



MATERIÁLY PRO DŘEVOSTAVBY

Autoři:
Ing. Josef Mynář
Ing. Jiří Teslík

CZ.1.07/1.3.05/02.0026
Rozvoj profesního vzdělávání pedagogů SOŠ v oblasti dřevovýroby a stavebnictví



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Ing. Josef MYNÁŘ, Ing. Jiří TESLÍK
MATERIÁLY PRO DŘEVOSTAVBY

ÚVOD

Dřevostavby se za uplynulých 20. let staly nedílnou součástí moderního stavitelství. Velmi dobře zdomácněly na stavebním trhu a jejich popularita u investorů stále roste. Pestrá paleta konstrukčních systémů, výrobků a materiálů pro dřevostavby umožňuje projektantům, stavitelům a zejména investorům plnit si své sny. Každá dřevostavba vzniká spojením nosných prvků, opláštějících desek, tepelných, akustických a požárních izolací. Množinu materiálů využívaných v dřevostavbách rozšiřuje také mnoho doplňkových a systémových prvků. Jsou to například parozábrany, parobrzdy, nebo speciální těsnící pásy. Pouze správná kombinace jednotlivých „ingrediencí“ zajistí dřevostavbám bezporuchovost a dlouhou životnost.

Materiálů pro dřevostavby je na stavebním trhu celá řada a není vždy jednoduché najít ideální řešení při splnění požadavků norem i investorů. Autoři této brožury si dali za cíl vypsát co nejvíce materiálů pro dřevostavby, zhodnotit jejich výhody nevýhody a porovnat je navzájem z hlediska užitných vlastností a vhodnosti použití. Zejména projektantům tak tato brožura dá jednoduchý nástroj, podle kterého mohou najít ideální materiál pro tu kterou část konstrukce. Pro přehlednost jsou vypsány materiály rozděleny do tří kapitol. Na nosné prvky dřevostaveb, opláštějící desky a materiály pro tepelné izolace.

1. NOSNÉ PRVKY DŘEVOSTAVEB

Hlavní funkcí nosné konstrukce je přenášet a zvládat veškerá zatížení, která na ní působí. Nosná konstrukce přenáší převážně svislá zatížení, která vyvozuje vlastní váha objektu, užitné zatížení a jiná nahodilá zatížení. U všech objektů se vyskytují také zatížení vodorovná. Ty vznikají působením větru, účinky sedání stavby, teplotní roztažnosti konstrukce, apod.. U dřevostaveb máme několik základních typů nosných konstrukcí. Srubové, hrázďené, sloupové, skeletové, rámové a panelové. Asi nejrozšířenějším typem v dnešní době jsou rámové a panelové nosné konstrukce. Základním nosným prvkem u rámových konstrukcí je svislý sloupek. Svislé sloupky jsou umístěny v pravidelných roztečích a spolu s vodorovnými prvky (základový práh, pozední věnec) tvoří nosný rám. Pro stavbu si můžeme vybírat z mnoha typů sloupků, které se dělí podle tvaru, typu, rozměrů a použitého dřeva. Panelových nosných prvků je také několik typů. Například to mohou být sendvičové panely z OSB desek a tepelnou izolací z PPS nebo PUR pěny. Moderní a velmi zajímavou variantou jsou celodřevěné masivní panely. V této kapitole budou popsány a navzájem porovnány některé z nosných prvků a materiálů, které se v dřevostavbách využívají nejčastěji.

Vzhledem k rozmanitosti nabídky materiálů a konstrukčních prvků nelze zcela jednoznačně a jednoduše říci, který produkt je lepší či horší. Je ale potřeba vždy zohlednit oblast použití, požadavky na materiál z hlediska statiky, stability, vlhkosti, povrchu a nerozhodovat se jen dle ceny. S čímž se bohužel v dnešní době setkáváme nejčastěji. Přece jenom tyto materiály jsou určeny pro nosné konstrukce dřevostaveb, které mají vydržet desítky let. Proto je rovněž velice důležité profesionální návrh, zpracování projektu a v neposlední řadě správné zabudování do konstrukce. Každý, byť sebelepší materiál, který bude nevhodně použit či zabudován, nebude plnit účel, pro který byl původně zamýšlen.



Obr. 1-1: Nosná konstrukce dřevostaveb, výzva pro projektanty, architekty, statiky a realizátory, zdroj <http://www.cadwork.com>

1.1. Těžký dřevěný skelet - TDS

Těžké dřevěné skelety (Heavy timber constructions) se v současnosti využívají zejména pro výstavbu objektů většího rozsahu a vícepodlažních dřevostaveb. Konstrukce těžkých dřevěných skeletů se velmi podobá například skeletům ocelovým. Navzájem se kombinují nosné prvky svislé (sloupy) a vodorovné (průvlaky, trámy, vaznice). Nosná konstrukce může být vyrobena z různých materiálů. Klasickým materiálem je rostlé řezivo. Výhodou rostlého řeziva je nízká cena, jednoduchost zpracování a snadná dostupnost jak materiálu, tak tesařských firem. Nevýhodou je však omezená únosnost, dotvarování dřevěných prvků, horší požární odolnost a možnost biologického napadení. Dalšími materiály, které se hojně využívají, jsou například KVH řezivo, lepené lamelové dřevo – *LLD*, lepené vrstvené lamelové dřevo – *LVL*, lepené vrstvené hranoly - *BSH*. Výhodou uvedených materiálů je rozměrová přesnost jednotlivých prvků, malé tvarové a objemové změny, vyšší požární odolnost v porovnání s rostlým řezivem, rozměrová variabilita prvků a možnost dimenzovat prvky na velká rozpětí. Nespornou výhodou je možnost vyrábět i zakřivené prvky. Cena v porovnání s rostlým řezivem je však několikanásobná. Pokud budeme porovnávat pevnostní parametry rostlého řeziva s *LLD*, *LVL* zjistíme, že se výrazně neliší. Z *LLD*, *LVL* je možno vyrábět nosné prvky velkých rozměrů a tedy výrazně zvýšit jejich nosnost. U rostlého řeziva musíme vycházet z dimenzí prvků, které jsou obvyklé. Tabulka Tab. 1-1 uvádí charakteristické hodnoty pevnosti a tuhosti rostlého jehličnatého řeziva a *LLD* třídy 24. Hodnoty jsou převzaty z normy ČSN 73 1702 (DIN 1052:2004-08).

