
POZEMNÍ STAVITELSTVÍ II

KONSTRUKČNÍ SYSTÉMY PODLAŽNÍCH BUDOV SKELETY – OCELOVÉ A DŘEVĚNÉ

**Ústav stavitelství I
Fakulta architektury
České vysoké učení technické v Praze**

Ing. Vladimír Jirka, Ph.D.

poslední aktualizace: rok 2016

Stavební ocel a skeletové konstrukce

Železo se vyrábělo z rud v různých typech pecí vytápěných dřevěným uhlím. Vyredukované železo bylo pórovité ale díky menšímu obsahu uhlíku bylo kujné. Tato svářková ocel obsahovala až 99,8 % železa a 0,004 až 0,006 % uhlíku. Je značně prostoupená struskou. Vyráběla se s malým obsahem uhlíku, pevnost této oceli je 330 až 400 MPa a tažnost je cca 12 až 25 %. V příčném směru podstatně nižší.



Od r.1895 se začínají používat tzv. plávkové oceli vyráběné v tekutém stavu. Mají vysokou pevnost v tahu i tlaku, velkou houževnatost a stejné vlastnosti ve všech směrech namáhání. Tekutá ocel se z Martinských pecí odlévá do kokil a dále je ve formě ingotů zpracovávána na válcované profily. Stavební oceli obsahují v závislosti na třídě oceli cca 0,1 až 0,2 % uhlíku, 0,5 až 1,5 % manganu a 0,3 až 0,55 % křemíku. Tažnost je 20 až 30 %, pevnost v tahu 370 až 520 MPa.



Projektant musí znát dobu vzniku ocelové konstrukce, pak lze, při určení materiálových vlastností, postupovat v souladu s ČSN ISO 13822. Ta předpokládá, že konstrukce postavené do konce r.1894 se předpokládá, že jsou vždy ze svářkového železa nebo litiny od r.1895 do konce r.1905 vyžadují materiálové zkoušky a jejich vyhodnocení dle normy po r.1906 se předpokládá, že byly vyrobeny z plávkové oceli nebo litiny.

Pokud za rekonstrukce dochází k zásahům do nosné konstrukce – změnou zatížení, geometrie konstrukce, přidáním nebo ubráním nosných prvků – musí statik dle ČSN 73 00 38 a ČSN ISO 13822 provést přepočítání konstrukce.



Ocelový skelet přádelny z roku 1890. Nosná konstrukce je tvořená litinovými sloupy a ocelovými průvlaky. Nové přípoje na stávající průvlaky jsou šroubované, neboť z chemického rozboru vyplynulo, že obsah uhlíku ve vzorcích konstrukce je nižší než 0,06 % a jedná se o svářkové železo. Připojení svařby proto nebyly vhodným řešením.

Rámový styčník se připraví v dílně a na stavbě je realizován pouze montážní přípoj umístěný mimo tento styčník, v místě minimálního působení vnitřních sil (ohybového momentu). Rámová ztužidla přenášející normálové síly i ohybové momenty jsou oproti příhradovým masivnější. Užívají se hlavně tam, kde z dispozičních důvodů není možný jiný způsob zavětrování

Prostorová tuhost ocelových konstrukcí

Nosné konstrukce vícepodlažních ocelových skeletů přenášejí zatížení působící ve svislém směru (vlastní váha, ostatní stálé zatížení, nahodilé užité zatížení) a ve vodorovném směru (vítr, technická nebo přírodní seismická, technologická zatížení).

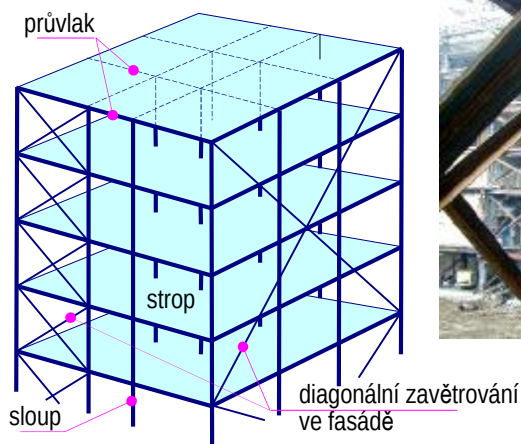
V současné době se ocelové skelety navrhují:

- § s kloubovými přípoji styčnicků a s příhradovými ztužidly,
- § s rámovými styčníky,
- § s kloubovými styčníky a betonovým výztužným jádrem.

