

edice stavitel

Dřevostavby pro bydlení

Jiří Vaverka, Zdeňka Havířová, Miroslav Jindrák a kol.



 GRADA

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

Používání elektronické verze knihy je umožněno jen osobě, která ji legálně nabyla a jen pro její osobní a vnitřní potřeby v rozsahu stanoveném autorským zákonem. Elektronická kniha je datový soubor, který lze užívat pouze v takové formě, v jaké jej lze stáhnout s portálu. Jakékoliv neoprávněné užití elektronické knihy nebo její části, spočívající např. v kopírování, úpravách, prodeji, pronajímání, půjčování, sdělování veřejnosti nebo jakémkoliv druhu obchodování nebo neobchodního šíření je zakázáno! Zejména je zakázána jakákoliv konverze datového souboru nebo extrakce části nebo celého textu, umísťování textu na servery, ze kterých je možno tento soubor dále stahovat, přitom není rozhodující, kdo takovéto sdílení umožnil. Je zakázáno sdělování údajů o uživatelském účtu jiným osobám, zasahování do technických prostředků, které chrání elektronickou knihu, případně omezují rozsah jejího užití. Uživatel také není oprávněn jakkoliv testovat, zkoušet či obcházet technické zabezpečení elektronické knihy.



Copyright © Grada Publishing, a.s.



Copyright © Grada Publishing, a.s.

Na zpracování této publikace, která se zabývá definováním technických, uživatelských a provozních zásad, současnými i budoucími trendy v České republice i zahraničí budov, které se obecně nazývají dřevostavby, se mimo autorského kolektivu spolupodílela celá řada odborníků, kteří významnou měrou obohatili její obsahovou stránku. Je naší milou povinností všem těmto kolegům poděkovat.

Za odborné připomínky k rukopisu a ke korekturám děkujeme lektorům Prof. Ing. Jiřímu Myslínovi, CSc., a Ing. Pavlovi Kubů. Jejich doporučení a odborná kritika velice přispěla ke kvalitě díla.

Za ochotu a pochopení děkujeme všem firmám, které se podílely na pokrytí nákladů spojených s vydáním publikace.

V neposlední řadě patří dík také nakladatelství GRADA. Za redakční práci potom jejímu šéfredaktorovi Ing. Radomíru Matulíkovi a ing. Jitce Hrubé, kteří koordinovali činnosti spojené s vydáním knihy.

Prof. Ing. Jiří Vaverka, DrSc.
vedoucí autorského týmu

■ DŘEVOSTAVBY PRO BYDLENÍ

Jiří Vaverka, Zdena Havířová, Miroslav Jindrák a kol.

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

obchod@grada.cz, www.grada.cz

tel.: +420 220 386 401, fax: +420 220 386 400

jako svou 3396. publikaci

Odpovědná redaktorka Jitka Hrubá

Sazba Jan Šístek

Fotografie na obálce z archivu autorů

Fotografie v knize z archivu autorů

Počet stran 380

První vydání, Praha 2008

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a. s.

Husova ulice 1881, Havlíčkův Brod

© Grada Publishing, a.s., 2008

Cover Design © Eva Hradiláková 2008

Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.

ISBN 978-80-247-2205-4 (tištěná verze)

ISBN 978-80-247-7014-7 (elektronická verze ve formátu PDF)

© Grada Publishing, a.s. 2011

Obsah

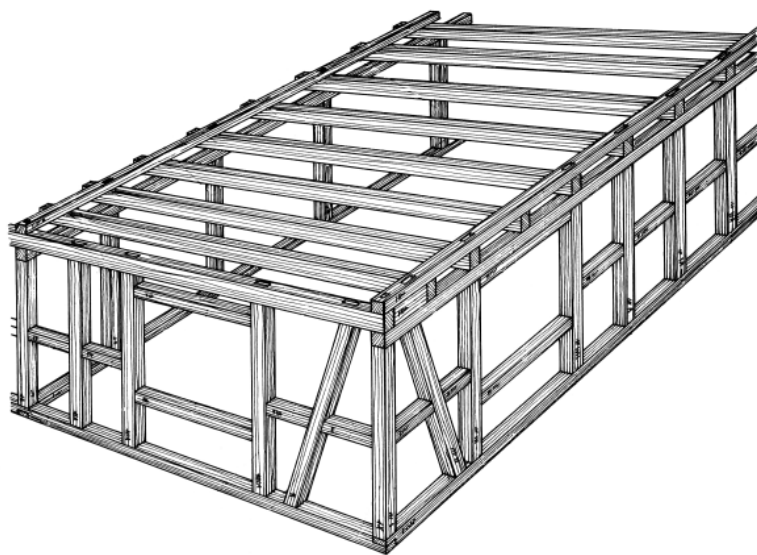
Předmluva (<i>J. Vaverka</i>)	9
Úvod (<i>J. Vaverka</i>)	11
Interiér staveb	12
1 Dřevo jako konstrukční materiál (<i>Z. Havířová</i>)	15
1.1 Stavba dřeva a jeho vlastnosti	15
1.1.1 Fyzikální vlastnosti dřeva	16
1.1.2 Mechanické vlastnosti dřeva	19
1.2 Vady dřeva	20
1.3 Ochrana dřeva ve stavbách	23
1.3.1 Konstrukční ochrana dřeva	23
1.3.2 Chemická ochrana dřeva	25
1.4 Dřevo a velkoplošné materiály v konstrukcích dřevostaveb	26
1.4.1 Řezivo (konstrukční rostlé dřevo)	26
1.4.2 Lepené nosníky	27
1.4.3 Lepené lamelové dřevo	27
1.4.4 Vrstvené dřevo	28
1.4.5 Velkoplošné materiály	28
2 Historický vývoj staveb ze dřeva (<i>Z. Havířová</i>)	30
2.1 Počátky stavění ze dřeva	30
2.2 Historický vývoj konstrukčních systémů	32
2.2.1 Systémy dřevěných staveb z tyčových prvků	32
2.2.2 Systémy masivních staveb ze dřeva	35
2.3 Současné konstrukční systémy dřevostaveb	38
2.3.1 Elementární stavby na bázi dřeva	38
2.3.2 Skeletové stavby	45
2.3.3 Masivní stavby ze dřeva	53
3 Současné trendy dřevostaveb v ČR (<i>M. Jindrák</i>)	59
3.1 Historické ovlivnění vývoje dřevostaveb zákony	59
3.2 Proč právě dřevo pro výstavbu domů?	60
3.3 Lehké konstrukční systémy staveb na bázi dřeva, používané v ČR	61
3.3.1 Charakteristiky používaných konstrukčních systémů	61
3.4 Rodinné domy	63
3.4.1 Příklady rodinných domů realizovaných v ČR	64
3.5 Dřevostavby bytových domů	73
3.5.1 Příklady bytových domů v ČR	74
4 Normativní a předpisové požadavky	80
4.1 Základní předpisové požadavky (<i>J. Smola</i>)	80
4.1.1 Systémové a právní prostředí	80
4.1.2 České technické normy	81

4.1.3	Projektová dokumentace, její členění a účel	82
4.1.4	Profese projektanta a architekta	82
4.1.5	Přehled stupňů projektové dokumentace	83
4.1.6	Realizace staveb	85
4.1.7	Kontrola provádění stavby	85
4.2	Mechanická odolnost a stabilita (<i>B. Straka</i>)	87
4.2.1	Normativní požadavky a specifikace legislativní základny	87
4.2.2	Normy pro materiálové vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva	88
4.2.3	Normy pro trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva	89
4.2.4	Normy pro zatížení stavebních konstrukcí	90
4.2.5	Normy pro navrhování dřevěných konstrukcí	91
4.2.6	Normy pro provádění dřevěných konstrukcí	92
4.3	Požární bezpečnost (<i>I. Bradáčová</i>)	93
4.4	Hygiena, ochrana zdraví a životní prostředí (<i>D. Tesařová</i>)	100
4.5	Ochrana proti hluku (<i>J. Vaverka</i>)	110
4.6	Větrání a vytápění (<i>J. Hirsch</i>)	114
4.7	Úspora energie a ochrana tepla (<i>J. Vaverka, V. Panovec</i>)	117
4.7.1	Součinitel prostupu tepla	121
4.7.2	Kondenzace vodních par v konstrukci	122
4.8	Požadavky na objekty s nízkou energetickou náročností (<i>J. Vaverka, V. Panovec</i>)	126
4.9	Hlediska trvanlivosti, použitelnosti a identifikace (<i>Z. Haviřová, M. Jindrák</i>)	129
4.9.1	ETAG 007 – Dřevěné rámové stavební sestavy	130
4.9.2	ETAG 008 – Prefabrikované schodišťové sestavy	132
4.9.3	ETAG 011 – Lehké kompozitní nosníky a sloupky na bázi dřeva	132
4.9.4	ETAG 012 – Srubové stavební sestavy	132
4.9.5	ETAG 016 – Samonosné lehké kompozitní panely	133
4.9.6	ETAG 019 – Prefabrikované nosné sendvičové panely na bázi dřeva	133
4.9.7	Normy související s trvanlivostí a použitelností dřevěných konstrukcí a prvků staveb	134
5	Technické a konstrukční uspořádání dřevostaveb	137
5.1	Konstrukce vertikální, horizontální a transparentní (<i>Z. Haviřová</i>)	137
5.1.1	Základní požadavky	137
5.1.2	Metodika posuzování spolehlivosti a životnosti konstrukcí a staveb ze dřeva	140
5.1.3	Hodnocení spolehlivosti a životnosti konstrukcí a staveb na bázi dřeva	141
5.2	Zásady zabezpečující tepelnou pohodu (<i>J. Vaverka, V. Panovec</i>)	142
5.2.1	Tepelná ochrana	146
5.3	Zásady zabezpečující akustickou pohodu (<i>J. Vaverka</i>)	163
5.4	Zásady požární ochrany (<i>I. Bradáčová</i>)	182
5.5	Hygiena a ochrana zdraví (<i>D. Tesařová</i>)	207
5.6	Zásady větrání a vytápění (<i>J. Hirsch</i>)	215
5.7	Zásady řešení domů s nízkou energetickou náročností (<i>J. Vaverka, V. Panovec</i>)	226
5.7.1	Vliv místních klimatických podmínek	226
5.7.2	Tvarové řešení a velikost domu	226
5.7.3	Dispoziční řešení, umístění místností a zónování	226
5.7.4	Umístění a velikost prosklených ploch	228

5.7.5	Soustavy technických zařízení budov pro domy s nízkou energetickou náročností	231
5.7.6	Ohřev teplé vody	234
5.7.7	Ochlazování domů	235
5.7.8	Další systémy TZB	235
6	Detaily dřevostaveb (B. Straka, A. Lokaj, Z. Havířová)	236
6.1	Specifikace dominantních detailů	236
6.1.1	Detaily střešních konstrukcí dřevostaveb	237
6.1.2	Detaily stropních konstrukcí dřevostaveb	248
6.1.3	Detaily stěnových konstrukcí dřevostaveb	251
6.2	Příklady řešení konstrukčních detailů	255
6.2.1	Příklady řešení detailů střešních konstrukcí	255
6.2.2	Příklady řešení detailů stropních konstrukcí	261
6.2.3	Příklady řešení detailů stěnových konstrukcí	263
6.2.4	Některé příklady konstrukční skladby dřevostaveb pro bydlení	273
6.3	Nedostatky při řešení konstrukčních detailů	277
6.3.1	Nedostatky při řešení detailů střešních konstrukcí	278
6.3.2	Nedostatky při řešení detailů stropních konstrukcí	280
6.3.3	Nedostatky při řešení detailů stěnových konstrukcí	281
7	Příklady pasivních objektů (A. Brotánek)	282
7.1	Význam, možnosti a smysl pasivních domů a dřevostaveb (A. Brotánek)	282
7.2	Konstrukční principy a stavební fyzika pasivních domů (M. Jindrák)	286
7.2.1	Dřevostavby v úrovni pasivních objektů (PD)	286
7.2.2	Relativní vzduchotěsnost obvodového pláště	289
7.2.3	Zkušenosti z realizací a provozu PD v ČR	291
7.2.4	Vnitřní mikroklima – CO ₂ a relativní vlhkost ve vazbě na intenzitu větrání	299
7.3	Příklady v České republice (A. Brotánek)	303
7.3.1	Úvod do logiky návrhů použitých příkladů realizovaných individuálních dřevostaveb na přelomu tisíciletí v Čechách	303
7.3.2	Pasivní dřevostavba RD pro dva z I profilů založená nad terénem s izolovanou slámovými balíky	323
7.3.3	Multifunkčně využívaný objekt společnosti Country Life-Archa v Nenačovicích u Loděnice	327
7.3.4	Pasivní dřevostavba RD založená nad terénem s izolací z celulózových vláken	334
7.4	Dřevostavby ve Švýcarsku (E. Elgart)	341
8	Trendy ve vývoji dřevostaveb (J. Smola)	346
8.1	Švýcarsko (E. Elgart)	346
8.1.1	Rodinný dům CH-4524 Günsberg	348
8.1.2	Bytový dům "Sunny Woods" CH-8049 Zürich-Höngg	350
8.1.3	Bytový dům CH-3097 Bern-Liebefeld	350
8.2	Švédsko	351
8.3	Finsko	355

8 **Obsah**

8.4 Holandsko	362
8.5 Rakousko	364
Literatura	369
Rejstřík	373



Předmluva

Publikace předkládá čtenářům komplexní pohled na problematiku dřevostaveb se zaměřením na objekty pro bydlení. Celá řada obdobně zaměřených publikací se zabývá segmenty této problematiky jak v úrovni obecné, tak i v technologické, konstrukční, případně obrazové úrovni, v žádné však není uvedená problematika řešena komplexně. Snahou autorského kolektivu bylo danou problematiku pojmout ve všech kontextech, (v legislativní a normové úrovni roku 2008), s konstrukční a mikrobiologickou vazbou na tepelně technickou i akustickou interiérovou pohodu. Vzhledem k současnému zahraničnímu, ale i tuzemskému trendu orientace na budovy s nízkou energetickou náročností, jsou obsahem publikace i kapitoly o úsporném vytápění a větrání. Doprovází je odkazy na platnou legislativu ve vazbě na realizace objektů nízkoenergetických a pasivních a na rozdíl od publikací vydaných jako překlad zahraničního originálu respektuje požadavky a normy platné v současnosti v ČR.