Tab. 1-1: Charakteristické hodnoty pevnosti, tuhosti a hustoty dle ČSN 73 1702

	Jehličnaté řezivo	Kombinované lepené lamelové dřevo	
Třída pevnosti	C24	GL24h	GL24c
Hustota kg/m ³	350	380	350
Charakteristiky pevnosti	N/mm ²		
Ohyb $f_{m,k}$	24	24	24
Tah rovnoběžně $f_{t,0,k}$	14	16,5	14
Tah kolmo $f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5
Tlak rovnoběžně $f_{c,0,k}$	21	24	21
Tlak kolmo $f_{c,90,k}$	2,5	2,7	2,4
Smyk a kroucení $f_{v,k}$	2,7	3,5 (2,5)	
Charakteristiky tuhosti	N/mm ²		
Modul pružnosti rovnoběžně $E_{0,mean}$	11000	11600	11600
Kolmo $E_{90,mean}$	370	390	320
Modul pružnosti ve smyku G_{mean}	690	720	590



Obr. 1-2: Použití nosníků z lepeného lamelového dřeva na zastřešení stadionu v Richmondu (Kanada), zdroj <http://arch-review.blogspot.cz>



Obr. 1-3: Nosná konstrukce TDS z masivního dřeva, RD Kramolna



Obr. 1-4: Přiznané nosné prvky v interiéru objektu, RD Kramolna

Výhody těžkého dřevěného skeletu:

- rychlá, jednoduchá montáž nosné konstrukce, stavba je rychle „pod střechou“
- variabilita interiéru
- možnost ponechat přiznané dřevěné nosné prvky v interiéru
- u přiznaných nosných prvků jednoduchá kontrola jejich stavu
- jednoduchá a rychlá montáž nosných prvků obvodového pláště
- menší statické nároky na obvodový plášť, např. větší rozteče a menší dimenze sloupků

Nevýhody těžkého dřevěného skeletu:

- Montáž nosné konstrukce musí provést odborná tesařská firma
- Je nutno zajistit vodorovné ztužení objektu (šikmé vzpěry)
- Nosné prvky mohou narušovat vzduchotěsnou obálku budovy
- Nosné prvky mohou tvořit tepelné mosty
- Problematická montáž vnitřního opláštění stěn
- Problematické zajištění vzduchotěsnosti (napojení oplášťujících desek na skelet)

1.2. Lehký dřevěný skelet - LDS

Lehký dřevěný skelet (anglicky „Platform Frame System”) je typický konstrukční systém využívaný pro výstavbu rodinných domů a dřevostaveb s menšími rozpory nosných svislých nosných konstrukcí do dvou nadzemních podlaží. Svislou nosnou konstrukci tvoří rámy složené z vodorovných prvků (základový práh, pozdní věnec) a svislých sloupků. Pro vodorovné i svislé nosné prvky se využívají nejčastěji rostlé či KVH řezivo. Na stavebním trhu se však můžeme setkat s nosnými prvky ve tvaru I a poslední dobou také s žebříkovými nosníky. V této kapitole je uvedeno základní dělení lehkých dřevěných skeletů dle použitého typu svislých nosníků - sloupků.

1.2.1. Systém „Two by Four“

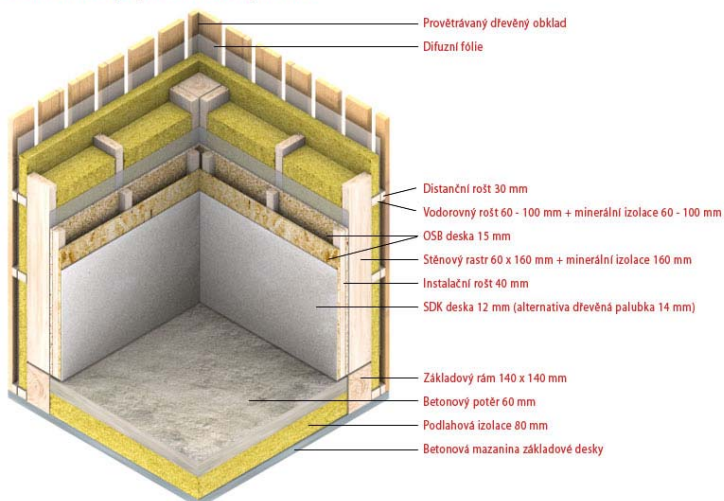
Jedná se o „klasický“ konstrukční systém dřevostaveb, který vznikl v USA na konci 19. Století. Svislé nosné prvky – sloupky jsou tvořeny fošnami z masivního dřeva o rozměrech 2 x 4 palce, tedy přibližně 50/100 mm. V dnešní době se nejčastěji využívají sloupky o rozměrech 160/60, 180/60, 200/60. Sloupky se umísťují mezi vodorovné nosné prvky v rozteči 625 mm. Rám z nosných prvků se opláští konstrukční nosnou deskou, která zajistí tuhost celé konstrukce. Systém „Two by Four“ je konstrukčně jednoduchý a výstavba je velmi rychlá. Nicméně použití masivního rostlého řeziva má i své nevýhody. Může docházet k sesychání prvků a deformacím konstrukcí. Masivní sloupky tvoří v konstrukci tepelné mosty a snižují účinnost tepelné izolace, která se mezi ně vkládá až o 20 %. V případě zvýšených požadavků na tepelně izolační schopnosti obvodové konstrukce, například v pasivní výstavbě je nutno zateplovat obvodový plášť kontaktním zateplovacím systémem.



Obr. 1-5: Rámová nosná konstrukce „Two by Four”, zdroj <http://www.pk-projekt.cz>

Řez obvodovou stěnou

- varianta vnější povrch dřevěný obklad



Obr. 1-6: Typická skladba obvodového pláště „Two by Four” s kontaktním zateplením

Výhody:

- Rychlá a technologicky jednoduchá montáž nosné konstrukce
- Nosné prvky jsou umístěny mimo kondenzační zónu (při použití zateplení z vnější strany)
- Ekonomicky výhodné řešení při použití rostlého řeziva
- Snadné opracování a spojování dřevěných prvků
- Rozšířená technologie – velké zkušenosti a znalosti realizačních firem

Nevýhody:

- Nutnost provést zateplení při zvýšených požadavcích na tepelně izolační parametry
- Rozměrové omezení nosných prvků – sloupků (obvyklý rozměr 180/60 mm) a tloušťky tepelné izolace vkládané mezi sloupky
- Sloupky tvoří systematické tepelné mosty
- Konstrukce je složena z mnoha vrstev

1.2.2. I dřevěné nosníky

Moderními nosnými prvky, které lze využít pro výstavbu lehkých dřevěných skeletů jsou prefabrikované dřevěné nosníky tvaru I. I-nosníky jsou konstruovány z pásnic a stojin. K výrobě pásnic se obvykle používá jehličnatého KVH řeziva spojovaného šipovými spoji. Umělé vysoušené řezivo strojově opracované má vysoký stupeň jakosti a zároveň zachovává vysoké pevnostní parametry. Na stojiny pak může být použita dřevovláknitá tvrdá deska s drážkovým spojem. Na stavebním trhu se můžeme setkat s nosníky, které mají pásnice vyrobeny z OSB desek. Jedním z největších dodavatelů konstrukčních systémů dřevostaveb z I nosníků je firma STEICO. Výrobky STEICO joist a STEICO wall jsou v této brožuře použity pro představení možností využití I dřevěných nosníků.



Obr. 1-7: Dřevěný I nosník STEICO Joist, zdroj: steico.de

Tab. 1-2: Charakteristické pevnostní charakteristiky prvků STEICO Joist pro navrhování podle EC5

Typ	Výška H [mm]	Charakt. moment $M_{y,k}$ [kNm] ^{a)}	Tuhost v ohybu $EI_{y, mean}$ [Nmm ² · 10 ⁹]	Charakt. smyk ^{a)} V_k [kN]	Tuhost ve smyku $GA_{y, mean}$ [MN]
STEICOjoist SJ 45	200	7,09	327	10,92	2,09
	240	8,92	516	12,75	2,76
	300	11,74	888	15,36	3,77
	360	14,01	1.369	17,84	4,78
STEICOjoist SJ 60	200	9,45	436	10,84	2,09
	240	11,87	687	12,64	2,76
	300	15,57	1.177	15,17	3,77
	360	18,52	1.808	17,55	4,78
STEICOjoist SJ 90	400	20,45	2.310	19,07	5,45
	200	14,13	651	10,76	2,09
	240	17,75	1.025	12,51	2,76
	300	23,21	1.752	14,97	3,77
	360	27,51	2.683	17,25	4,78
	400	30,30	3.419	18,71	5,45



Obr.1-8 Použití dřevěných I nosníků STEICO Joist v konstrukci střechy, RD Kramolna.