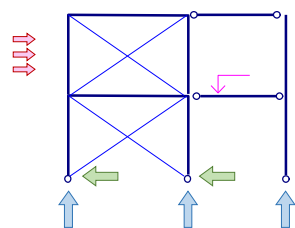
U novostavby je volba ztužujícího systému součástí koncepce návrhu. Při rozmístění ztužidel se vychází z požadavků statických (symetrie uspořádání, zajištění tuhosti ve dvou kolmých směrech, dimenze profilů s ohledem na přenášení tahových nebo i tlakových sil v diagonálách). Pravidelný tvar ztužidel je často narušen požadavky na dveřní, okenní nebo technologické prostory, které však snižovat účinnost ztužidel.



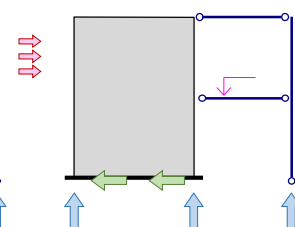
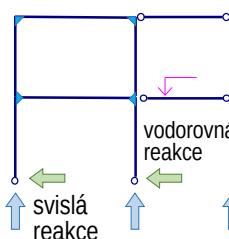
Kovy, zejména ocel, jsou vhodným materiálem pro vodorovné i svislé nosné prvky skeletu. Mají značnou únosnost v tlaku i tahu. Pro obvyklé rozpány stropů 6, 7,5 m lze využít válcované profily tvaru I nebo L, případně prvky spřažené II, □. Použití oceli zrychluje stavění díky vyloučení technologických přestávek (charakteristických pro monolitický beton). Nevýhodou jsou malé momenty setrvačnosti sloupů, tedy nízký odpor systému vůči vodorovnému a excentrickým zatížením. U vícepodlažních konstrukcí je třeba sloupy spřahovat (průvlaky do rámu či diagonálními ztužidly).



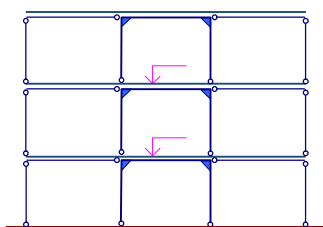
svislé ztužující stěny:
příhradové,
rámové, deskové



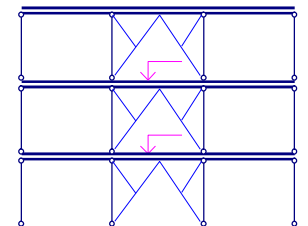
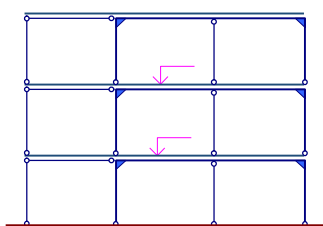
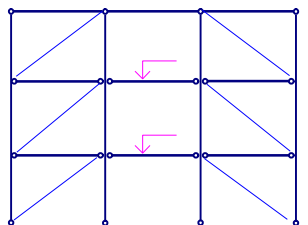
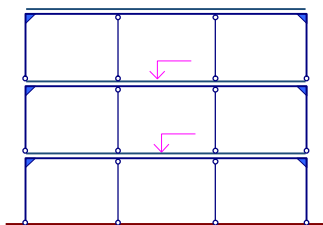
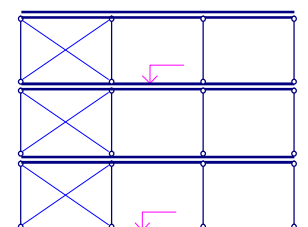
zatížení