Je třeba si uvědomit, že v současné době většímu rozšíření dřevostaveb v ČR brání nízký zájem klientů, způsobený především jejich nevědomostí a předsudky vůči dřevu jako stavebnímu materiálu. V zájmu širšího využití dřeva ve stavebnictví u nás bude třeba překonat především zkreslené představy veřejnosti o dřevu jako hlavním konstrukčním materiálu.

Přitom dřevostavby by mohly významně přispět k řešení současné bytové situace. Mezi evropskými státy zaujímá ČR 12. místo v lesnatosti, v zásobě dřeva na 1 hektar je na 4. místě a v ročním přírůstku na 1 ha je na 6. místě.

Zajímavé je, že roční těžba dřeva na obyvatele je v ČR a v USA přibližně stejná. V USA však dřevostavby zcela dominují v bytové výstavbě, zatímco u nás představují zhruba 1 až 2 %. V Německu je to 7 % (z toho v Bavorsku 70 %), v Rakousku 10 %, Švýcarsku 10 %, Velké Británii – Anglii, Walesu 15 %, Skotsku 50 % (přitom na britských ostrovech jsou malé vlastní zdroje dřeva), ve Finsku, Norsku a Dánsku přes 60 %, v USA 65 % a Kanadě dokonce 80 %.

Po roce 1990 došlo k rychlé a totální změně v technologii výstavby bytových domů. Z dominující panelové výstavby převažují zděné domy a byty – cca 86 %. V roce 2002 Český statistický úřad evidoval výstavbu sto šedesáti čtyř dřevěných rodinných domů a dvaceti osmi bytů v dřevěných bytových domech, následující rok pak dvě stě šedesát tři rodinných domů a šest bytů. V roce 2006 to již bylo 458 realizovaných rodinných domů, ve kterých bylo jako hlavní konstrukční materiál použito dřevo a 45 bytů v bytových domech realizovaných na bázi dřeva.

Kniha by tedy měla zlepšit povědomí o dřevostavbách ve všech souvislostech mezi odbornou i širokou veřejností. Je určena zejména projektantům, architektům, investorům a technické veřejnosti zabývající se touto problematikou. Současně bude plnit funkci pracovní a případně i pedagogické pomůcky. Na celé řadě realizovaných objektů a jejich konstrukčních detailů jsou uvedeny příklady problematičtějších řešení, které budou sloužit jako upozornění pro projektanty, případně i budoucí uživatele.

Vedle tradičních stavebních materiálů jsou v jednotlivých kapitolách rovněž popsány varianty použití méně tradičních – ekologických materiálů (sláma, hlína) s uvedením jejich zásadních fyzikálních vlastností a vhodných aplikačních opatření.

Je třeba si uvědomit, že dřevo již svou tradicí a především svými vlastnostmi je materiál perspektivní, plně obnovitelný a ekologický, který je nejen „přívětivý svou vůní“, ale především příznivě ovlivňuje mikroklima v interiéru, důležité pro zachování interiérové pohody.

Prof. Ing. Jiří Vaverka, DrSc.

Úvod

Historie stavění ze dřeva má nejen v tuzemsku, ale i v zahraničí staletou tradici. Tato tradice vychází z místních podmínek a zejména z dostupnosti materiálu. V lokalitách kde převládaly skalnaté masivy se nejčastěji používal jako základní stavební materiál kámen, v místech rovinatých nepálená hlína, v oblastech s velkým výskytem lesů dřevo.

Zásadní vliv na tvarosloví historických dřevostaveb měl nejen použitý stavební materiál a tvůrčí přístup k jeho zpracování, ale také vnitřní funkce a náplň domu. Kontinuita tvorby dřevostaveb u nás byla přerušena a chceme-li na ni navázat, musíme tyto zákonitosti znovu poznat. Etnické a přírodní spolupůsobící vlivy byly podstatné. Řád stavby vycházel z přírodních a fyzikálních vlastností materiálu. Přes naše území přechází západní hranice přirozeného rozšíření jehličnatých, tzv. černých lesů. Na východ od této hranice nalezneme dřevostavby roubené. Naopak s menším výskytem dlouhého dřeva a zejména vlivem kolonizace se na naše území rozšířily stavby hrázděné. Hrázdění je doplňková technika spořicí dřeva, která nedostatek materiálu vyvažovala logickým poznáním. V pozdním středověku docházelo k částečnému ústupu jehličnatých lesů a díky tomu se přirozeně rozšiřovala i oblast hrázdění.

V zájmu širšího využití dřeva ve stavebnictví u nás, bude třeba překonat zkreslené představy veřejnosti o dřevu jako stavebním materiálu. Dřevostavby jsou u mnoha lidí spojovány s objekty sloužícími pouze k rekreačním účelům, nevhodnými k trvalému bydlení. Je to zčásti způsobeno tradicí, kde obytný objekt byl hmotný na pevných nejčastěji kamenných nebo betonových základech s rozsáhlými sklepními prostory, vícegenerační. Dřevo u těchto staveb sloužilo jako materiál použitý na krov, okna a podlahy. Běžně bylo používáno pro doplňkové vnější konstrukce a stavby jako přístřešky, oplocení, kůlny a ostatní vedlejší stavby.

V současné době se dřevo stává významným konstrukčním materiálem, zejména ve vztahu k jeho fyzikálně-statickým vlastnostem a ekologickým parametrům interiérového mikroklimatického komfortu. Soudobé trendy dřevěného stavění mají jen málo společného s historickými stavebními systémy, dřívějšími chatami nebo se stavěním pro sociálně slabší vrstvy. Také se neomezují na obytné domy nebo halové konstrukce. Dřevěné stavby jsou úspěšné nejen díky komplexnímu technickému vývoji a rozvoji konstrukčních metod, ale také z titulu lepšího vztahu k soudobé architektuře. Použití nových materiálů a technologií umožňuje realizovat stavby s parametry, které mnohdy předčí stavby z klasických materiálů. Dřevěné stavby se na stavbách odpoutaly od řemeslné výroby a přešly k výrobním podnikům, kde efektivní industrializací dochází k produkci prefabrikovaných dílců a vytvoření podmínek pro přesnou a především rychlou montáž na staveništi ve srovnání s tradiční technologií výstavby.

Z dříve řemeslně vyráběných jednotlivých částí se staly konstrukční prvky s předem stanovenými požadavky a definovanou jakostí, které lze na staveništi v krátké době a rozměrově přesně spojovat do celku. U staveb s nízkou energetickou náročností (nízkoenergetické a pasivní domy – NED a PD) jsou i v současné době aplikovány realizační technologie přímo na stavbě vzhledem k jejich typičnosti a mnohdy i neproveditelnosti v prefabrikované úrovni

zejména v detailech. U těchto staveb nacházejí uplatnění i přírodní tepelně izolační materiály (např. sláma), které přispívají ke zlepšení mikroklimatu interiéru.

Přední zástupci nové generace architektů a projektantů dřevěných staveb přispěli k zlepšení přirozeného vztahu k přírodnímu konstrukčnímu materiálu. Pro ně se staly dřevěné konstrukce samozřejmé a úspěšně je používají pro stavby, které odpovídají dnešním podmínkám.

Nové materiály na bázi dřeva, moderní spojovací prostředky, racionální metody zpracování a efektivní zdvihací a přepravní zařízení umožňují nové formy pro stavění se dřevem.

Dnes zaznamenávají vícepodlažní nebo vysoce objemové dřevěné stavby i v hustě osídlených městských oblastech trvale vzestupný trend. U obytných domů je dřevo již po desetiletí v úspěšném kurzu. V oblasti nízkoenergetických a pasivních domů dřevěné stavby udávají směr.

■ Interiér staveb

Při výstavbě interiérů poskytuje dřevo mnohem více volnosti než při řešení nosné konstrukce nebo fasády, protože jsou k dispozici jiné technické předpoklady. K možnosti použití dřeva pro vnitřní výstavbu přistupují ty dřeviny, které jsou pro tento účel specificky vhodné. Kromě toho řada materiálů na bázi dřeva nabízí speciální efekty a povrchy.

Dřevo je přírodní materiál s všestranným využitím a pro svůj estetický vzhled spolu s přirozenou kresbou je žádaným prvkem životního prostředí. V této souvislosti nelze rovněž opomenout fakt, že se jedná o materiál rostlinného původu, který je plně obnovitelný a jehož produkce a použití má na rozdíl od umělých konstrukčních materiálů příznivý dopad na naše životní prostředí. Při jeho růstu se redukuje množství CO_2 v ovzduší, roste bez spotřeby umělé energie a jeho zpracování stejně jako přeprava stavebních prvků z něj vyrobených vyžaduje méně energie, než je tomu u alternativních materiálů. Dřevo je zahrnováno mezi obnovitelné zdroje energie, jako jeden z druhů biomasy.

Je to materiál redukující vlhkost, teplý, zdravý a s možností opětovného zhodnocení; zpracování suroviny málo zatěžuje životní prostředí v porovnání s betonem, cihlami nebo ocelí; dřevěné stavby nevyžadují žádné ekologicky přítěžující materiály; výroba probíhá výlučně ekologicky hodnotným suchým postupem.

Nakolik může budova vyhovovat požadavkům uživatelů, závisí na architektonické a konstrukční kvalitě a na vybavení. Kvalita místností je pozitivně ovlivněna přírodními materiály jako je dřevo a nástavbami konstrukčních prvků promyšlenými z hlediska stavební fyziky.

Každý výrobek má na konci svého životního cyklu končit v recyklovacím procesu. Dřevěné konstrukční prvky lze podle jejich použití také materiálově opětovně použít. Tato forma kaskádového využití má být používána co nejdéle. Pokud již není materiálové použití účelné, mohou dřevěné prvky i nadále sloužit pro získávání energie. Přitom sice vydávají CO_2 , ten je však dorůstajícím lesem opět přijímán. Jeho koloběh je tímto způsobem uzavřen. Odpad dřeva, které bylo upraveno nesnášenlivými materiály, musí být odborně zlikvidován ve spa-

lovacích zařízeních. Dřevo v přírodním stavu lze však bez obav spálit, popel lze zlikvidovat jako běžný domový odpad.

Podle těchto úvah je návrh rozhodujícím základem pro úspěšnou dřevěnou stavbu. Již v této fázi se musí – kromě architektonických opatření – zvolit systém dřevěné stavby, který ovlivní volbu nosného systému. K tomu přistupují otázky protipožární ochrany, tepelné izolace, zvukové izolace, ochrany dřeva, neprůvzdušnosti a trvanlivosti jakož i udržování, které je rovněž třeba systémově zodpovědět.

Prof. Ing. Jiří Vaverka, DrSc.

1 Dřevo jako konstrukční materiál

Dřevo je jedním z nejstarších stavebních materiálů. První obydlí si člověk budoval pomocí dřeva nebo kamene a ty byly také zhruba až do konce 18. století jedinými používanými konstrukčními materiály. Jeho předností je především snadná opracovatelnost, vysoká pevnost v poměru k hmotnosti a dobré izolační schopnosti. Dřevo je přírodní materiál s všestranným využitím a pro svůj estetický vzhled spolu s přirozenou kresbou je v posledních letech žádaným prvkem vytvářejícím životní prostředí člověka. V této souvislosti nelze rovněž opomenout fakt, že se jedná o materiál rostlinného původu, který je plně obnovitelný a jehož produkce a použití má na rozdíl od umělých konstrukčních materiálů příznivý dopad na naše životní prostředí. Je to hmota organického původu, která vzniká v kmeni, větvích a kořenech dřevin přírodními procesy za spolupůsobení ovzduší a půdy. Při jeho růstu se redukuje množství CO_2 v ovzduší, roste bez spotřeby umělé energie a jeho zpracování stejně jako přeprava stavebních prvků z něj vyrobených vyžaduje méně energie, než je tomu u alternativních materiálů. Při použití dřeva ve stavbách je minimalizováno množství odpadu, je možné jej opětovně použít nebo jinak zhodnotit.

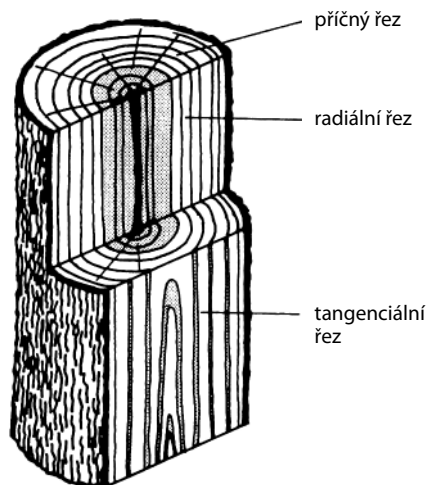
V řadě evropských zemí má použití dřeva ve stavbách dlouholetou tradici, vývoji a zdokonalování konstrukcí a staveb s použitím dřeva je věnována značná pozornost, výrobní technologie a stavební systémy jsou stále zdokonalovány. S možnostmi širšího využití dřeva ve stavebnictví v České republice souvisí především představa většiny lidí o dřevostavbách jako o provizorních stavbách, nebo stavbách sloužících pouze k rekreačním účelům, nevhodných k trvalému bydlení. To je zčásti způsobeno středoevropskou tradicí, podle níž musel dům určený pro trvalé bydlení přežít několik generací a musel tedy být „pevný“, kamenný, s masivními obvodovými stěnami a rozsáhlými sklepními prostory. Dřevo pak v těchto stavbách sloužilo pouze jako materiál pro konstrukci krovu a pro výrobu oken, dveří a podlah. Běžně bylo používáno pro doplňkové vnější konstrukce a stavby jako přístřešky, oplocení, kůlny a podobně. Přesto lze v posledních několika letech zaznamenat nárůst podílu staveb ze dřeva v celkovém objemu realizovaných staveb pro bydlení.