Tab. 1-3: Geometrické parametry vyráběných I dřevěných nosníků STEICO

Délky až do 16 m, výšky 160-400 mm a možnost izolace stojiny dělají ze sortimentu konstrukcí STEICO komplexní konstrukční systém	Typ	Pásnice b*h [mm]	Výška H [mm]	Délky [m]	Tíha [kg / [mb]
	STEICOjoist SJ 45	45*45	200		2,9
		45*45	240		3,2
		45*45	300		3,7
		45*45	360		4,2
	STEICOjoist SJ 60	60*45	200	V délkách 7,0 m, 9,0 m, 13,5 m a na požadavek dostupné až do 16,0 m	3,5
		60*45	240		3,9
		60*45	300		4,3
		60*45	360		4,8
		60*45	400		5,1
	STEICOjoist SJ 90	90*45	200		4,8
		90*45	240		5,1
		90*45	300		5,6
		90*45	360		6,2
		90*45	400		6,4
	STEICOwall * SW 45	45*45	160		2,4
		45*45	200		2,7
		45*45	240		2,9
		45*45	300		3,3
		45*45	360		3,7
	STEICOwall * SW 60	60*45	160	V délkách 7,0 m, 9,0 m, 13,5 m a na požadavek dostupné až do 16,0 m	3,0
		60*45	200		3,3
		60*45	240		3,5
		60*45	300		3,9
		60*45	360		4,3
	STEICOwall * SW 90	90*45	240		4,5
		90*45	300		4,8
		90*45	360		5,2
		90*45	400		5,7
					5,8

* Na požadavek dostupné s izolací stojiny

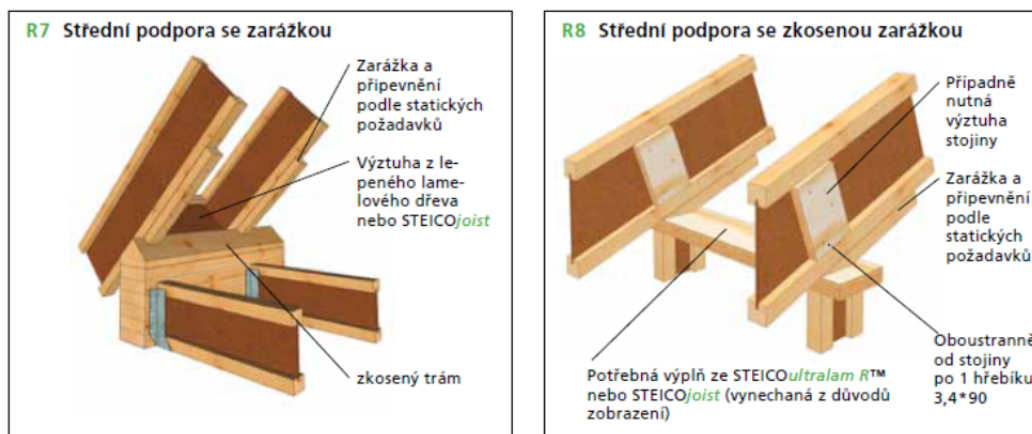
Výhody:

- Nízká hmotnost při vysoké únosnosti
- Variabilita tloušťek prvků, 160 – 400 mm
- Prvky pro svislé i vodorovné konstrukce (STEICO WALL, JOIST)
- U vodorovných prvků lze přenést velká rozpětí, až 8 m
- Eliminace tepelných mostů

- Možnost zesílení nosných prvků zdvojením
- Tvarová a objemová stálost

Nevýhody:

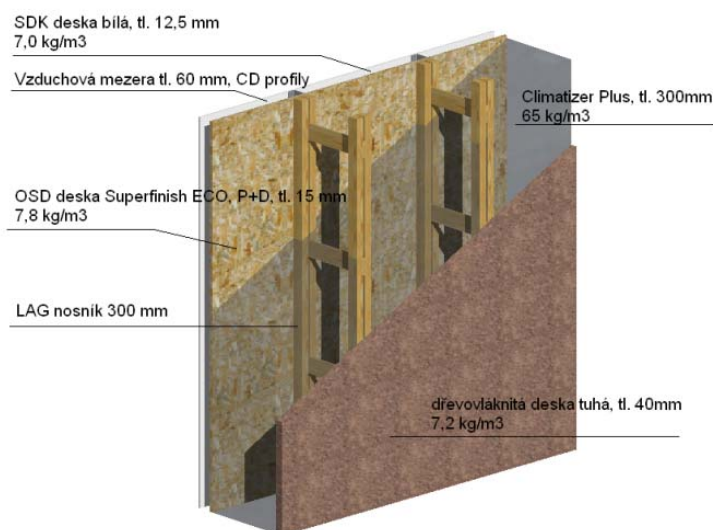
- Štíhlé a subtilní prvky jsou náchylné na působení svislých a vodorovných sil s excentricitou
- Náročnější řešení spojů, nutno spoje zesilovat příložkami, větší potřeba speciálních spojovacích prvků
- Možný akustický most v případě kdy je nosník přes celou tloušťku konstrukce (např. obvodová stěna)
- V místě zesílení nosných prvků příložkami vznikají tepelné mosty



Obr. 1-9: Ukázka řešení technických detailů I nosníky STEICO

1.2.3. Žebříkové nosníky

Alternativou k plnostěnným I dřevěným nosníkům jsou nosníky žebříkové. Skládají se ze svislých stojin a pásnic. Pásnice jsou obvykle z OSB desek. Pásnice nejsou plnostěnné ale přerušené. Při výrobě nosníků dochází k úspoře materiálu a eliminuje se tepelný most, který plnostěnná pásnice vytváří. Je však nutno podotknout, že tepelný most u plnostěnných pásnic je velmi malý. Stojiny jsou pak obvykle vyrobeny z masivního dřeva a to buď z hranolů 60x40 mm. V případě většího svislého zatížení nosníků mohou být hranoly i v jiných rozměrech, např. 80x80 mm. Žebříkové nosníky mají výhodu ve variabilitě rozměrů použitých prvků. Je také velmi jednoduché konstruovat nosníky pro velké tloušťky tepelné izolace (40 – 50 cm). Nosníky s přerušovanou pásnicí lze však využívat pouze pro svislé konstrukce a nikoli jako například vodorovné stropní trámy. Propojení pásnic a stojin je zajištěno hřebíky nebo vruty. V případě že bude konstrukce s žebříkovými nosníky zateplena foukanou izolací, doplňují se nosníky perlínkou (Obr. 1-11). Ta zajistí rozdělení konstrukce na jednotlivé komory, které jdou zafoukat tepelnou izolací.