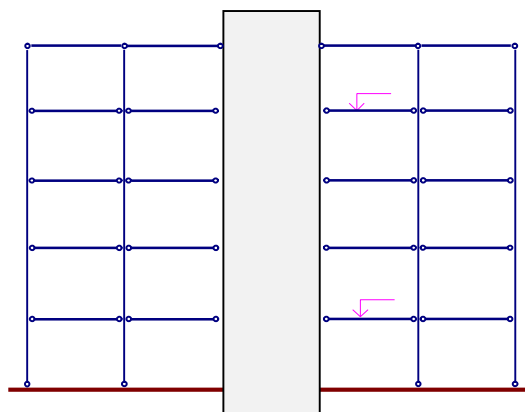
rám s kombinací tu-
hých a kloubových
styčniců



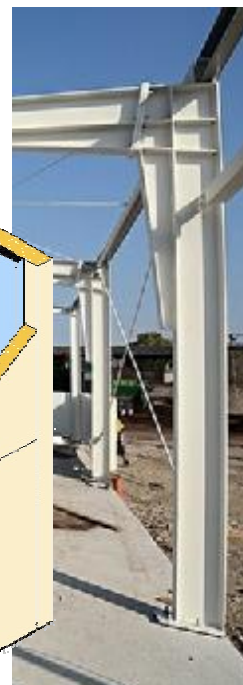
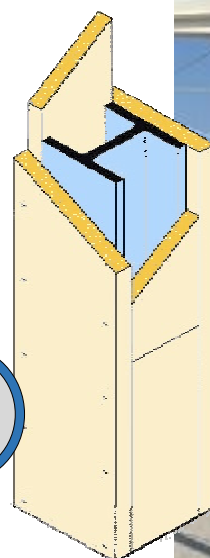
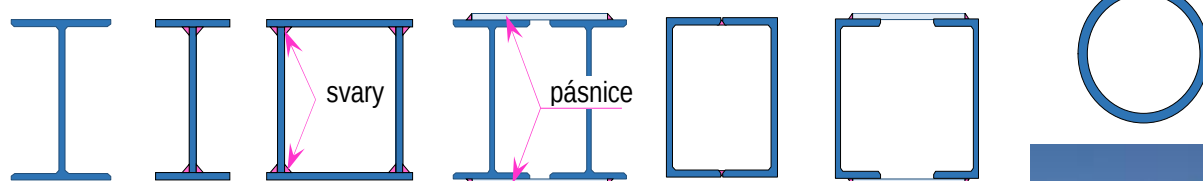
rám s kloubovými
styčnicemi a diagonál-
ními ztužidly