1.1 Stavba dřeva a jeho vlastnosti

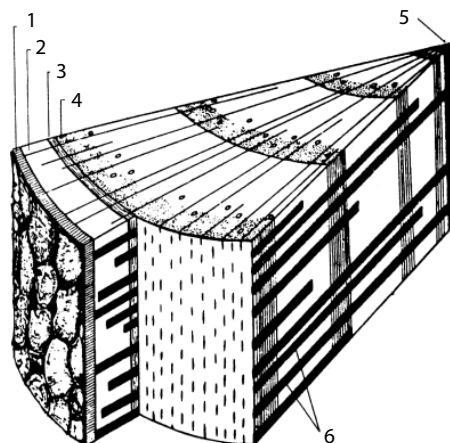
Dřevo je anizotropní organický materiál, složený z buněk. Po chemické stránce je to kompozitní materiál, vytvořený z celulosy, hemicelulosy, ligninu a doprovodných látek. Anizotropní vlastnosti dřeva lze vysvětlit jeho makroskopickou strukturou. Buňky, ze kterých je dřevo složeno, jsou většinou protáhlého tvaru, orientované rovnoběžně s osou kmene nebo větve a jsou uspořádány centricky kolem této osy. S touto strukturou souvisí základní směry (řezy), které je nutno při popisu dřeva a jeho vlastností respektovat:

- příčný směr – směr vedený kolmo na osu kmene nebo větve,
- radiální směr – směr vedený rovnoběžně s osou kmene nebo větve a procházející touto osou,
- tangenciální směr – směr vedený rovnoběžně s osou, ale mimo tuto osu.

Makroskopickou strukturu dřeva lze pozorovat pouhým okem, případně pomocí lupy. V *příčném řezu* je směrem od obvodu ke středu viditelná kůra a lýko, kambium, letokruhy, jarní a letní dřevo a dřeň. Na kulatině tvoří příčný řez tzv. čelo (čelní řez), na kterém letokruhy



Obr. 1.1 Znáznornění základních řezů dřevem [2]



Obr. 1.2 Makroskopická struktura dřeva – 1 borka, 2 kůra, 3 lýko, 4 kambium, 5 dřeň, 6 dřeňové paprsky [2]

vytvářejí různě široké koncentrické mezikruží s řidší a světlejší vrstvou jarního dřeva, které se vytváří na počátku vegetačního období, a hustější, tmavší vrstvu dřeva letního, vytvořeného v druhé polovině vegetačního období. Celá přírůstková zóna dřeva vytvořená v průběhu jednoho vegetačního období, tzv. roční přírůstkový kruh, se nazývá letokruhem. Šířka letokruhů závisí na druhu dřeva a na klimatických podmínkách, ve kterých strom roste.

Na *radiálním řezu* tvoří letokruhy rovnoběžné pásy, orientované rovnoběžně s dření. Dřeňové paprsky jsou dobře rozpoznatelné zejména u listnatých dřev, kde tvoří rozmanitě tvarované lesklé plochy, tzv. zrcadla. *Tangenciální řez* je, stejně jako radiální řez, veden rovnoběžně s podélnou osou, ale neprochází dření, je veden v určité vzdálenosti od dřeně. Letokruhy ve střední části řezu vytvářejí parabolické útvary, na okraji řezu je jejich průběh rovnoběžný.

Z hlediska **chemického složení** je dřevo komplexem látek, ze kterých základ tvoří přírodní polymery, celulóza, hemicelulóza a lignin v poměru přibližně 50 %, 30 % a 20 %. Při **mikroskopickém pohledu** je zřejmé, že dřevo se skládá z buněk různého tvaru a velikosti. Stěny buněk tvoří především celulóza a lignin a jejich úkolem je v živém dřevě vést vodu a živiny v kmeni směrem nahoru, vytvářet dřevní hmotu a ukládat stavební látky. Základní druhy buněk, ze kterých se dřevo skládá, jsou cévní články, tracheidy, libriformní vlákna a parenchymatické buňky [47] [2].

■ 1.1.1 Fyzikální vlastnosti dřeva

Mezi fyzikální vlastnosti dřeva patří především jeho vlhkostní vlastnosti, dále pak hustota, tepelné a akustické vlastnosti, vlastnosti povrchové a optické, jako je barva, lesk a povrch, a vlastnosti elektrofyzikální. Z uvedených vlastností dřeva je nejdůležitější jeho **vlhkost**, která ovlivňuje řadu dalších vlastností dřeva jako jsou hustota, rozměrové změny, odolnost proti houbám a proti napadení hmyzem, mechanické vlastnosti a další. Dřevo je hygroskopický

materiál, který je schopný přijímat nebo odevzdávat vlhkost z okolního prostředí, a to jak ve skupenství kapalném, tak ve skupenství plynném. Vlhkost dřeva se udává jako poměr hmotnosti vody k hmotnosti dřeva v absolutně suchém stavu – *vlhkost absolutní*, nebo podílem hmotnosti vody k hmotnosti mokrého dřeva – *vlhkost relativní* a vyjadřují se nejčastěji v %. Podle vlhkosti se dřevo v praxi často zařazuje do následujících skupin [23]:

1. dřevo mokré, dlouhodobě uložené ve vodě (s vlhkostí > 100 %),
2. dřevo čerstvě pokáceného stromu (vlhkost 50 – 100 %),
3. dřevo vysušené na vzduchu (vlhkost 15 – 22 %),
4. dřevo vysušené na teplotu v interiéru budov (vlhkost 8 – 15 %),
5. dřevo absolutně suché (vlhkost 0 %).

Při zpracování dřeva a jeho použití na výrobu konstrukčních prvků je důležitá tzv. technická vlhkost, která zahrnuje jak výrobní, tak provozní vlhkost. Přitom by měla platit zásada, že výrobní vlhkost se rovná vlhkosti provozní, resp. u některých druhů dřevěných prvků by měla být o 1 – 2 % nižší. Tím lze předejít nežádoucím deformacím v důsledku kolísání teploty a relativní vlhkosti prostředí, ve kterém je dřevěný prvek zabudován.

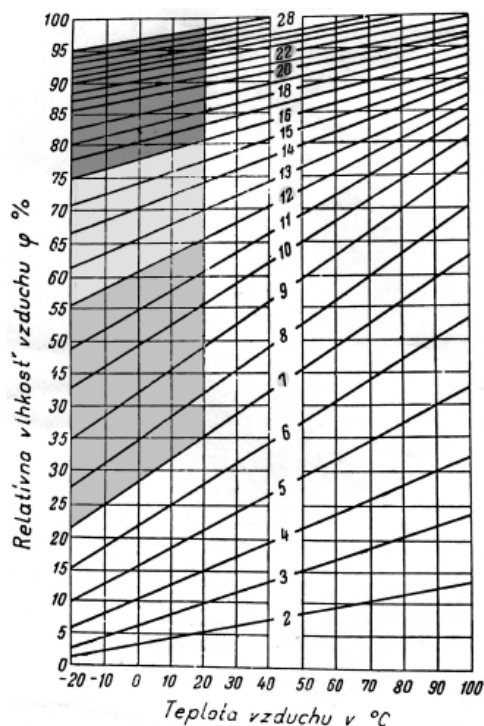
Z hlediska uložení vody ve dřevě rozeznáváme *vodu volnou*, která vyplňuje duté prostory buněk a mezibuněčné prostory, *vodu vázanou* v buněčných stěnách a *vodu chemicky vázanou*, která je součástí chemických sloučenin. Čerstvě pokácené dřevo má v průměru 80 až 120 % vlhkosti, její výše závisí na dřevině a na době kácení. Ihned po kácení dřevo postupně vydává svoji vlhkost – vysychá. Nejprve se uvolňuje vlhkost volná, potom teprve vlhkost vázaná. Tento stav trvá tak dlouho, až se vlhkost ve dřevě rovnoměrně rozloží a dojde k rovnováze mezi vlhkostí dřeva a teplotou a vlhkostí okolního vzduchu – nastává tzv. rovnovážný stav, při kterém má *dřevo rovnovážnou vlhkost*.

Každé kombinaci teploty a vlhkosti vzduchu odpovídá určitá vlhkost dřeva, která prakticky nezávisí na dřevině. Podle diagramu na *obrázku 1.3* lze najít vlhkost dřeva, odpovídající teplotě a vlhkosti vzduchu okolního prostředí, tedy prostředí, ve kterém je dřevo dlouhodobě uloženo. Tento fakt, v běžné praxi mnohdy opomíjený, lze považovat za velice důležitý při hodnocení spolehlivosti a životnosti staveb, ve kterých je jako hlavní konstrukční materiál použito dřevo.

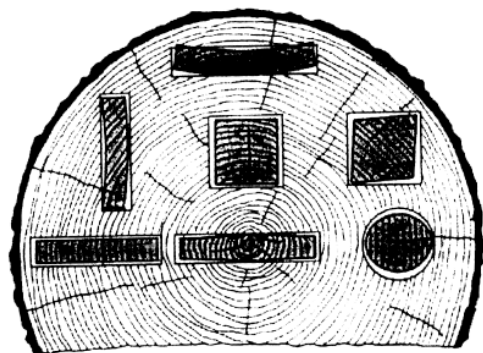
Při odevzdávání vlhkosti dřevo ztrácí svůj objem vlivem sesychání buněk, naopak pokud dřevo vlhkost ze svého okolí přijímá, jeho buňky opět vlhkost přijímají a dřevo zvětšuje svůj objem. Tím dochází k objemovým změnám, které se označují jako bobtnání a sesychání. Mimo to dochází ještě ke změnám tvaru, jako je zkroucení nebo zkřivení, borcení dřeva a vznik výsušných trhlin. Všechny tyto změny – objemové i tvarové – se nazývají *pracování dřeva*. Bobtnání a sesychání dřeva je různé v jednotlivých směrech. V podélném směru je minimální a lze jej v praxi zanedbat. V tangenciálním a radiálním směru jsou rozměrové změny u dřeva natolik výrazné, že je s nimi při zpracování a využívání dřeva počítat. Rozdíl je rovněž mezi bobtnáním a sesycháním dřeva bělového (světlejší letokruhy na příčném řezu, jejichž buňky vedou vodu a živiny) a dřeva jádrového (tmavší, vnitřní letokruhy).

Borcením dřeva nazýváme tvarové změny v příčném směru, které se mohou projevovat změnou tvaru příčného průřezu, kdy například příčný průřez hranolku čtvercového tvaru se při vysychání změni na obdélníkový, případně na kosočtvercový, rovná deska dostane žlabovitý tvar a podobně. Příčné změny tvaru z výřezu jsou tím větší, čím blíže k okraji

kmene se výřez nachází (obr. 1.4). V podélném směru může dojít ke změnám tvaru ve formě průhybu (původně rovná deska se po vyschnutí stane obloukovitou), nebo dojde ke stočení a původně plochá deska dostane „vrtulovitý“ tvar. Rovněž nestejněměrné, nebo příliš rychlé vysoušení dřeva vede ke vzniku trhlin a chyby růstu stromů (točivost) způsobují zkroucení řeziva, protože vlákna se snaží při vysoušení zaujmout rovnoběžnou polohu.

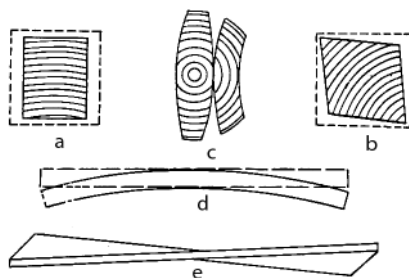


Obr. 1.3 Diagram rovnovážné vlhkosti ($t - \varphi - W$ – diagram) N. N. Čulického [48]



Obr. 1.4 Rozměrové změny při sesychání u vzorků z různých částí příčného průřezu kmene [37]

Pracování dřeva je proces, kterému nelze zabránit a který patří k přirozeným vlastnostem dřeva. Je nutno jej tedy u prvků ze dřeva respektovat a provést taková opatření, která vzniku nežádoucích trhlin a deformací předcházejí, nebo je alespoň minimalizují. Zásadně by mělo být dřevo před zabudováním do konstrukce vysušeno na takový stupeň vlhkosti, který bude mít v průběhu užívání stavby. Zabudované dřevěné prvky je nutno chránit před vlhkostí konstrukčními opatřeními, stropní trámy a vaznice se musí pokládat jádrovou stranou nahoru, aby při vyklenutí prvku v důsledku sesychání jeho vyklenutí působilo proti předpokládanému prohnutí. Trhlinám lze do značné míry zabránit nebo je alespoň omezit správným skladováním – kulatinu a řezivo je nutné skladovat ve stínu. Při vystavení přímému slunečnímu záření dochází k rychlému vysychání na povrchu a ke vzniku napětí, které je pak vyrovnáváno trhlinami. Rovněž rychlé rozřezání kmene snižuje napětí, vznikající při sesychání kmene na jeho vnějším okraji.