Obr. 1-10: ukázka skladby obvodové stěny dřevostavby s žebříkovými LAG žebříkovými nosníky

Výhody:

- Úspora řeziva (záleží jaký typ a profil nosníků využijete)
- Eliminace tepelných mostů
- Jednoduchá výroba nosníků
- Možnost aplikace foukané izolace z boku konstrukce (přes více komor)
- Variabilita průřezu sloupků nosníku (stojina z interiéru i exteriéru nemusí mít stejný profil)
- přerušovaná pásnice usnadňuje vedení rozvodů ve stěnách
- Variabilita tloušťek nosníků



Obr. 1-11: Žebříkový nosník LAG, stojina ze čtyř hranolů 60/40, pásnice z OSB desky tl. 15 mm

Nevýhody:

- Dřevo na straně exteriéru může být v kondenzační zóně
- Použitím rostlého řeziva menších profilů pro stojiny může docházet ke kroucení, tvorbě trhlin, štípání stojin při montáži opláštění (možnost použít KVH)
- Pracnost výroby u dvojitých žebříkových nosníků
- Problematické vkládání tepelné izolace v místech pásnic
- U dvojitých nosníků vychází styk oplášťujících desek mezi stojiny
- Složitější řešení detailů, např. kotvení rámu oken, dveří
- Většinou necertifikovaný systém, bez definovaných hodnot, např. REI

1.3. Lepené dřevo (LD) a lepené lamelové dřevo (LLD)- základní rozdělení

Jednotlivé konstrukční systémy se velmi odlišují, ale jejich základním prvkem v moderních dřevostavbách jsou převážně lepené dřevěné prvky. Společným jmenovatelem je, že se jedná o sušené dřevo v rozmezí 8-15% vlhkosti. Nejčastěji se používá dřevina smrk. Dle ČSN EN 14 080:2013 Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo a rostlé dřevo se produkty z lepeného dřeva dělí takto:

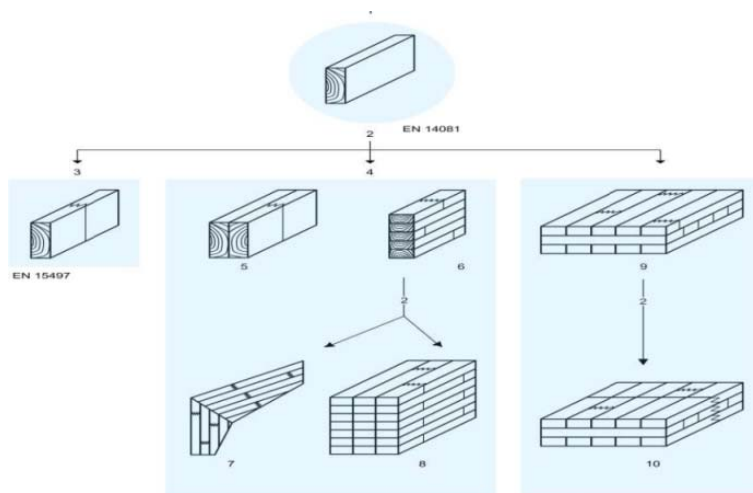
- Konstrukční dřevo nastavované zubovitým spojem (KVH- Konstruktionsvollholz)
- Lepené lamelové dřevo, lamely tl. max. 45mm (BSH – Brettschichtholz)
- Lepené dřevo mimo lamelového (DUO balken, TRIO balken)
- Složené (blokově lepené) lepené lamelové dřevo (block glued glulam)
- Křížem lepené řezivo- CLT (Cross laminated timber) označované též jako BSP –Brettspertholz

Systém lepení LD, LLD:

Použitá lepidla musí zajišťovat trvanlivé lepené spoje v lepených lamelových výrobcích během doby životnosti konstrukce pro požadovanou třídu použití podle EN 1995-1-1. Dále pak musí splňovat limity z hlediska uvolňování nebezpečných látek. Dá se říci, že nejvíce sledovanou oblastí je uvolňování formaldehydu. Dle oblasti použití rozeznáváme třídy uvolňování formaldehydu dle EN 717-1 a jejich limity jsou uvedeny v následující tabulce.

Třídy uvolňování formaldehydu	Největší hodnoty uvolňování formaldehydu v ustáleném stavu (v mg HCHO/m ³ vzduchu)
E1	≤ 0,124
E2	> 0,124

Obr. 1-12: Třídy uvolňování formaldehydu dle EN 717-1



Obr. 1-13: Znázornění provedení produktů lepeného dřeva včetně principu provedení zubovitého spoje (cinku) Popis: 1. Rostlé dřevo, 2. Možnosti použití, 3. KVH, 4. Lepené dřevo, 5. Duo balkem, 6. BSH, 7. Použití BSH např. pro vazníky, 8. Blokově lepené lamelové dřevo, 9. CLT, 10. CLT s velkým zubovitým spojem

Povinností výrobců je provádět jak mechanické zkoušky, tak i ověřovat emise formaldehydu. V současné době jsou dovoleny tyto skupiny lepidel:

- fenolická a aminová lepidla (například MF, MUF, PRF, UF)
- jednosložková polyuretanová lepidla (PUR) vytvrzující vlivem vlhkosti;
- emulzní polymerová izokyanátanová lepidla (EPI)

Na následujícím obrázku je možno vidět, jakým způsobem vznikne z rostlého dřeva lepené lamelové dřevo a v jakém principu jsou jednotlivé lamely poskládány a kde je proveden cinkovaný spoj.

KVH, DUO, TRIO, BSH

Použití těchto prvků je základem pro rámové a skeletové konstrukce různých typů a provedení. Používají se jak pro stěnové, tak pro stropní a střešní prvky. Výběr jejich použití je dán požadavky projektanta resp. statika z hlediska rozměrů, tvarové stálosti a statických vlastností, které jsou charakterizovány pevnostními třídami dle EN 338. Nejčastěji se setkáme s požadavky např. C16, C24 pro KVH, DUO, TRIO. GL24h nebo GL28h se uvádí pro BSH hranoly apod. Lamely jsou vizuálně tříděny dle výskytu povolených vad dřeva a na základě toho zatřizovány do jednotlivých pevnostních tříd. Pro větší přehlednost uvádíme tabulky, kde jsou uvedeny základní parametry dle T-tříd

Tab.1-4: Charakteristické vlastnosti pevnosti a tuhosti pro T-třídy v N/mm² a hustoty v kg/m³ pro prkna nebo fošny pro lepené lamelové dřevo, $f_{t,0,l,k}$ charakteristická pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

T-třída prken nebo fošen ^a	$f_{t,0,l,k}$	$E_{t,0,l,mean}$	$\rho_{l,k}$
T8 (C14)	8	7 000	290
T9	9	7 500	300
T10 (C16, S7)	10	8 000	310
T11 (C18)	11	9 000	320
T12 (C20)	12	9 500	330
T13 (C22)	13	10 000	340
T14 (C24, S10)	14	11 000	350
T14,5	14,5	11 000	350
T15	15	11 500	360
T16 (C27)	16	11 500	370
T18 (C30, S13)	18	12 000	380
T21 (C35)	21	13 000	390
T22	22	13 000	390
T24 (C40)	24	13 500	400
T26	26	14 000	410
T27 (C45)	26	15 000	410
T28	28	15 000	420
T30 (C50)	30	15 500	430

^a Třídy C podle EN 338:2009 splňují nejméně požadované hodnoty příslušných T-tříd.

