-13]. Dostupné
z: <http://www.marshal-cz.cz/15693/lis-na-vyrobu-lamelovaneho-bsh-hranolu/>
- LOKAJ, Antonín a Kristýna VAVRUŠOVÁ. Dřevo a materiály na jeho bázi: Křížem lamelované dřevo. *Stavební partner* [online]. Moravskoslezský dřevařský klastr, 2012, **2012**(1), 7 [cit. 2016-03-20]. Dostupné z:
<http://www.msdk.cz/files/clanek-drevo-a-materialy-na-jeho-bazi.pdf>
- LP® SolidStart® 2" x 4" x 8". *Menards*. [online]. ©2004-2016 [cit. 2016-04-08].
Dostupné
z: <http://www.menards.com/main/building-materials/trusses-i-joists-engineered-lumber/laminated-veneer-lumber-lvl-strand-lumber/lp-reg-solidstart-reg-2-x-4-x-8-laminated-strand-lumber/p-1444438200030.htm>
- Mayr – Melnhof Holz Paskov, s.r.o.. *Firmy.cz*. [online]. ©1996–2016 [cit. 2016-04-10]. Dostupné
z: <http://www.firmy.cz/detail/625824-mayr-melnhof-holz-paskov-staric.html>
- O společnosti. *Agrop*. [online]. [s. a.] [cit. 2016-04-10]. Dostupné
z: <http://www.agrop.cz/cs/o-spolecnosti/>
- O systému Novatop. *Novatop*. [online]. ©2015 [cit. 2016-04-11]. Dostupné
z: <http://www.novatop-system.cz/system-novatop/co-je-novatop/>
- Pannelli di particelle-LSL (Intrallam). *Dataholz* [online]. ©2003-2016 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z:
<http://www.dataholz.com/cgi-bin/WebObjects/dataholz.woa/wa/baustoff?baustoff=Spanstreifenholz&language=it>

- Parallam. *Ashby lumber*. [online]. ©2009 [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <https://store.ashbylumber.com/inet/storefront/store.php?mode=browsecategory&department=17&class=175>
- Přednáška dřevo: Mechanické vlastnosti LVL. [online]. 30. 11. 2011 , s. 19 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: http://homel.vsb.cz/~khe0007/Predmety/Stavebni%20hmoty/Prednaska_drevo.pdf
- Solid pro stěny a příčky. *Novatop*. [online]. ©2015 [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <http://www.novatop-system.cz/produkty/solid-pro-steny-a-pricky/>
- SOUKUP, Ondřej. 6 důvodů pro KVH hranoly Zdroj. *Dřevostavitel*. [online]. 3. 12. 2012 [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: <http://www.drevostavitel.cz/clanek/6-duvodu-pro-kvh-hranoly>
- Static pro střešní přesahy. *Novatop*. [online]. ©2015 [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <http://www.novatop-system.cz/produkty/static-pro-stresni-presahy/>
- Stora Enso Wood Products Ždírec s.r.o.. *Tatran Ždírec*. [online]. ©2015 [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://tatran.zdirec.cz/sponzori/stora-enso-wood-products-zdirec-s.r.o>
- Structural Lumber. *Blue Ridge*. [online]. ©2016 [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://www.brbs.net/groups/lumber?sort=price&order=desc>
- Systém a zatížení: materiál. In: NOVATOP. *NOVATOP SOLID: technická dokumentace*[online]. ©2015, s. 10 [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <http://www.novatop-system.cz/novatop-download/novatop-solid-pro-steny/?v=635>
83
- Výhody CLT. *Storaenso*. [online]. ©2013 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.clt.info/cz/produkty/clt-system-z-masivniho-dreva/vyhody/>