Obr. 1.5 Příklady příčného a podélného borcení řeziva [48]

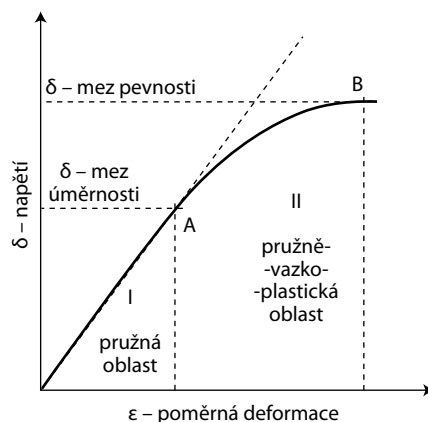
*a, b – změna příčného čtvercového průřezu hranolku na obdélníkový nebo kosočtvercový
c – prohnutí desky v podélném směru
d, e – stočení desky*

Mezi *tepelné vlastnosti* dřeva patří jeho tepelná vodivost a teplotní délková roztažnost. Dřevo je špatný vodič tepla, přijímá i vydává teplo a chlad jen velmi pomalu a vzhledem k jeho nízké tepelné vodivosti nepředstavuje vznik tepelných mostů v konstrukci pro projektanta velký problém. Tepelná vodivost závisí na hustotě dřeva, jeho druhu, pórovitosti a vlhkosti, teplotě a směru vláken. Prochází-li teplo dřevem ve směru kolmém k vláknům, je součinitel tepelné vodivosti přibližně poloviční, než při průchodu ve směru vláken. Rovněž délková teplotní roztažnost je u dřeva zanedbatelná, a není proto nutné provádět u konstrukcí ze dřeva dilatační spáry. Elektrické vlastnosti dřeva se liší podle jeho vlhkosti. Suché dřevo je dobrý izolant, s rostoucí vlhkostí a teplotou se však jeho elektrický odpor snižuje. V podélném směru (ve směru vláken) je měrný elektrický odpor dřeva nejmenší. Z *akustických vlastností* dřeva nás pro konstrukční využití zajímá jeho zvuková vodivost, pohltivost a vzduchová průzvučnost. Zvuková vodivost dřeva ve směru vláken je přibližně stejná jako mají kovy, v příčném směru je přibližně třikrát menší, naopak zvuková pohltivost je u dřeva větší než například u cihel nebo u skla.

■ 1.1.2 Mechanické vlastnosti dřeva

Mechanické vlastnosti dřeva vyjadřují jeho schopnost odolávat účinkům působení vnějších sil. Mezi základní mechanické vlastnosti patří především pevnost dřeva, dále pak jeho pružnost, tvrdost a odolnost při dlouhodobém zatěžování. Pevnost dřeva vyjadřuje jeho odolnost proti porušení a kvantitativně je vyjádřena hodnotou napětí, při jehož překročení dojde k porušení materiálu. Podle druhu namáhání rozeznáváme pevnost v tlaku, v tahu, v ohybu, ve smyku a v kroucení. Pevnost dřeva závisí především na jeho vlhkosti, dále pak na hustotě, objemové hmotnosti, druhu dřeva a jeho kvalitě. Při zvyšování vlhkosti dřeva až do tzv. bodu nasycení vláken (meze hygroskopicity) dochází k poklesu hodnot pevnosti a tuhosti, stejně tak dřevo s pravidelnou strukturou a menším počtem vad vykazuje vyšší hodnotu pevnosti. Výrazně odlišnou hodnotu pevnosti vykazuje dřevo v závislosti na směru působící síly vzhledem ke směru vláken. Ve směru napříč vláken jsou hodnoty pevnosti výrazně nižší, než ve směru podélném, tedy ve směru vláken. Rovněž při zatížení v průběhu času vykazuje dřevo výrazný pokles pevnosti, při dlouhodobém zatěžování klesá pevnost dřeva přibližně na 60 % krátkodobé pevnosti dřeva.

Protože dřevo je přírodní surovina, produkováná stromy různého druhu, s různými dědičnými dispozicemi a s různými podmínkami růstu, liší se vlastnosti dřeva nejenom u jednotlivých kmenů, ale i uvnitř jednoho kmene. Mechanické vlastnosti řeziva jedné dřeviny tak mohou vykazovat velký rozptyl. Z toho důvodu je nutné konstrukční dřevo s nosnou funkcí třídit podle pevnosti do jednotlivých tříd, aby bylo zajištěno dodržení všech vlastností dřeva, důležitých při jeho použití na nosné účely [41].



Obr. 1.6 Obecný tvar pracovního diagramu pro dřevo – závislost mezi napětím a deformací [Matovič, 1993]

1.2 Vady dřeva

Za bezvadné se považuje dřevo zdravé, rovně rostlé, nepoškozené, bez suků, trhlín, smolníků a prorostů a přirozené barvy a vůně. Za vady dřeva se považují takové odchylky od normální stavby, které nepříznivě ovlivňují jeho použitelnost tím, že snižují kvalitu dřeva a zhoršují jeho fyzikální a mechanické vlastnosti. Vady se hodnotí podle velikosti, tvaru, stavu, četnosti a jejich umístění. Vznikají během růstu stromu, nebo v procesu těžby a zpracování dřeva. Vady dřeva lze rozdělit na:

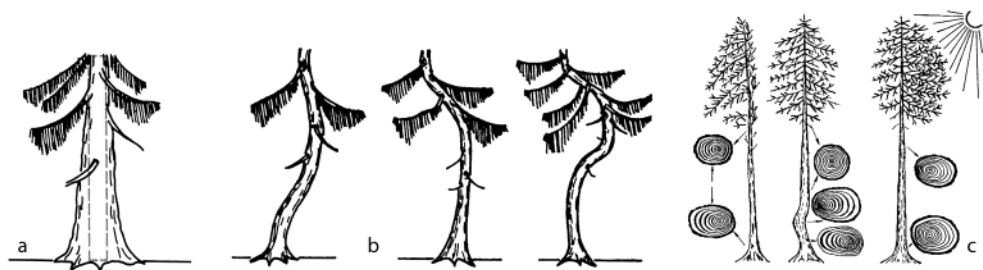
- nepravidelnost růstu a tvaru kmene,
- vady anatomické stavby dřeva,
- vady vzniklé působením povětrnosti, živých organismů a chemickými vlivy,
- vady vzniklé při výrobě a zpracování dřeva.

Mezi nejčastější **nepravidelnosti růstu a tvaru kmene** patří sbíhavost, křivost, zploštění a boulovitost.

Sbíhavé kmeny mají malou výtěžnost, protože se směrem ke koruně značně zužují. Za vadu je sbíhavost považována, je-li větší než 1 cm na 1 m. Křivost kmene se projevuje odchýlením jeho podélné osy od přímky a vzniká jako důsledek nepříznivých vlivů prostředí, nebo při ztrátě vrcholového výhonu. Zploštění kmene se projevuje oválným tvarem kmene a nestejnou šířkou letokruhů po obvodu kmene, tzv. excentricitou letokruhů.

Vady **anatomické stavby dřeva** jsou suky, točivost, trhliny, odklon vláken, zásušek, zárost, vnitřní běl, dvojitá dřev a reakční dřevo. Sukovitost patří k vadám rostoucího stromu a je přirozenou vlastností všech dřevin. Podle norem se rozlišují suky otevřené (vycházejí na boční povrch kulatiny) a zarostlé (projevují se pouze vyvýšeninou na kmeni) a hodnotí se podle zdravotního stavu. Podle zdravotního stavu se dělí na suky zdravé, nahnilé (hniloba zaujímá 1/3 průřezu suku) a shnilé (hniloba zaujímá více než 1/3 suku).

Trhliny ve dřevě vznikají při růstu stromu (dřeňové, odlupčivé, mrazové), při těžbě a manipulaci (výrobní) a při sesychání dřeva (výsušné). Podle umístění v kulatině rozlišují normy trhliny čelní a boční. Narušují celistvost dřeva a podle rozsahu ovlivňují jeho mechanické vlastnosti, výtěžnost a upotřebitelnost.

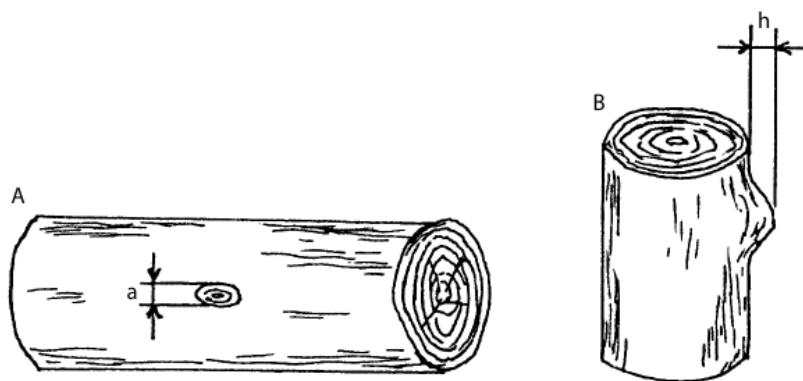


Obr. 1.7 Nepravidelnosti růstu a tvaru kmene [2], [Klír, 1981]

a – sbíhavost;

b – křivost;

c – zploštění



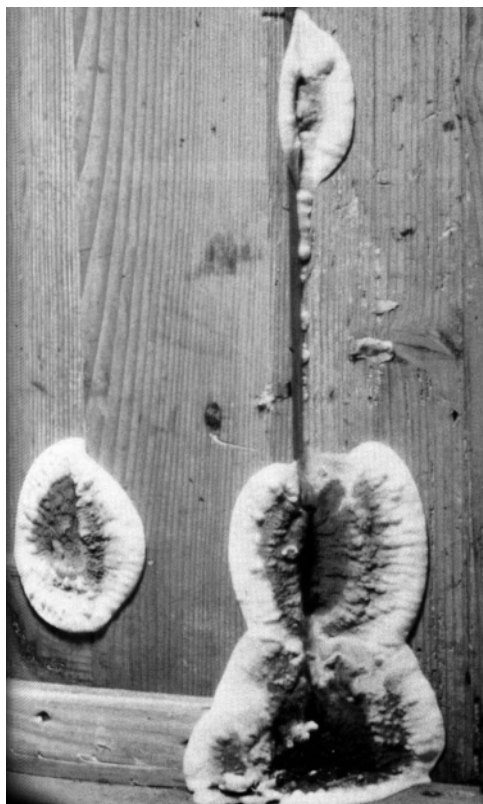
Obr. 1.8 Suky na kulatině a způsob jejich měření (ČSN 480204) [23]

A – otevřený suk, B – zarostlý suk, d – nejmenší průměr suku, h – výška vyvýšeniny

Působením **povětrnosti, živých organismů**

a **chemických vlivů** dochází ke znehodnocení

dřeva. Činitele, způsobující toto znehodnocení, lze rozdělit na biotické činitele (dřevokazné a dřevozbarvující houby, plísně, bakterie, hmyz) a činitele abiotické (povětrnostní vlivy, chemická koroze, oheň, mechanické poškození). Nejvážnějším škůdcem, který znehodnocuje dřevo, jsou dřevokazné houby. Vzhledem k tomu, že existuje řada různých druhů těchto hub, mohou vhodné podmínky pro jejich rozvoj nastat při různých expozičních podmínkách. Houby jsou jedno nebo mnohobuněčné stélkaté rostliny, které odebírají svoji potravu ze dřeva, a tím jej v průběhu času zbarvují nebo rozkládají. Protože neobsahují chlorofyl, nepotřebují ke svému životu sluneční světlo. Nejlépe se vyvíjejí ve vlhkém dřevu, při teplotě okolo 25 °C. Houby se rozmnožují pohlavně i nepohlavně, jejich výtrusy se šíří větrem, vodou nebo na tělech živočichů. Podle způsobu výživy rozlišujeme houby parazitické, saprofytické a saproparazitické. Dřevokazné houby rozkládají a biologicky znehodnocují dřevní hmotu, dřevozbarvující houby dřevo pouze zbarvují, ale nenarušují buněčné stěny. Parazitické dřevokazné houby napadají části stromu s živými buňkami, saprofytické rozkládají mrtvé dřevo a saproparazitické dřevokazné houby napadají dřevo živé i mrtvé. Dřevo-



Obr. 1.9 Plodnice dřevomorky domácí

zbarvující houby patří mezi houby parazitické. Jednou z nejnebezpečnějších dřevokazných hub je *dřevomorka domácí*, které stačí již 15 % vlhkosti a teplota 15–20 °C, tedy podmínky, které mohou nastat při běžném užívání stavby. Dřevomorka rozkládá celulózu a vyvolává tak hnědou hnilobu. Napadá všechny materiály, které obsahují celulózu, tedy např. i papír, knihy, koberce, prorůstá i zdivem. Přestává růst při teplotách nad 26 °C.

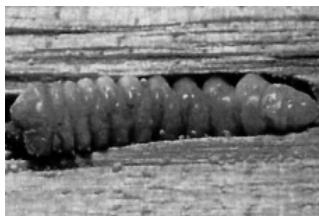
Rovněž další dřevokazná houba *koniofora sklepní*, může způsobit značné škody na dřevě. Stejně jako dřevomorka rozkládá celulózu a vytváří hnědou hnilobu, avšak nevytváří tak rozsáhlé provazce jako dřevomorka a potřebuje ke svému životu vyšší vlhkost dřeva. Napadené dřevo se stejně jako u dřevomorky rozkládá na kostky, to je však často viditelné až po odstranění horní nepoškozené vrstvy dřeva, protože koniofora nevytváří žádné povrchové mycely. Výsledkem činnosti dřevokazných hub je vlastní *hniloba*, která se projevuje netypickým zbarvením dřeva a porušením jeho struktury při současném snížení jeho tvrdosti. Hniloba omezuje průmyslové využití dřeva, protože snižuje jeho pevnost. Zbarvení povrchu dřeva ve formě skvrn nebo souvislých povlaků, při kterém nedochází ke ztrátě pevnosti dřeva, způsobují plísně. Znehodnocení dřeva je v případě plísni pouze estetické, fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva nejsou ovlivněny.

Při napadení dřeva *hmyzem* jej poškozují především larvy hmyzu, které se živí dřevem a kůrou. Napadají rostoucí stromy nebo čerstvě vytěžené dřevo, avšak ani suché dřevo není chráněno před napadením například červotočem. Dospělý hmyz klade vajíčka, ze kterých se vyvinou larvy, které poškozují dřevo povrchově (do hloubky 3 mm), mělce (do hloubky 3–15 mm), nebo hloubkově (do hloubky nad 15 mm). Velikost a tvar chodeb i jejich uspořádání je charakteristické vždy pro určitý druh hmyzu. V našich zeměpisných šířkách je nejrozšířenější *tesařík krovový* a *červotoč*.