Tab.1-5: Skladba nosníku z homogenního lepeného lamelového dřeva a minimální hodnoty pro pevnost v ohybu zubovitých spojů v lamelách v N/mm²

Třída pevnosti lepeného lamelového dřeva	Třída pevnosti lamel	$f_{m,j,k}$
GL 20h	T10	25
GL 20h	T11	22
GL 22h	T13	25
GL 24h	T14	30
GL 26h	T16	33
GL 28h	T18	36
GL 30h	T21	38
GL 30h	T22	37
GL 32h	T24	41
GL 32h	T26	38

U BSH hranolů rozeznáváme kombinované lepené lamelové dřevo (např. označení GL24 c), což znamená, že vnější, mezilehlé a vnitřní vrstvy mohou být z jiné třídy pevnosti lamel. Dále pak BSH z homogenního lepeného lamelového dřeva (např. označení GL24h), kde jsou všechny lamely ze stejné třídy pevnosti lamel.



Obr. 1-14: Ukázka KVH řeziva



Obr. 1-15: Ukázka DUO, TRI řeziva



Obr. 1-16: Ukázka BSH řeziva



Obr. 1-17: Ukázka CLT řeziva

Systémy pro stěnové konstrukce na bázi masivního dřeva

- a) CLT- křížem lepené řezivo
- b) Složené (blokově lepené) lepené lamelové dřevo (block glued glulam)
- c) Systémy z masivního dřeva bez lepení:
 - Spojované kolíky z jednotlivých vrstev řeziva
 - Spojované hřebíky z jednotlivých vrstev řeziva
 - Spojované kolíky – křížem poskládané lamely (např. Thoma Holz)
 - Šroubované panely- křížem poskládané lamely (např. Dekpanel)
- d) Složené průřezy- příčně lepené s mezerami (např. Lignotrend)
- e) Dřevěné modulové zásuvné systémy (např. Steko)

Systémy pro stropní a střešní konstrukce na bázi masivního dřeva

- a) Tyčovitě systémy : trémový strop s použitím nosníků
- b) Dřevěné složené systémy
 - **Žebrové stropy (např. Novatop Element, Lignatur)**
 - Skříňové stropy
- c) Systémy z masivního dřeva
 - **CLT- křížem lepené řezivo**
 - Složené (blokově lepené) lepené lamelové dřevo (block glued glulam)
- d) Spřažené systémy- např. ze dřeva a betonu

1.3.1. Výrobci CLT a obdobných systémů

V následující tabulce je uveden seznam výrobců konstrukčních systému na bázi masivního dřeva. Rozsah a oblasti použití jsou natolik široké, že je v této publikaci nelze obsáhnout, a proto je uveden i odkaz na webové stránky, kde je možno se s těmito systémy podrobněji seznámit.

Tab.1-6: Výrobci CLT a systémů na bázi masivního dřeva (AT,DE,CH,IT, CZ), zdroj: Holzkurier 10.14

			výrobní kapacita (m3)		lepení	Max. formát (m)
			2013	2014 (plán)		
	Název	www				
1	Agrop Nova (Novatop)	www.novatop-system.com	6000	6000	PUR,MU	2,95x12
2	Binder Holz	www.binderholz.com	80000	95000	PUR	1,25x24; 3,5x22
3	Dekpanel	https://dektrade.cz	-	-	šroubované	3,5x12
4	Eugen Decker	www.eugen-decker.de	25000	25000	PUR	3,3x16
5	Femada	http://femadatimber.com/	-	-	—	—
6	Haaslacher Norice Timber	http://www.haaslacher.at	30000	30000	MUF	3,2x20
7	KLH	www.klh.cc	78000	90000	PUR	2,95x16, 5
8	Lignatur	www.lignatur.ch	-	-	PUR	—
9	Lignotrend	www.lignotrend.de	27000	27000	PUR	0,625x1 8
10	Mayr Melnhof Systemholz	www.mm-holz.com	50000	50000	MUF	3x16,5
11	Merk Timber	www.merk.de	29000	29000	MUF,PUR	4,8x20
12	MHM-Massiv Holz Mauer	www.massivholzmauer.de	-	-	—	—

13	Moser Holzbau	www.moser-holzbau.ch	5000	-	PUR	3,5x16
14	Pius Schuler	www.pius-schuler.ch	-	-	—	3x9
15	Schilliger holz	www.schilliger.ch	13000	13000	PUR	3,4x13,7
16	Stephan Holz	www.stephan-holz.de	6000	6000	PUR	4x20
17	Stora Enso Timber	www.storaenso.com/clt	95000	105000	PUR	2,95x16
18	Thoma Holz	www.thoma.at	15000	15000	Bukové kolíky	3x8
19	W.u.J. Derix	www.derix.de	8500	10000	MUF	3,5x18
20	X-lam Dolomiti	www.xlamdolomiti.it	-	-	PUR	3,5x13,5

1.3.2. Novatop – stavební systém z masivního lepeného dřeva (výrobce Agrop Nova a.s.)

Pro příklad výrobků CLT a obdobných systému na bázi lepeného masivního dřeva bude použito portfolio výrobků firmy Agrop Nova a.s a stavebního systému Novatop.

NOVATOP je ucelený stavební systém z velkoformátových panelů na bázi masivního, křížem lepeného dřeva (CLT). Jednotlivé prvky lze kombinovat s jinými konstrukcemi nejen na bázi dřeva, ale i betonu či oceli. Systém NOVATOP je vhodný pro výstavbu rodinných a bytových domů, administrativních budov, škol, sportovišť či velkých průmyslových hal. Efektivní řešení nabízí i v přístavbách a nadstavbách. Praxe úspěšně prověřila, že splňuje přísná kritéria pro stavění pasivních a energeticky šetrných staveb.

Zpracování: Všechny panely NOVATOP jsou zpracovány z lamel z masivního rostlého dřeva sušeného na 8% vlhkost. Vlhkost při expedici činí 10 % ± 3 %. Veškeré opracování se provádí na základě odsouhlasené výrobní dokumentace na CNC strojích, které pracují podle CAD dat.

Manipulace/montáž: Vzhledem k vysokým hmotnostem jednotlivých panelů jsou k manipulaci vhodné jeřáby a speciální vozidla (vysokozdvíhací vozíky). Vždy je nutné předem definovat maximální zdvihané zatížení a dosah. Opracované panely jsou expedovány přímo na místo montáže. Jednotlivé panely se usazují s pomocí jeřábu. Panely se spojují vruty do dřeva a spojování s ostatními konstrukcemi se provádí pomocí různých druhů stavebního kování.

Certifikace: Natureplus, Evropské technické schválení (ETA), značení CE a všeobecné stavební osvědčení Zulassung. Používané jehličnaté řezivo je držitelem certifikátu PEFC a osvědčení ISPM.