Tesařík je černý brouk délky až 20 mm, který napadá i dřevo dlouho skladované. Samička klade vajíčka do mezer a trhlin ve dřevě. Z nich se vylíhnou larvy, které mají životnost 3 až 8 let a v dospělosti dosahují délky 20–30 mm. Pro napadené dřevo jsou charakteristické oválné výletové otvory.

Červotoč je brouk v dospělosti dlouhý 2–5 mm, který napadá dřevo jehličnatých i listnatých stromů. Larvy červotoče jsou mnohem menší než larvy tesaříka, jejich délka je do 6 mm a nalezneme je nejčastěji ve starém nábytku, schodištích, v uměleckých dílech ze dřeva. Brouci opouštějí dřevo po naklazení vajíček samičkou kruhovými otvory, jejichž průměr je 1–2 mm. U nás se nejčastěji setkáváme s *červotočem proužkováným* (tečkovaným) a *červotočem umrlčím*.

Mezi **vady vzniklé při výrobě a zpracování dřeva** patří hlavně mechanické poškození, obliny a vady řezu. Jsou to především vady vzniklé při těžbě dřeva, jeho dopravě a při mani-



Obr. 1.10 Tesařík krovový – brouk, larva, výletové otvory [52]



Obr. 1.11 Červotoč proužkováný – brouk, larva, výletové otvory [52]

pulaci s kulatinou, nebo při neodborném opracování řeziva. Čerstvé odřeny a oděry kůry neovlivňují mechanické a fyzikální vlastnosti dřeva, rozsáhlé mechanické poškození však může snížit jeho výtěžnost porušením celistvosti dřeva.

■ 1.3 Ochrana dřeva ve stavbách

Dřevo zabudované v konstrukcích může po staletí plnit svoji funkci, aniž by došlo k jeho významnému biologickému znehodnocení. Musí však být vystaveno takovým podmínkám, při kterých nehrozí jeho napadení činiteli způsobujícími toto znehodnocení. Bude-li zajištěno, že si dřevo v konstrukci zachová svoji trvanlivost během celé doby plánované životnosti konstrukce, pak teprve lze hovořit o její spolehlivosti. Ochranu dřeva a materiálů na jeho bázi v konstrukcích je třeba mít na zřeteli již v průběhu plánování stavby, při celkovém konstrukčním řešení – tzv. *konstrukční ochrana dřeva*. Při správně navržené a provedené konstrukční ochraně lze výrazně snížit nutnost použití *chemické ochrany dřeva*.

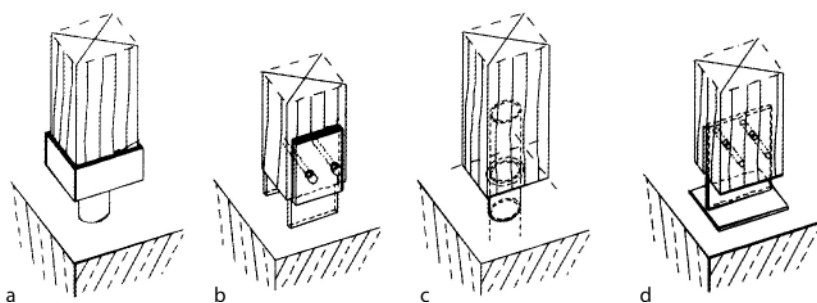
■ 1.3.1 Konstrukční ochrana dřeva

Konstrukční ochrana dřeva je někdy také nazývána ochranou preventivní, jejímž cílem je, aby dřevo zabudované v konstrukci nebylo vystaveno podmínkám, při kterých hrozí jeho napadení a následné znehodnocení škodlivými biotickými činiteli, především houbami a hmyzem. Z toho důvodu by měl správný konstrukční návrh především zabránit tomu, aby dřevěné prvky byly vystaveny působení **zvýšené vlhkosti**.

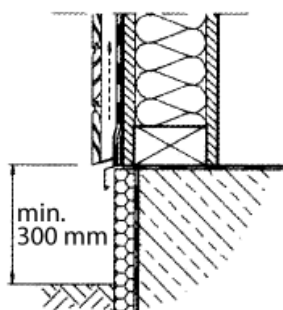
Mezi nejdůležitější zásady patří:

- u prvků vystavených povětrnostním vlivům je nutné zajistit rychlé odvedení dešťové vody stékající po povrchu a zajistit možnost odkapávání vody,
- dřevo by mělo být do stavby zabudováno s vlhkostí blízkou rovnovážné vlhkosti, která bude v budově v průběhu jejího užívání. Tím lze minimalizovat vznik výsušných trhlin, které umožňují vnikání vody, houbových spor nebo kladení vajíček hmyzem u prvků s nechráněným povrchem,
- dřevěné prvky musí být minimálně 300 mm nad okolním terénem z důvodu ochrany před odstříkující dešťovou vodou a vlhkostí z tajícího sněhu,
- konstrukce střech musí být dokonale utěsněné, správně odvodněné a s dostatečným přesahem,

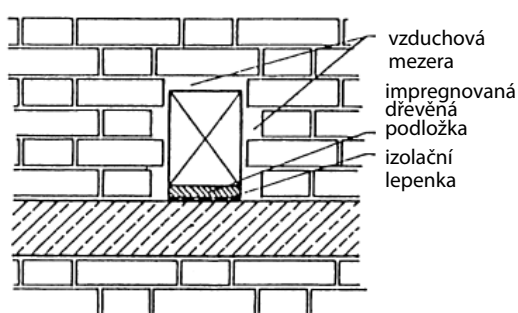
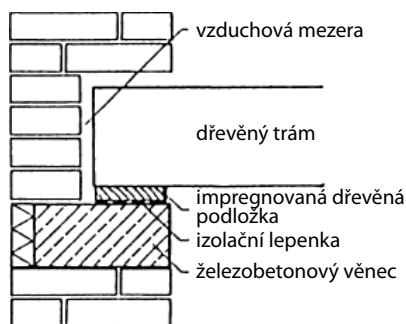
- u konstrukcí, kde je nebezpečí občasného působení vlhkosti, je třeba zajistit rychlé odvedení vody a dostatečné větrání, aby mohlo dřevo opět rychle vysychat,
- dřevěné prvky uložené na zdivu nebo betonu je třeba chránit izolací před vztlínáním vlhkosti, čela dřevěných stropních trámů mají být uložena ve zdivu se vzduchovou mezerou,
- u konstrukcí s parotěsnou vrstvou je třeba správným konstrukčním návrhem vyloučit nebezpečí kondenzace vodních par uvnitř konstrukce a dbát na správný technologický postup při provádění,
- v průběhu skladování na staveništi a během montáže je nutné chránit dřevěné prvky před vlhkostí (déšť, zemní vlhkost) správným uložením a zakrytím, zejména při nepříznivém počasí.



Obr. 1.12 Odvedení stékající dešťové vody z povrchu – a,b špatně – c,d správně [58]



Obr. 1.13 Osazení dřevěné konstrukce min. 300 mm nad úroveň okolního terénu



Obr. 1.14 Uložení zhlaví dřevěného stropního trámu na zdivu

Vzhledem k tomu, že dřevo je klasifikováno jako materiál hořlavý, je důležitá rovněž jeho **ochrana před požárem**. Rostlé dřevo je klasifikováno jako obtížně zápalné a rychlost šíření plamene je u dřeva přijatelně nízká. Konstrukční ochranou lze hořlavost konstrukce ze dřeva modifikovat, ale není možné dosáhnout její nehořlavosti. Z hlediska chování dřevěného prvku při požáru je důležitý jeho tvar, velikost a kvalita povrchu. Hladký ohoblovaný povrch je obtížněji zápalný než povrch drsný nebo povrch s prasklinami, velké množství ostrých hran zvyšuje povrchovou plochu vzhledem k objemu prvku, což urychluje šíření ohně po povrchu. Při konstrukční ochraně lze povrch dřevěných prvků chránit před přímým působením ohně obložením nehořlavým materiálem, jako jsou například sádkartonové nebo sádrovláknité desky, případně omítkou.

■ 1.3.2 Chemická ochrana dřeva

Schopnost dřeva odolávat napadení biotickými činiteli bez chemické ochrany, tzv. přirozená trvanlivost dřeva, se liší jednak podle druhu dřeviny, ale také v rámci jedné dřeviny podle toho, zda se jedná o dřevo jádrové nebo bělové. Na základě zkoušek přirozené trvanlivosti byly různé dřeviny zařazeny do určité třídy trvanlivosti (*EN 350: Trvanlivost dřeva a materiálů na jeho bázi*). Tam, kde je předpoklad, že přirozená trvanlivost dřeva nebude pro jeho ochranu v konstrukci dostačující, je nutné použití chemické ochrany. Před použitím chemických ochranných látek je nutno posoudit riziko napadení biotickými škůdci pro konkrétní podmínky, kterým je dřevo v konstrukci vystaveno jeho zařazením do třídy ohrožení biologickým napadením (*EN 351: Trvanlivost dřeva a materiálů na jeho bázi. Definice tříd ohrožení biologickým napadením*). Projektant by tedy měl nejprve zvážit výběr druhu dřeva, které bude jeho přirozenou trvanlivostí vhodné pro použití v určité třídě ohrožení a teprve následně uvažovat o postupu chemické ochrany [40].

Jako chemická ochrana se označuje opatření, při kterém proniká ochranná látka do dřeva v dostatečném množství a do přiměřené hloubky podle druhu dřeva a příslušné třídy ohrožení.

Používá se *impregnační postup beztlakový a tlakový*. Za **beztlakový postup** označujeme nanášení impregnační látky natíráním, postřikem, máčením nebo difúzí. **Tlakové postupy** jsou impregnace pulzačním způsobem a vakuová impregnace. Provádí se v uzavíratelném impregnačním kotli – autoklávu, ve kterém je přípravek do dřeva vpravován na principu rozdílu tlaků. Aplikace se provádí na povrch s konečným opracováním, před jeho zabudováním do stavby. Při nutnosti dodatečného opracování prvku na stavbě je nutné na opracovaných plochách impregnaci obnovit. Z důvodu ochrany zdraví a životního prostředí by měly být používány látky pro člověka nejedovaté, netoxické, nesmí dojít ke kontaminaci půdy a ovzduší.

Pro ochranu dřeva z hlediska zvýšení požární odolnosti konstrukce lze použít nátěr nebo impregnaci pomocí látek zpomalujících hoření, nebo naopak pomocí látek, urychlujících vznik povrchové zuhelnatělé vrstvy, která chrání zbytek průřezu před vysokou teplotou.

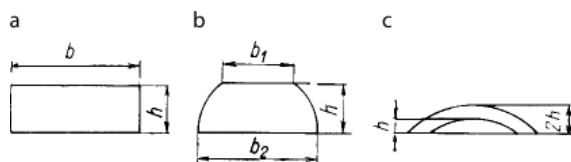
■ 1.4 Dřevo a velkoplošné materiály v konstrukcích dřevostaveb

■ 1.4.1 Řezivo (konstrukční rostlé dřevo)

Pro konstrukční účely se používá řezivo vyrobené ze dřeva vhodných mechanických a fyzikálních vlastností, většinou z jehličnatých dřevin. Získává se z kulatiny pořezem paralelním s kmenem a podle rozměrů a poměru výšky k tloušťce se dělí na deskové, hraněné a polohraněné. Podle způsobu výroby se řezivo dále dělí na *neomítané*, které nemá oříznuté boky nebo jsou oříznuty pouze částečně, a řezivo *omítané*, u kterého jsou obliny oříznuty. Jádrové řezivo je řezivo vyrobené z jádrové části kmene, z vnějších obvodových částí se získává řezivo boční.

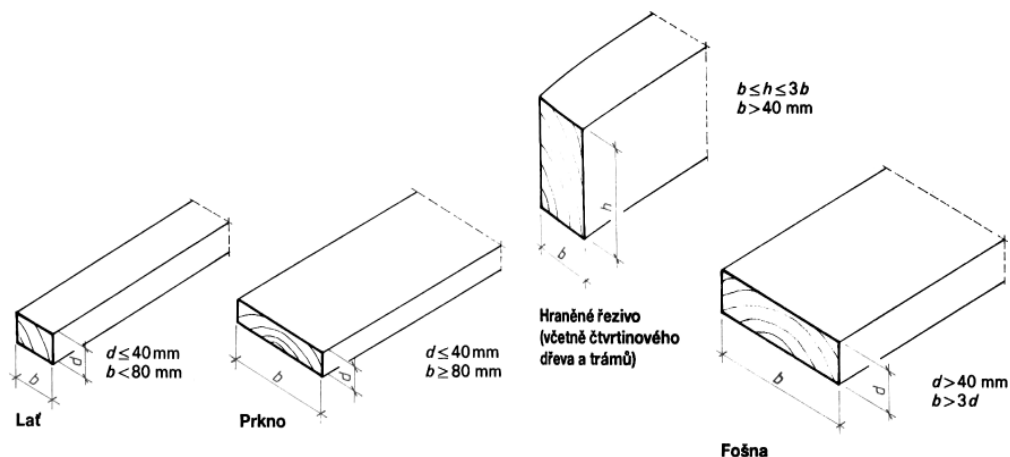
Deskové řezivo je řezivo o tloušťce do 100 mm, jehož šířka je větší než dvojnásobek tloušťky. Deskové řezivo může být omítané i neomítané, podle tloušťky se dělí na prkna – deskové řezivo do tloušťky 40 mm, a fošny – tloušťka 40–100 mm.