Výhody

- Rychlá a přesná výstavba hrubé stavby díky velkoplošným panelům až 2,95x12m.
- Variabilní systém nosných konstrukcí stěn
- Tvarově stálé panely s vysokou statickou únosností
- Minimalizace tepelných mostů
- Difúzně otevřená konstrukce bez foliových parozábran
- Jednoduché a bezpečné skladby obvodových i vnitřních konstrukcí
- Vzduchotěsnost (vzduchová neprůvzdušnost) panelů důležitá pro nízkoenergetické a pasivní stavby
- Dlouhý fázový posun zejména v kombinaci s dřevovláknitými izolacemi
- Dobrá požární odolnost
- Možnost přípravy tras rozvodů přímo v panelech (elektroinstalace)
- Možnost přiznání panelů v interiéru (ponechání pohledového dřeva)

Nevýhody

- Nutnost manipulace jeřábem díky větší hmotnosti panelů
- Nutnost zabezpečit vjezd na staveniště pro kamion
- O něco vyšší cena v porovnání s jinými konstrukčními systémy

Novatop systém se skládá z několika konstrukčních prvků:

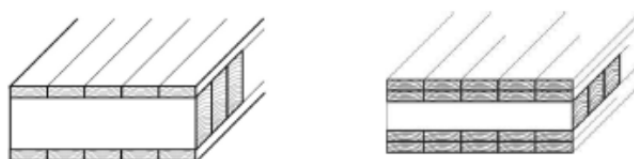
NOVATOP SOLID - Stěnové panely na bázi vrstveného masivního dřeva.

NOVATOP ELEMENT - Duté žebrové prvky na bázi vícevrstevných masivních desek, které lze doplnit o izolace a instalace.

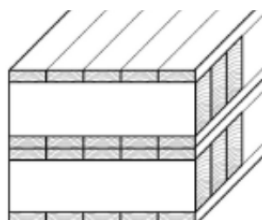
NOVATOP OPEN - Panely s volitelným stupněm prefabrikace, které spojují výhody známého dimenzování hranolů a vícevrstvé desky.

NOVATOP STATIC - Pětivrstvé masivní desky, pro konstrukce se zvýšenými statickými nároky, používá se převážně pro tenké přesahy střešních konstrukcí.

Na následujících obrázcích je možné vidět princip skladby panelů Novatop z křížem vrstveného dřeva.



Obr. 1-18: Schéma tří a pěti-vrstvé konstrukce



Obr. 1-19: Schéma šesti-vrstvé konstrukce

NOVATOP SOLID

Použití: Stavební konstrukční prvek pro nosné i nenosné stěny, popř. stropy

Popis: Panely SOLID typu CLT (cross laminated timber) se vyrábí z jehličnatého řeziva sušeného na $10 \% \pm 3 \%$. Každá vrstva panelu je tvořena z lamel z rostlého smrkového dřeva. Tloušťka vrstev může být různá a určuje konečnou tloušťku panelu. Lamely středové vrstvy jsou lepeny podélně a délkově jsou napojovány natupo anebo mohou být průběžné. Jejich tloušťka je maximálně 42mm. Vnější vrstvy se vyrábí z průběžných lamel o tloušťce 6 nebo 9 mm a šířce 93 až 143 mm. Na jedné desce je vždy stejná šířka povrchových lamel a jsou obrácené pravou stranou k povrchu. Podélné spoje lamel v každé vrstvě jsou slepeny mezi sebou. Použité lepidlo je vodovzdorné a lepení povrchových lamel odpovídá AW 100, případně D4 dle EN 204. Kvalita broušení odpovídá zrnitosti 100 (hrubší broušení na objednávku). Panely jsou díky podélně lepeným spárám vzduchotěsné již při tloušťce 62 mm

Tab.1-7: Tabulka hlavních parametrů Novatop Solid

Požadavky:	ETA 12/0079. Vstupní materiály jsou certifikovány Natureplus.
Dřevina:	Smrk
Vlhkost:	$10 \% \pm 3 \%$
Kvality:	Pohledová (odpovídá B) / Nepohledová (odpovídá C)
Standard. formáty (mm):	6 000 x 2 500, 6 000 x 2 100, 5 000 x 2 500, 5 000 x 2 100
	Max. 12 000 x 2 950 (Spojení jednotlivých panelů: podélným přeplátováním nebo s příložkou).
Rozměrové tolerance dle EN13353	Tolerance jmenovité šířky a délky: ± 2 mm

	Přímost boků: ± 1 mm/m
	Pravoúhlost: ± 1 mm/m
Povrch:	Broušeno – K 50, 100
Lepidlo	Melaminové lepidlo dle EN 301, PU podle EN 15425
Emisní třída formaldehydu	E1 podle EN 717-1 (max. 0,124 mg/m ³)
Koeficient sesychání a bobtnání	α (%/%) 0,002 – 0,012 %
Hustota	cca 490 kg/m ³
Reakce na oheň	D-s2,d0 podle EN 13501-1
Tepelná vodivost (λ)	0,13 W/mK podle EN ISO 10456
Měrná tepelná kapacita cp	1.600 J/kg.K podle EN ISO 10456
Faktor difúzního odporu (μ)	200/70 (suchý/vlhký) podle EN ISO 10456
Zvuková pohltivost	250 – 500 Hz – 0,1 1000 – 2000 Hz – 0,3
Vzduchová neprůzvučnost (dB)	$R = 13 \times \log (ma) + 14$
	ma – plošná hmotnost kg/m ²

Typy panelů:

Pro nosné obvodové a vnitřní stěny

SOLID 62 mm (9p - 44q - 9p) – Tento typ panelu je vhodný pro obvodové nosné stěny u přízemních domů, dále na vnitřní nosné i nenosné stěny.

SOLID 84 mm 2 x (9p - 24q - 9p) – Nejčastěji používaný panel pro obvodové nosné stěny 2-3 podlažních domů, nejvhodnější pro přiznání v interiéru (pohledová kvalita) při požární odolnosti REI 30.

SOLID 124 mm 2 x (9p - 44q - 9p) – Stěnový panel pro vícepodlažní domy, popř. na stěny, které přenáší větší zatížení. Při pohledové kvalitě požární odolnost REI 45.

Pro stropní konstrukce

SOLID 81 mm 3 x (9p - 9q - 9p)

SOLID 84 mm 2 x (9p - 24q - 9p)

SOLID 116 mm (9p - 9q - 9p/9p - 44q - 9p/9p - 9q - 9p)



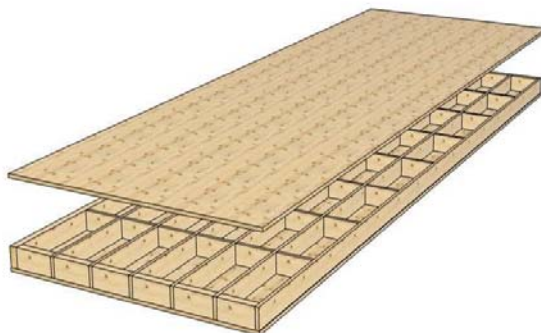
Obr. 1-20: Konstrukční prvek Novatop Solid tloušťky 62,84,124mm

NOVATOP ELEMENT

Použití: Stavební konstrukční prvek pro stropní a střešní konstrukce

Popis: NOVATOP ELEMENT – jsou velkoplošné žebrové panely vyrobené z vícevrstevných masivních smrkových desek, jedná se o stavební konstrukční prvek. Konstrukce elementu je tvořena nosnou spodní deskou, jejíž tloušťka je závislá na

požadované požární odolnosti konstrukce (REI 30,45,60). Na ni jsou nalepena příčná a podélná žebra, jejichž výška je závislá na požadované nosnosti elementu. Celá konstrukce je uzavřena horní deskou. Spojení desek a žebër se provádí lepením a lisováním za studena. Dutiny mezi žebry lze osazovat tepelnou a zvukovou izolací nebo v nich připravovat trasy pro rozvody. Elementy mohou být dodávány se spodní deskou v pohledové kvalitě, popř. opláštěné už ve výrobě vícevrstvou deskou z jedle bělokoré či akustickým panelem.



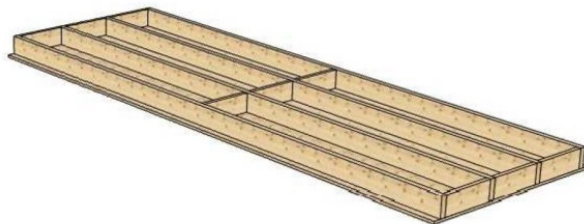
Obr. 1-21: Novatop Element

Tab 1-8: Tabulka hlavních parametrů Novatop Element

Požadavky	ETA-11/0310
Dřeviny	Smrk středoevropský
Kvalita povrchu	Nepohledová konstrukční (odpovídá C) Pohledová interiérová (odpovídá B)
Velkoplošný formát	Max 12.000 x 2.450 mm
Standardní formáty (mm)	Výšky: 160, 180, 200, 220, 240, 280, 300, 320, max. 400
	Šířky: 1030, 2090, 2450, max 2.450
	Délky: dle projektové dokumentace, standardně 6.000, max 12.000 (prodloužení cinkovaným spojem a vnitřním vyztužením)
Rozměrové tolerance dle EN13353	Tolerance jmenovité šířky a délky: ± 2 mm
	Přímost boků: ± 1 mm/m
	Pravoúhlost: ± 1 mm/m
Povrch	Broušeno - K 50, 100
Lepidlo	Melaminové lepidlo dle EN 301, PU podle EN 15425
Emisní třída formaldehydu	E1 podle EN 717-1 (max. 0,124 mg/m ³)
Vlhkost	10 % $\pm$ 3 %
Měrná tepelná kapacita cp	1.600 J/kg.K dle EN ISO 10456
Koeficient sesychání a bobtnání	α (%/%) 0,002 – 0,012 %
Hustota (SWP)	cca 490 kg/m ³
Reakce na oheň	D-s2,d0 podle EN 13501-1
Tepelná vodivost (λ) desek použitých pro výrobu	0,13 W/mK, při hustotě 490 kg/m ³ podle EN ISO 10456
Faktor difúzního odporu (μ pro SWP)	200/70 (suchý/vlhký) podle EN ISO 10456

NOVATOP OPEN

Použití: Stavební konstrukční prvek pro stropní a střešní konstrukce i stěny



Obr. 1-22: Schéma konstrukčního prvku Novatop Open

Popis: NOVATOP OPEN je tvořen nosnou spodní vícevrstvou deskou z masivního dřeva (SWP – Solid wood panel), na kterou jsou nalepeny hranoly plnící nosnou funkci (KVH, DUO, TRIO, BSH, I-nosníky) v základní osové vzdálenosti 625 mm. K vyztužení po obvodu a kolem stavebních otvorů se vkládají příčná ztužující žebra. Dimenze a rozestupy hranolů lze upravovat dle požadavků projektu. Spojení desek a žebířů se provádí lepením a lisováním za studena. Dutiny mezi hranoly je možné osazovat tepelnou izolací. OPEN element je možné uzavřít dalším plošným materiálem – difúzně otevřeným (např. sádrovláknité desky, DHF, DFP, apod.). Elementy OPEN mohou být dodávány se spodní deskou v pohledové kvalitě, popř. opláštěné už ve výrobě vícevrstvou deskou.

Tab. 1-9: Tabulka hlavních parametrů prvku Novatop Open

Dřeviny	Smrk středoevropský
Kvalita povrchu (SWP)	Nepohledová konstrukční (odpovídá C) Pohledová interiérová (odpovídá B)
Velkoplošný formát	Stropní a střešní konstrukce: 12.000 x 2.450 mm (SWP s cinkovaným spojem)
	Stěnové konstrukce: 12.000 x 2.950 mm
Standardní formáty (mm)	Tloušťka SWP : 27 mm (9/9/9), 19 mm (6/7/6).
	Celková výška: 227 mm, 247 mm, 267 mm a jiné
	Šířka: 1030, 2090, 2450, max. 2.450 mm
	Délka: dle projektové dokumentace, standardně 6.000, max. 12.000 mm
	Rozměry KVH (DUO, TRIO, BSH, I-nosníky): 200/60; 220/60; 240/60 mm a jiné
Rozměrové tolerance dle EN13353	Tolerance jmenovité šířky a délky: ± 2 mm
	Přímost boků: ± 1 mm/m
	Pravoúhlost: ± 1 mm/m
Lepidlo	Melaminové lepidlo dle EN 301, PU podle EN 15425
Emisní třída formaldehydu	E1 podle EN 717-1 (max. 0,124 mg/m ³)
Vlhkost (SWP)	10 % $\pm$ 3 %
Koeficient sesychání a bobtnání (SWP)	α (%/%) 0,002 – 0,012 %
Hustota (SWP)	cca 490 kg/m ³
Reakce na oheň (SWP)	D-s2,d0 podle EN 13501-1
Tepelná vodivost (SWP) λ	0,13 W/mK, při hustotě 490 kg/m ³ podle EN ISO 10456
Měrná tepelná kapacita cp	1.600 J/kg.K dle EN ISO 10456
Faktor difúzního odporu (SWP) μ	200/70 (suchý/vlhký) podle EN ISO 10456
Zvuková pohltivost (SWP)	250 – 500 Hz – 0,1 1000 – 2000 Hz – 0,3
Vzduchová neprůzvučnost (SWP) dB	$R = 13 \times \log (ma) + 14$
	ma – plošná hmotnost kg/m ²

NOVATOP STATIC

Použití: Stavební konstrukční prvek pro konstrukce se zvýšenými statickými nároky zejména pro tenké střešní přesahy

Popis: Panely STATIC se vyrábí z jehličnatého řeziva sušeného na 10 % ± 3 %. Každá vrstva desky je tvořena lamelami z masivního rostlého dřeva. Pětivrstvá deska má dvě rovnoběžné povrchové vrstvy z každé strany a jednu středovou vrstvu s kolmým průběhem vláken k průběhu vláken povrchových vrstev. Tloušťka vrstev může být různá a určuje konečnou tloušťku desky. Lamely středové vrstvy jsou lepeny podélně a délkově jsou napojovány natupo anebo mohou být průběžné. Jejich tloušťka je maximálně 42 mm. Vnější vrstvy se vyrábí z průběžných lamel o tloušťce 6 nebo 9 mm a šířce 93 až 143 mm. Na jedné desce je vždy stejná šířka povrchových lamel a jsou obrácené pravou stranou k povrchu. Podélné spoje lamel v každé vrstvě jsou slepeny mezi sebou. Použité lepidlo je vodovzdorné a lepení povrchových lamel odpovídá AW 100, případně D4 dle EN 204. Kvalita broušení odpovídá zrnitosti 100 (hrubší broušení na objednávku).