Hraněné řezivo je řezivo s pravoúhlým příčným průřezem, jehož šířka je menší než dvojnásobek tloušťky. Podle plochy příčného průřezu se dělí na hranolky – řezivo o tloušťce do



Obr. 1.15

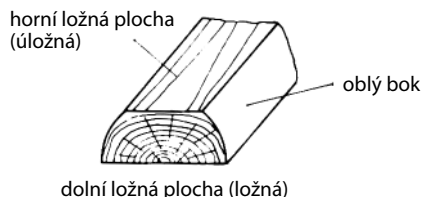
a – řezivo omítané, b – neomítané, c – krajina



Obr. 1.16 Deskové řezivo

100 mm, jehož plocha příčného průřezu je 25–100 cm², hranoly – řezivo o tloušťce větší než 100 mm, jehož plocha příčného průřezu je větší než 100 cm² a latě o ploše příčného průřezu 10–25 cm².

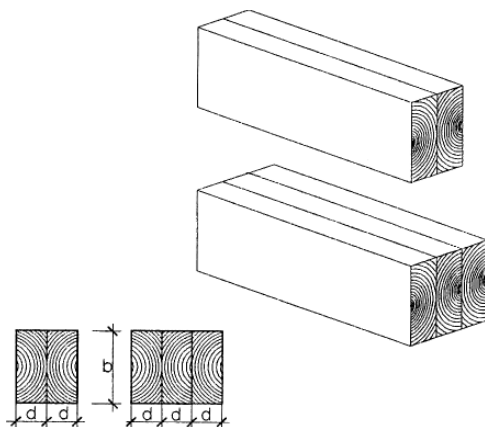
Polohraněné řezivo je řezivo dvoustranně řezané, jehož šířka je menší než dvojnásobek tloušťky. Polštáře jsou polohraněné řezivo o tloušťce do 100 mm, trámy mají tloušťku nad 100 mm.



Obr. 1.17 Polohraněné řezivo (polštář, trám) [37]

1.4.2 Lepené nosníky

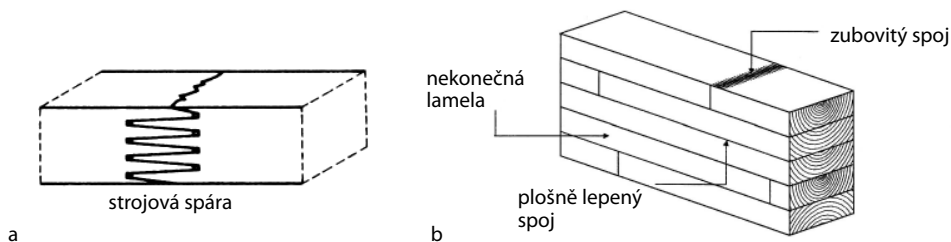
Plošným spojením dvou nebo tří fošen nebo hranolů z technicky vysušeného dřeva jehličnatých dřevin vznikají tzv. DUO a TRIO nosníky. Přířezy pro lepení jsou hoblované, délkově mohou být nastaveny zubovitým spojem, lepí se tak, aby pravá strana průřezu byla vždy na vnější straně.



1.4.3 Lepené lamelové dřevo

Obr. 1.18 Lepený DUO, TRIO nosník
 $b \leq 280 \text{ mm}$, $d \leq 80 \text{ mm}$, délka do 18 m

Z pevnostně tříděných prken se pomocí délkového nastavení tzv. zubovitým spojem vyrábí nekonečná lamela. Jednotlivé lamely stejného druhu dřeva (obvykle smrkového) a tloušťky nejčastěji v rozmezí od 32 mm do 40 mm se lepí na lamelové dřevo. Výhodou oproti rostlému dřevu je možnost výroby nosného prvku požadovaných rozměrů, libovolného tvaru, s vyšší pevností a tuhostí vlivem rovnoměrného rozdělení suků po celém nosníku a zaručených rozměrů díky vysušení lamel před lepením na vlhkost okolo 12 %, která odpovídá rovnovážné vlhkosti ve vytápěných vnitřních prostorech.



Obr. 1.19

a – lepený zubovitý spoj, b – lepené lamelové dřevo

■ 1.4.4 Vrstvené dřevo

Vrstvené dřevo je materiál na bázi dřeva s vysokou pevností a s možností použití pro konstrukční účely. Jedná se o materiál podobný překližce, ve kterém jsou jednotlivé dýhy všechny, nebo většina z nich, lepeny vzájemně rovnoběžně. Před lepením se jednotlivé dýhy vysuší a skládají se podélně za sebou v několika vrstvách. Takto vytvořený nekonečný pás se zalisuje a vylišované desky se rozřezávají na prvky potřebných rozměrů. Vrstvené lepené dřevo se vyrábí ve Finsku pod obchodním názvem *Kerto* s dýhami orientovanými v jednom směru (*Kerto-S*), nebo v provedení, u kterého je každá pátá dýha orientována s vlákny kolmo na podélný směr prvku (*Kerto-Q*). *Parallam* je vrstvené dřevo vyráběné z dýh nařezaných na pásky, které se po nanesení lepidla a zalisování vytvrzují pomocí mikrovlnného ohřevu. *Intrallam* je vrstvené dřevo vyráběné z velkých třísek o délce až 300 mm a šířce 30 mm orientovaných v podélném směru, které se po nanesení lepidla zalisují a vytvrzují.

■ 1.4.5 Velkoplošné materiály

Rostlé dřevo je přírodní anizotropní materiál, který vykazuje vysokou variabilitu vlastností, a vlivem své hygroskopicity je to materiál s nízkou rozměrovou stabilitou. Tyto vlastnosti jsou eliminovány v nových, průmyslově vyráběných formách dřeva jako jsou lepené dřevo, překližka, třískové a vláknité desky, OSB desky nebo vrstvené dřevo. Z důvodu konstrukční ochrany dřeva zabudovaného ve stavbách se pro dřevěné stavby používají velkoplošné materiály zvyšující požární odolnost konstrukce – sádkartonové desky, sádrovláknité desky, cementotřískové desky, případně cementovláknité desky.

- *Třískové desky* se vyrábí z dřevěných třísek s přísadou lepidla lisováním za působení tepla a tlaku. Podle způsobu výroby (lisování) rozlišujeme desky plošně lisované a desky výtlačně lisované, podle vlastností (způsobu použití) mohou být tyto desky pro použití v suchém prostředí, v prostředí se zvýšenou vlhkostí, desky vodovzdorné nebo desky s fungicidní ochranou, desky se sníženým obsahem formaldehydu, se zvýšenou požární odolností, nebo desky s kombinací výše uvedených vlastností. Třísky pro výrobu desek se získávají ze surového dřeva zbaveného kůry, třísky se prosévají a suší. Jako pojivo se používají lepidla na bázi syntetických pryskyřic. Při výrobě *cementotřískových* desek je jako pojivo použit portlandský cement, třísky jsou obaleny směsí cementu a vody, deska se lisuje a následně zahřívá na potřebnou teplotu.
- *Desky OSB* jsou vícevrstvé desky vyráběné z orientovaných plochých třísek větších rozměrů než mají třísky pro výrobu třískových desek. Třísky se vyrábějí z kvalitních dřevin, nejčastěji ze dřeva borovice. Ukládají se ve třech vrstvách, povrchové (krajní) vrstvy mají vždy třísky orientované v podélném směru, ve středové vrstvě, která tvoří jádro desky, jsou orientovány v buď příčném směru nebo je jejich orientace zcela náhodná. Jako pojivo se běžně používá fenolformaldehydová pryskyřice. Desky OSB mají dobré mechanické vlastnosti, jsou dobře opracovatelné a mají vysokou objemovou a tvarovou stálost. Díky těmto vlastnostem patří mezi desky s mnohostranným použitím v konstrukcích dřevostaveb.
- *Vláknité desky* se vyrábějí z dřevní hmoty z odpadu z pilařské výroby, rozvlákněné na jemná vlákna. Vlákna se zplstňují mokřým nebo suchým výrobním procesem, vrství se do nekonečného koberce a následně se lisují za působení tepla a tlaku do konečného výrobku. Tím jsou podle použitého lisovacího tlaku a teploty a v závislosti na druhu a množství přídavných látek vyráběny vláknité desky různých vlastností. Podle hustoty

se dělí na desky měkké, polotvrdé a tvrdé, podle způsobu výroby na desky vyráběné suchým způsobem a desky vyráběné mokřím způsobem. Vlákenné desky se u konstrukcí staveb ze dřeva používají především pro jejich dobré tepelně izolační a akustické vlastnosti, některé desky jsou vyráběny jako paropropustné. Nevýhodou vláknitých desek je jejich menší odolnost proti působení vlhkosti a ohně [40].

- *Překližované desky* jsou desky vyráběné slepením lichého počtu – minimálně tří – vrstev. Z těchto materiálů se ve stavebnictví nejčastěji používají překližky a laťovky. Překližka se vyrábí z loupaných nebo krájených dýh kladených tak, že vlákna sousedních vrstev svírají úhel 90°. Druh použitého lepidla ovlivňuje vodovzdornost překližky, její další vlastnosti ovlivňuje druh použité dýhy, povrchová úprava a velikost lisovacího tlaku. Základem laťovky je tzv. střed slepený z latí z jehličnatého dřeva, vnější vrstvy tvoří opět dýhy. Používá se převážně pro interiérové konstrukce.
- *Sádrokartonové a sádrovláknité desky* se v konstrukcích dřevostaveb používají z důvodu konstrukční ochrany dřeva, především pro zvýšení požární odolnosti konstrukcí. Výchozí surovinou pro jejich výrobu je sádrovec, který se po vypálení míchá s vodou a přísadami na kaši. Při výrobě sádrovláknité desky jsou do směsi přidávána celulózová vlákna, desky se lisují pod vysokým tlakem a po vysušení se ořezávají na požadovaný tvar. Tímto způsobem výroby je dosaženo vysoké stability desek a jejich mechanické vlastnosti jsou vhodné pro použití na konstrukční účely. Sádrokartonové desky, u kterých je vnitřní křehké jádro ze sádry opláštěno kartonem, nesmí být samostatně použity pro konstrukční účely (např. jako výztužné opláštění stěn).

■ 2 Historický vývoj staveb ze dřeva

■ 2.1 Počátky stavění ze dřeva

Dřevo a kámen jsou bezesporu nejstarším stavebním materiálem, který člověk používal při budování svých obydlí. I když vývoj staveb ze dřeva od dob pravěku až do dnešního dne nelze celý spolehlivě doložit, existuje řada nálezů, ze kterých je možné alespoň částečně rekonstruovat celý vývoj a rozvíjení kultury života lidstva na zemi. Snad nejstarší nálezy dokazující využití dřeva při budování lidských obydlí pochází ze starší a střední doby kamenné v podobě pozůstatků přístřešků a stanových obydlí, která si lovci a rybáři budovali ze dřeva, kůry, větví, kostí a kůží ulovených zvířat.

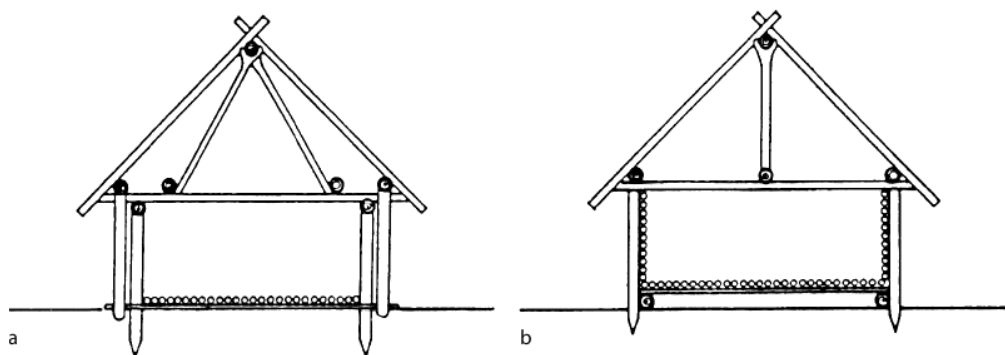


Obr. 2.1 První ochrana člověka před povětrnostními vlivy – obydlí z větví, listí a kůží ulovených zvířat [1]

Další nálezy svědčí o nástupu konstrukce domu se svislými stěnami a konstrukčně oddělenou střechou v období mladší doby kamenné (neolitu), ve které je rovněž datován vznik zemědělství a počátek chovu dobytka. Způsob života ovlivňoval uspořádání osad a sídliště i půdorysy jednotlivých domů. Ty byly budovány ze dřeva a hlíny a celá osada byla ohraničena jednoduchou dřevěnou palisádou, případně příkopem. Stěny domů se většinou vyplétaly proutím a potom vymazávaly hlínou. Domy stavěné na rašeliníštích byly posazeny na nosnou konstrukci, která sloužila pro roznášení zatížení a v podstatě nahrazovala dnešní základovou desku. Tvořilo ji několik vrstev dřeva, shora krytých vrstvou hliněné mazaniny – lepenice. Nejspodnější vrstva přímo na rašeliníšti byla vrstva hustě kladených tenkých větví a kůry, na ní byl vytvořen rošt z tyčoviny a vlastní nosnou konstrukci podlahy pak tvořily kmeny připevněné na příčných polštářích [3].

Postupný vývoj tohoto typu staveb odpovídá celkovému vývoji života na zemi. První **stavby** se svislými stěnami se stavěly přímo ve vodě **na kůlech**, zaražených do dna. V určité výšce nad hladinou (někdy až 2 metry) byla na kůlech vytvořena plošina, na které stály jednoduché dřevěné chatrče pevně spojené s plošinou.