Tab. 1-10: Tabulka hlavních parametrů prvku Novatop Static

Požadavky	EN13353, EN13986, CE	
Provozní třídy	SWP/1, SWP/2 podle EN 13353	
Dřeviny	Smrk střešoevropský	
Kvalita povrchu	Nepohledová konstrukční (odpovídá C) Pohledová interiérová (odpovídá B)	
Velkoplošný formát	12.000 x 2.500 (Spojení cinkovaným spojem)	
Standardní formáty (mm)	NOVATOP STATIC L (podélný směr vláken)	NOVATOP STATIC Q (příčný směr vláken)
	Délky: 2.500, 5.000, 6.000	Délky: 4.950 (s cinkovaným spojem)
	Šířky: 1.040, 1.250, 2.100, 2.500	Šířky: 2.500
	Tloušťky: 45, 60	Tloušťky: 45, 60
Rozměrové tolerance dle EN13353	Tolerance jmenovité šířky a délky: ± 2 mm	
	Přímost boků: ± 1 mm/m	
	Pravoúhlost: ±1 mm/m	
Povrch	Broušeno – K 50, 100	
Lepení	AW100 podle DIN 68705, SWP/3 podle EN 13354	
Lepidlo	Melaminové lepidlo	
Emisní třída formaldehydu	E1 podle EN 717-1 (max. 0,124 mg/m ₃)	
Vlhkost	10 % ± 3 %	
Koeficient sesychání a bobtnání	α (%/%) 0,002 – 0,012 %	
Hustota	cca 490 kg/m ³	
Reakce na oheň	D-s2,d0 podle EN 13501-1	
Tepelná vodivost (λ)	0,13 W/mK podle EN ISO 10456	
Měrná tepelná kapacita cp	1.600 J/kg.K podle EN ISO 10456	
Faktor difúzního odporu (μ)	200/70 (suchý/vlhký) podle EN ISO 10456	
Zvuková pohltivost	250 – 500 Hz – 0,1 1000 – 2000 Hz – 0,3	
Vzduchová neprůzvučnost (dB)	R = 13 x log (ma) + 14	
	ma – plošná hmotnost kg/m ²	

1.3.3. Specifika zabudování do konstrukce systému Novatop, oblasti použití

Celý dům je jedna velká stavebnice. Masivní velkoformátové panely NOVATOP se vyrábí na míru v přesných formátech, s vybraným opracováním spojů, s otvory pro okna a dveře a s dalšími individuálními úpravami jako příprava tras pro rozvody či doplnění tepelné a zvukové izolace. Tyto hotové panely jsou expedovány přímo na staveniště, kde se z nich za pomoci jeřábu sestaví během několika hodin celý objekt. Stavět lze přímo z kamionu bez další meziskladovací manipulace anebo se balíky nejprve složí z kamionu a až následně se provádí montáž. Konstrukce domu se staví na připravenou a odizolovanou základovou desku, k ní se panely připevňují pomocí L profilů. Panely se spojují vruty do dřeva a spojování s ostatními konstrukcemi se provádí pomocí různých druhů stavebního kování. Hrubou stavbu rodinného domu je možno postavit za 1-3 dny dle složitosti konstrukce.

Na obvodové stěny se zevnějšku aplikuje tepelná izolace, konečnou vnější úpravou může být libovolný fasádní systém na bázi systémové fasádní omítky nebo provětrávané zavěšené dřevěné fasády, na střeše jakákoli střešní krytina. Výplně otvorů (okna a dveře) volíte dle požadavků a nároků stavby.

V interiéru lze panely NOVATOP ponechat v pohledové kvalitě masivního smrkového dřeva anebo opatřit vrstvou sádrovláknité či sádrokartonové desky, která se pak může libovolně upravit omítkou, obkladem či tapetou. Rozvody a instalace jsou vedeny za vnitřním opláštěním, v případě pohledové kvality jsou již ve výrobě zafrézovány uvnitř komponentů.



Obr. 1-23: Ukázky z realizací staveb ze systému NOVATOP v ČR, Itálii, Francii

Tab.1-11: Porovnání „klasického“ CLT řeziva a systému Novatopu

	Vlhkost dřeva při sušení	Tloušťky lamel	Pohledovost	Statická únosnost	Typ řeziva pro vnější vrstvy	Lepení ve spárách	Použití na stropy
CLT	12%	12-45mm	dle výrobce, častější výskyt prasklin při nízké relativní vzdušné vlhkosti	😊	boční řezivo	dle výrobce, někteří ano, někteří ne	vhodné díky tlustší tahové a tlakové lamely
Novatop	8%	9-44mm	B kvalita bez prasklin díky systému lepení a sušení	😊	středové řezivo	ano	pro tento typ použití je lépe N.Element oproti N.Solid

1.4. Porovnání jednotlivých materiálů/prvků , možností využití v konstrukcích včetně jejich výhod a nevýhod

V tabulce Tab.1-12 jsou uvedeny srovnávací kritéria vybraných konstrukčních prvků a materiálů využívaných v nosných konstrukcích dřevostaveb. Srovnávací tabulka by měla napomoci najít optimální konstrukční prvek pro danou stavbu či konstrukci. Porovnávací kritéria byla stanovena tak, aby bylo možno porovnat i rozdílné konstrukční prvky či materiály. Vysvětlivky porovnávacích kritérií jsou uvedeny pod tabulkou.

Tab.1-12: Porovnání materiálů pro dřevostavby z hlediska jejich parametrů a použití

	Vlhkost ¹	Tvarová stálost ²	Pohledovost ³	Statická únosnost	Rychlost použití na stavbě	Možnost manipulace	Vzduchotěsnost vzduchová neprůvzdušnost ⁴	Cena
Rostlé řezivo							—	 
KVH							—	
Duo,Trio							—	
BSH	-						—	
I - nosníky	-					 	—	
LVL								
SIP panely	-							
CLT			 					
Novatop	 						 	

¹ Vlhkost dřeva (absolutní) po vysušení : bývá v rozmezí 8-15%

² Tvarová stálost: stálost materiálů při změnách teplot a vlhkosti

³ Pohledovost: možnost ponechat materiály přiznané v interiéru bez dalších úprav

⁴ Schopnost vytvořit vzduchotěsný plášť bez dodatečných vzduchotěsných vrstev

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČSN EN 301 Fenolická a aminová lepidla pro nosné dřevěné konstrukce - Klasifikace a technické požadavky.
- [2] ČSN EN 338 Konstrukční dřevo - Třídy pevnosti.
- [3] ČSN EN 408 Dřevěné konstrukce - Konstrukční dřevo a lepené lamelové dřevo – Stanovení některých fyzikálních a mechanických vlastností.
- [4] ČSN EN 1194 Dřevěné konstrukce - Lepené lamelové dřevo - Třídy pevnosti a stanovení charakteristických hodnot.
- [5] ČSN EN 14 080:2013 Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo a rostlé dřevo.
- [6] Jiří Vaverka, Zdeňka Havířová, Miroslav Jindrák a kol., Dřevostavby pro bydlení, 2008, ISBN 978-80-247-2205-4.
- [7] Josef Kolb, Dřevostavby (Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště), 2011, ISBN 978-80-247-4071-3.
- [8] Kolektiv autorů, Holzkurier 10.14, 6.3.2014.
- [9] EN 16351:2011 Timber structures, Cross laminated timber, Requirements, 2011.
- [10] www.novatop-system.cz.
- [11] Chybík, Josef. Přírodní Stavební Materiály 1. vyd. Praha: Grada, 2009.
- [12] www.envimat.cz