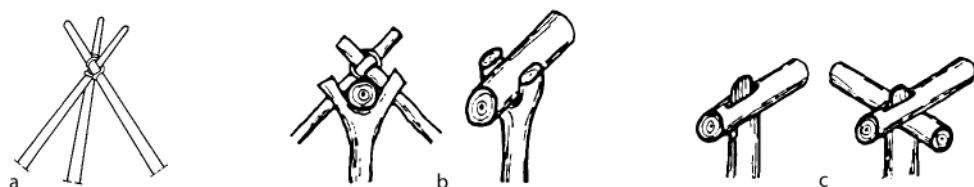
V místech, kde se vyskytovala v podloží rašelina, se stavěly **stavby palisádové**. Jejich svislé stěny tvořily kůly zaražené těsně vedle sebe do země, přímo na podloží z rašeliny spočívala

**Obr. 2.2**

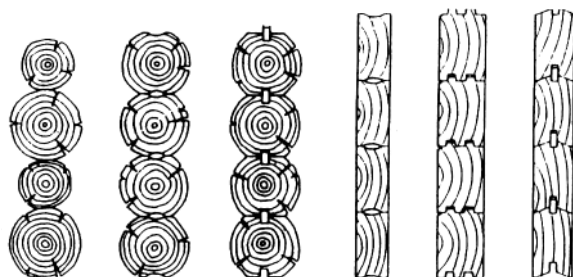
a – stavba palisádová, b – stavba pletivová [2]

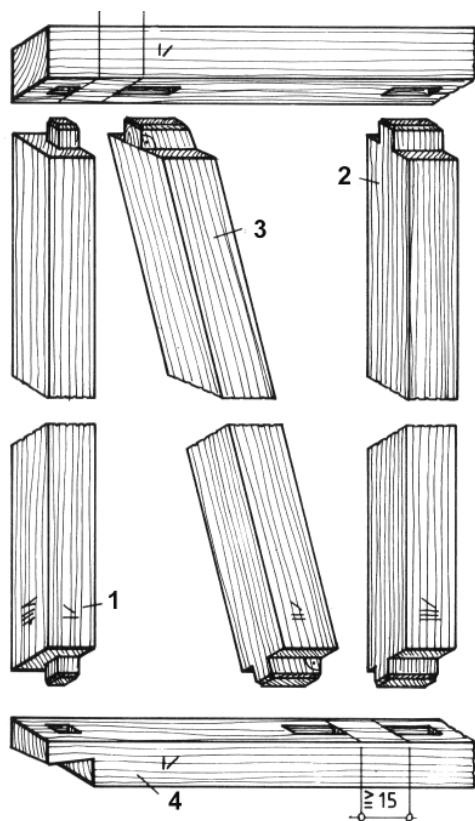
podlaha, vytvořená jako povalový rošt, pevně spojený se svislými stěnami z kůlů. V mladší době kamenné vznikly **stavby pletivové**, které již vyžadovaly pevný podklad. Na něm ležely 3–4 příčné trámy, nesoucí povalový rošt, který tvořil podlahu. Kolem takto vytvořeného roštu byly zhruba ve vzdálenostech jednoho metru zaraženy do země svislé kůly. Prostor mezi kůly byl vyplétán proutím a takto vytvořené stěny se z obou stran omazávaly hlínou [2].

Postupný vývoj staveb ze dřeva souvisel rovněž s vývojem dovednosti člověka a vynálezem prvních nástrojů, které mu umožnily dřevo opracovat. Prvními pokusy o spojování dřev ve stavbách bylo svazování tyčoviny pomocí lýka. Později člověk využíval jako přirozenou podpěru vidlice ve větvích a za počátek konstrukčních spojů, ze kterých se později vyvinuly dnešní tesařské spoje, lze považovat vytvoření otvoru a čepu pro spojení dvou tyčových prvků v konstrukci (obr. 2.3).

**Obr. 2.3**

a – spojení tyčoviny pomocí lýka, b – větвовá vidlice a spojení lýkem, c – první otvor a čep [2]

**Obr. 2.4** Svislý řez stěnou srubové stavby [2]



Obr. 2.5 Prvky hrázděné konstrukce s tesařskými spoji

Nahrazením vnější stěny vyplétané proutím stěnou z kulatiny vznikly první stavby srubové, u kterých ještě byla podlaha tvořena povalovým roštem. Jednotlivé výřezy kulatiny o síle 15 až 20 centimetrů se kladly vodorovně na sebe a v rozích se vzájemně spojovaly. Takto vytvořená stěna plnila nejenom funkci ochrany interiéru před povětrností, ale současně i funkci nosnou. Později se pro konstrukci stěny používala kulatina větších průměrů a hraněné nebo polohraněné profily, současně se postupně zdokonalovaly i rohové spoje. Tento způsob stavění se v podstatě používá dodnes.

Pravděpodobně počátkem minulého století se objevily konstrukce hrázděné s poměrně vyspělými tesařskými spoji tyčových prvků dřevěné kostry. Původně byly stěny těchto staveb stejně jako u staveb pletivových vyplétány proutím a omazány hlínou, teprve později byly vyzdívány.

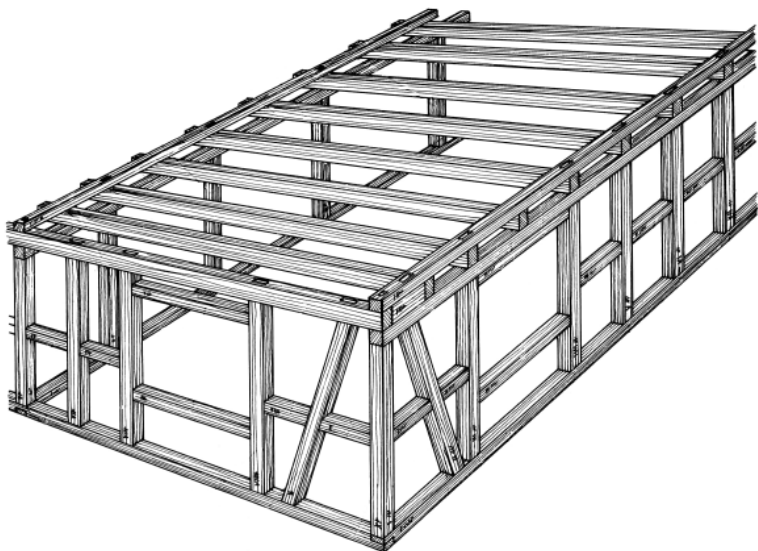
■ 2.2 Historický vývoj konstrukčních systémů

Z historických nálezů a dochovaných písemných zpráv lze usuzovat, že všechny dnes používané způsoby stavění ze dřeva se vyvinuly právě ze staveb srubových a staveb hrázděných. Podle těchto dvou základních způsobů stavění také vznikly dvě samostatné skupiny staveb ze dřeva – stavby z tyčových prvků, vyvinuté z hrázděné konstrukce, a stavby masivní, jejichž základem byla stavba srubová. Oba způsoby stavění se s určitými konstrukčními úpravami, odpovídajícími požadavkům na současné stavby, realizují i v současnosti (obr. 2.11).

■ 2.2.1 Systémy dřevěných staveb z tyčových prvků

Základem tohoto způsobu stavění ze dřeva v podobě, kterou známe dnes, byly hrázděné stavby z hraněného řeziva poměrně masivních průřezů. Jednotlivé prvky byly spojovány pomocí tesařských spojů a tvořily nosnou kostru celé stavby. Ta musela být schopna přenést veškeré zatížení působící na stavbu, tedy nejenom svislé síly, ale také síly vodorovné, až do

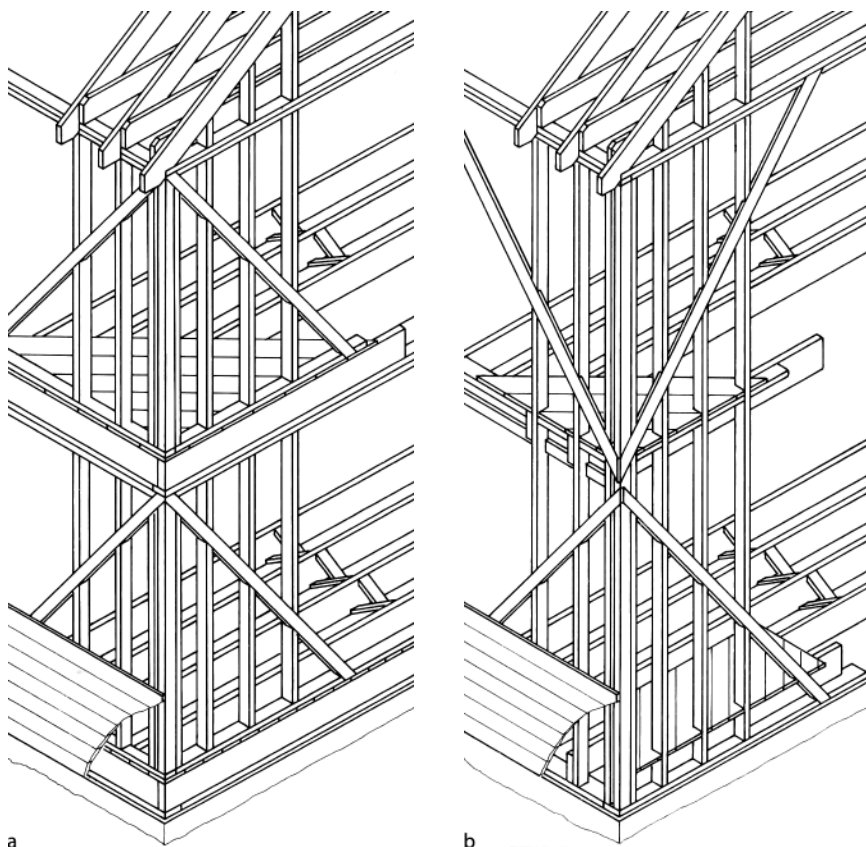
základů. Z toho důvodu byly v samotné hrázděné konstrukci z tyčových prvků provedeny šikmé vzpěry a řada vodorovných výztužných prvků. Ochranu interiéru před vnějšími vlivy pak zajišťovalo vyplétání stěn proutím a jejich omazání hlínou, později spolu s vývojem nových stavebních materiálů se vnější stěny mezi hrázděnou konstrukcí vyzdívaly nepálenými, později pálenými cihlami. Použitému materiálu pro vyzdívkou pak také odpovídal způsob výztužení samotné dřevěné kostry a množství použitých výztužných prvků.



Obr. 2.6 Nosná kostra hrázděné stavby [42]

První přistěhovalci do Ameriky přinesli s sebou z Evropy znalost stavění hrázděných staveb ze dřeva. Postupným vývojem došlo ke značnému zjednodušení tohoto systému stavění a počátkem 19. století vznikl v Americe systém, který se používá dodnes a je známý i u nás pod názvem „Timber-Frame“. Jedná se o způsob stavění z dřevěných tyčových prvků podstatně menších průřezů, než tomu bylo u staveb hrázděných. Celá dřevěná kostra je z přířezů jednotného profilu, nejčastěji dva krát čtyři palce, nebo dnes také dva krát šest palců z důvodu silnější vrstvy tepelné izolace vkládané do vnějších stěn mezi sloupky dřevěné kostry. Od toho je také odvozen často používaný název tohoto systému stavění „Two by Four“, nebo Two by Six“.

Dřevěná kostra stavby se realizuje z jednotlivých přířezů přímo na staveništi a svislé stojky (sloupky) mohou být provedeny jako průběžné na celou výšku stavby, nebo jsou v úrovni stropu přerušeny stropní konstrukcí. V prvním případě se stropní nosníky připojují ke sloupkům z boku, ve druhém případě je stropní konstrukce uložena na horní rám stěny podlaží pod stropem. Podle způsobu uložení stropní konstrukce se tento způsob stavění nazývá „Balloon-Frame“ s průběžnými stojkami, nebo „Platform-Frame“ se stojkami přerušenými v úrovni stropu (obr. 2.7). Protože tento způsob rozdělení celého systému stavění vychází z užití svislých sloupků, často se pro tento způsob stavění používá v češtině název „**dřevo-stavba sloupkové konstrukce**“.



a

b

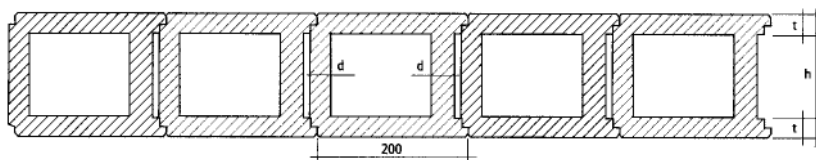
Obr. 2.7 Nosná kostra stavby

a – s přerušenyi stojkami, b – se stojkami průběžnými [38]

Konstrukce „sloupkových“ dřevostaveb ovlivnila stavby ze dřeva také v Evropě, kde se přibližně od roku 1930 začaly realizovat první sloupkové konstrukce v Německu, pojmenované jako „skeletové“ nebo „žebrové“. Ze systému „Platform-Frame“ se postupem času ve střední Evropě vyvinula dnešní konstrukce **rámové dřevostavby**. Sloupkové konstrukce dřevěných staveb realizují některé firmy i dnes, původní ztužení kostry v rovině stěn diagonálně kladeným bedněním je nahrazeno použitím velkoplošných materiálů na bázi dřeva. Vliv amerického způsobu stavění se projevil i na konstrukci původní hrázdné dřevostavby. Zůstaly zachovány poměrně masivní profily jednotlivých tyčových prvků kostry, ale postupně byly odstraněny všechny vodorovné a šikmé výztužné prvky. Tím vznikla konstrukce dnešní **skeletové stavby**.

S rozvojem prefabrikace se i v oblasti staveb ze dřeva objevují první stavby z dílců připravených předem v krytém výrobním prostoru, které se na staveništi pouze smontují – současné **panelové stavby na bázi dřeva**. Jejich nespornou výhodou je přesunutí převážné části stavebních prací do výrobní haly a minimalizace prací na staveništi, což zajišťuje ochranu dřeva před povětrnostními vlivy při realizaci stavby. Nejvyšším stupněm prefabrikace je pak výroba **prostorových buněk**, které se na staveništi pouze osadí na předem připravený základ.

Se znalostí výroby a používání lepeného dřeva pro konstrukční účely se vyvinuly systémy staveb obdobné systému panelové výstavby, u nichž však není základem rámová konstrukce. Jedná se o plošné systémy, ve kterých je „panel“ jako plošný dílec sestaven z dutých lepených tyčových prvků ze dřeva (obr. 2.8). Přehled jednotlivých systémů a jejich postupný vývoj se vzájemnou provázaností je znázorněn na obrázku 2.11.

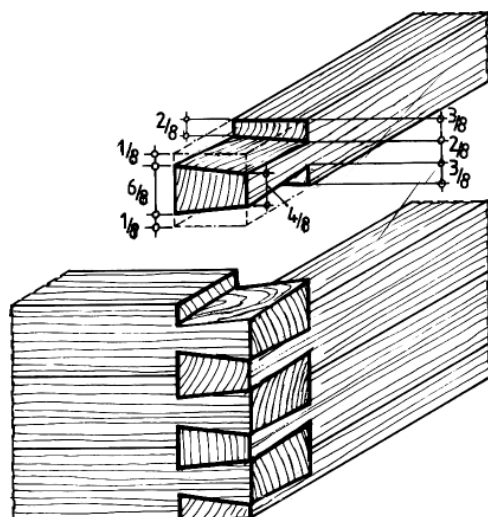


Obr. 2.8 Sestavení dílce plošného systému z dutých tyčových prvků

■ 2.2.2 Systémy masivních staveb ze dřeva

Základem všech masivních staveb ze dřeva, které se v současnosti realizují, byla stavba **sрубová**. Stěny domů těchto staveb tvořily vodorovně vrstvené trámy, které byly v nárožích vázány tesařskými spoji (tzv. roubené stěny). Tou nejjednodušší vazbou, používanou pravděpodobně již ve středověku u méně náročných staveb, byl pouhý přesah nárožních konců (zhlaví) trámů. Vybočení jednotlivých trámů z vazby bylo zamezeno zaraženými svislými kolíky. Jednoduchým způsobem roubení, který nevyžadoval žádné další přídavné prvky a byl na svou dobu dostatečně účinný, bylo částečné vyžlabení v místě vazby, do kterého pak nasedal horní prvek opět svým výžlabkem. Postupným vývojem se nárožní spoje trámů zdokonalovaly a jedním z nejčastěji a pravděpodobně i nejdéle používaných spojů, u kterých již nebyly ponechány přesahy zhlaví nárožních trámů, bylo spojení na tzv. rybinu. U této vazby jsou dosedající plochy trámů šikmo protiběžně zkoseny a tím jsou zachyceny veškeré vodorovné síly vznikající ve spoji, je tedy zamezeno vybočení jednotlivých prvků z vazby. Stěny roubených staveb byly sestavovány nejprve z kuláčů, tedy nehraněných trámů, později se začaly používat trámy hraněné. Vodorovné spáry mezi jednotlivými trámy se původně vyplňovaly mechem a omazávaly hlínou, dnes jsou vyvinuty speciální těsnicí materiály, případně celé systémy pro použití právě u tohoto typu staveb [32].

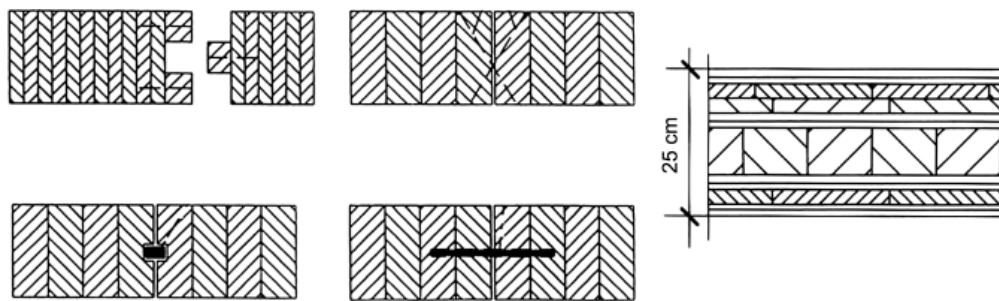
S vývojem stavebnictví a rostoucími požadavky na tepelnou ochranu budov se měnily rovněž požadavky na obvodové stěny sрубových či roubených staveb, u kterých většinou samotná stěna z trámů předepsané požadavky nesplňovala. Z toho důvodu se přibližně v osmdesátých letech minulého století objevují první sрубové stavby, u nichž



Obr. 2.9 Rohová vazba na tzv. rybinu [42]

je obvodová stěna vytvořena jako vícevrstvá, s vloženou vrstvou tepelné izolace uvnitř stěny. Oba typy srubových a roubených staveb, se stěnou jednoduchou nebo vícevrstvou, se realizují v podstatě dodnes, s výrobními technologiemi a materiály odpovídajícími dnešním poznatkům.

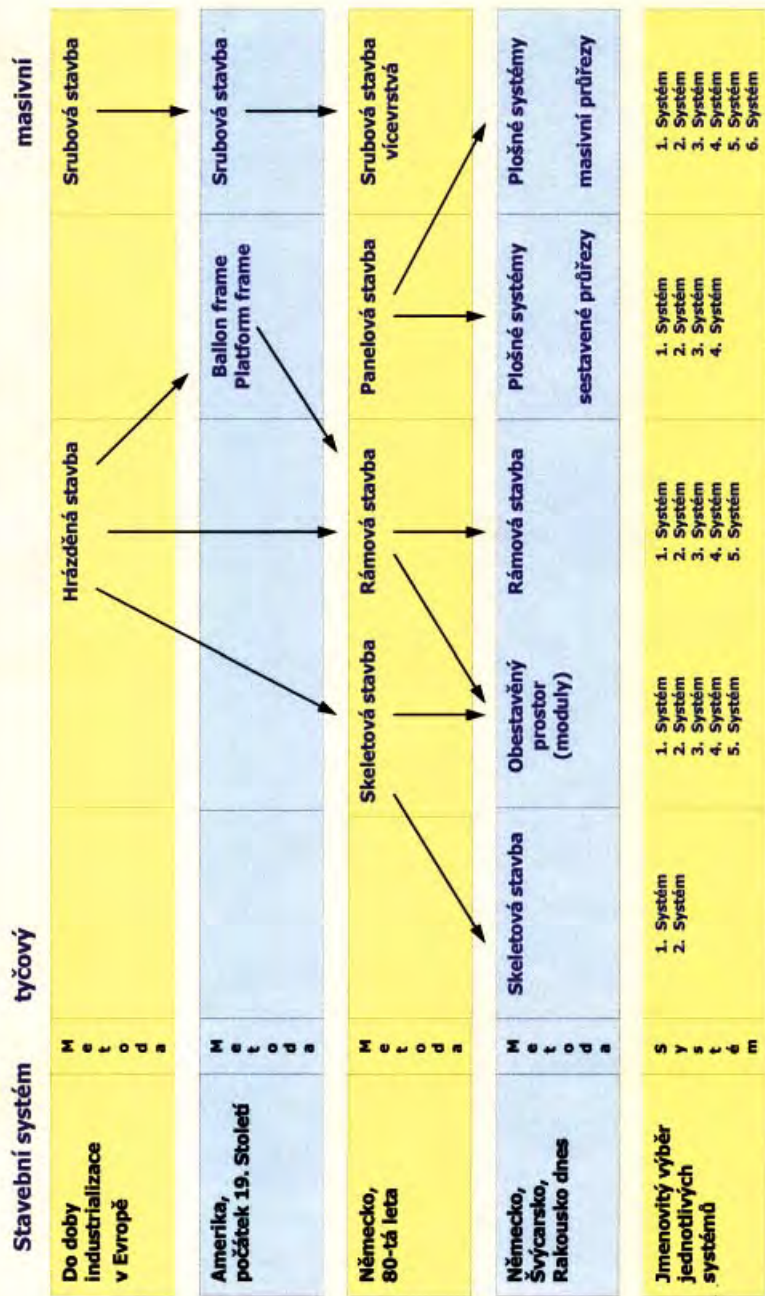
V současnosti realizované masivní stavby ze dřeva však nejsou pouze stavby srubové nebo roubené. Objevuje se celá řada nových systémů, u kterých je masivní dřevěná stěna tvořena vrstvením nebo skládáním přířezů do celých bloků, tvořících nosnou část konstrukce. Spojování jednotlivých přířezů do bloku se provádí pomocí mechanických spojovacích prostředků, nebo lepením. U některých systémů se při lepení celý masivní blok vylehčuje vytvořením dutin nebo nosných žebér. Tyto konstrukční systémy jsou zajímavé tím, že vrstva dřeva ve stěnách nebo ve stropě příznivě ovlivňuje mikroklima v interiéru stejně, jako je tomu u staveb srubových, pocitová pohoda může být zvýšena přiznáním dřeva v interiéru, protože masivní dřevěné bloky mohou být podle požadavku uživatele vytvořeny s povrchovou úpravou různé kvality (jako pohledová stěna, nebo stěna určená pro obložení např. sádkartonem). Na rozdíl od staveb srubových nejsou tyto stavby náročné na spotřebu kvalitního řeziva, protože pro výrobu masivních bloků se běžně používá boční řezivo. Stejně tak z hlediska objemových změn jsou tyto konstrukce mnohem výhodnější, protože vytvořené bloky nevykazují takové objemové změny, jako je tomu u stěn srubových staveb.



Obr. 2.10 Masivní bloky vytvořené skládáním jednotlivých vrstev přířezů

Postupný vývoj jednotlivých způsobů (metod) stavění ze dřeva až po symbolické znázornění počtu jednotlivých konstrukčních systémů v různých skupinách staveb v současnosti znázorňuje tabulka na obrázku 2.11. Všechny systémy, jak v historickém vývoji, tak i současné, jsou rozděleny do dvou základních skupin staveb z tyčových prvků a staveb masivních. Šipkami je znázorněna vzájemná provázanost jednotlivých metod v posloupnosti jejich historického vývoje.

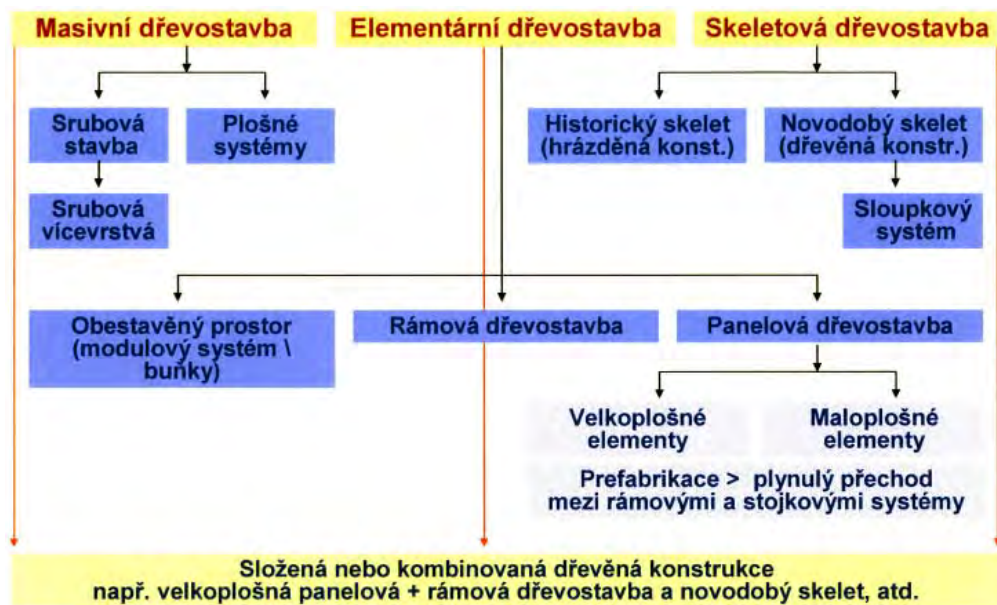
Typologie dřevěných stavebních systémů



Obr. 2.11 Historický vývoj konstrukčních systémů dřevostaveb pro bydlení

2.3 Současné konstrukční systémy dřevostaveb

Konstrukční systémy, používané v současnosti v Evropě při realizaci dřevostaveb pro bydlení, lze rozdělit do tří základních skupin: stavby elementární (sestavované z jednotlivých elementů), stavby skeletové a stavby masivní. První dvě skupiny se vyvinuly ze staveb hrázděných a reprezentují stavění ze dřeva z tyčových prvků. Základem třetí skupiny – staveb masivních byla stavba srubová, která se vlastně realizuje dodnes a navíc k ní v současnosti přibýly ještě novodobé masivní stavby (obr. 2.12).



Obr. 2.12 Schéma rozdělení současných konstrukčních systémů dřevostaveb pro bydlení

2.3.1 Elementární stavby na bázi dřeva

Elementární stavby ze dřeva lze charakterizovat jako stavby sestavované z jednotlivých elementů – přířezů, jednotného profilu. Ty tvoří nosnou dřevěnou kostru stavby, doplněnou ve skladbě dalšími konstrukčními materiály. Tato skupina staveb se vyvinula ze staveb hrázděných, jejich značným zjednodušením vlivem stavebního systému, který vznikl v Americe na přelomu 19. a 20. století (viz kap. 2.2). Zásadní rozdíl mezi původní hrázděnou stavbou a systémy staveb „z elementů“ – stavby rámové nebo panelové – spočívá v tom, že u hrázděné stavby bylo ztužení provedeno pomocí šikmých vzpěr, tedy z tyčových prvků, které byly součástí dřevěné kostry, zatímco u elementárních dřevostaveb je vyztužení prováděno pomocí vnějšího opláštění původně z vodorovně nebo šikmo přibitých prken, dnes z velkoplošných materiálů připevněných na dřevěnou kostru nosnými spoji.

Do skupiny elementárních staveb patří dřevostavby **rámové**, u kterých je sestaven nosný dřevěný rám z přířezů jednotného profilu na výšku jednoho podlaží a ztužení celé stavby