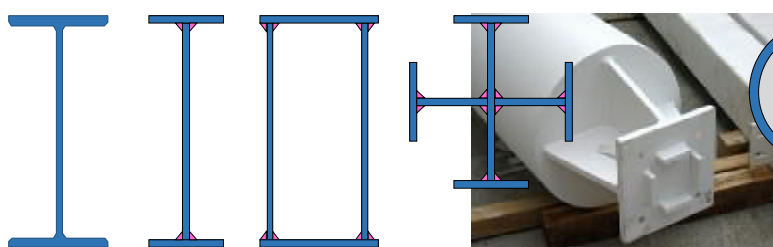
ztužení konstrukce betonovým jádrem



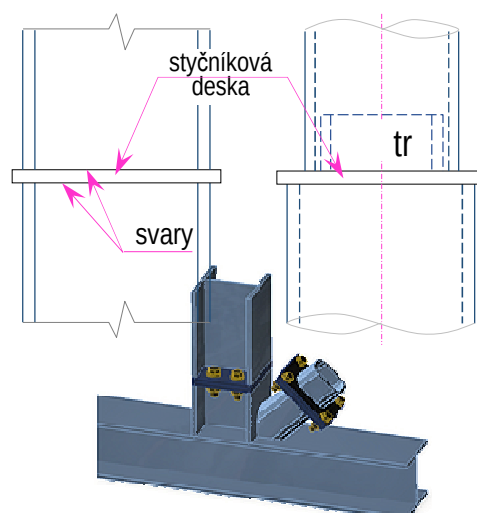
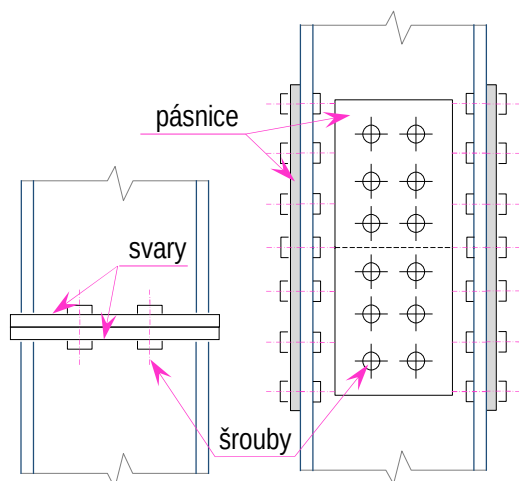
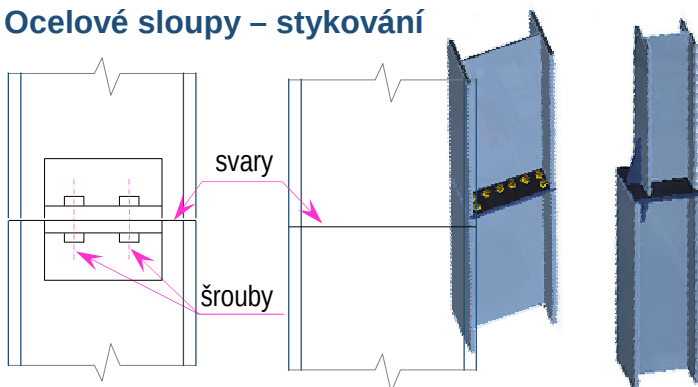
Ocelové sloupy – užívané průřezy vhodné pro skeletové konstrukce



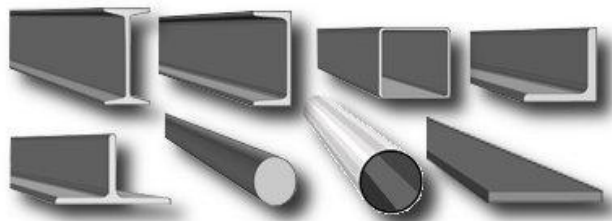
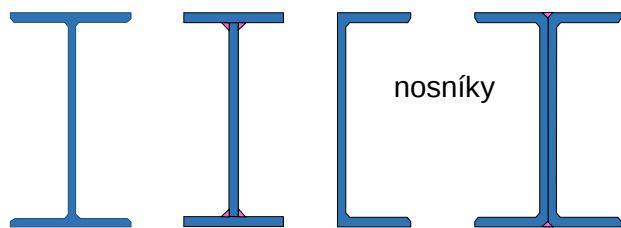
Ocelové sloupy namáhané ohybem



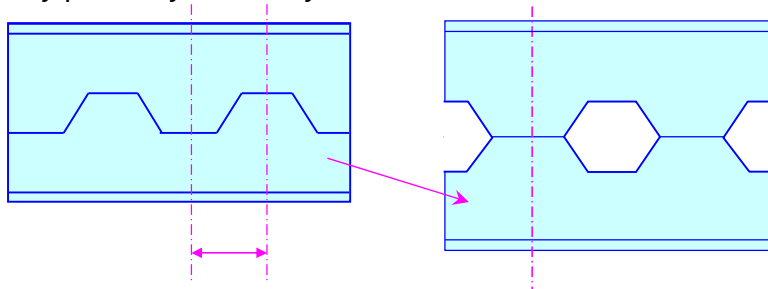
Ocelové sloupy – stykování



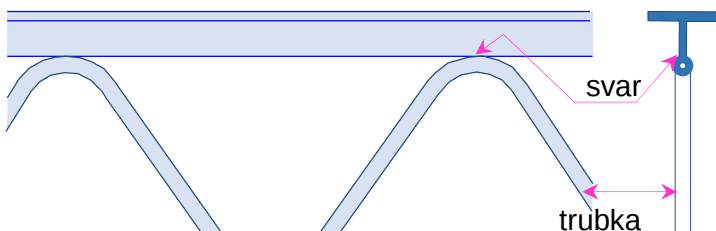
Profily průvlaků a stropních nosníků v ocelových skeletech



plnostěnný nosník s prolamovanou stojinou – menší rozpory 6, 9 m, větší zatížení, ocelový nosník - rozřezaný, o 1/2 vlny posunutý a svařený

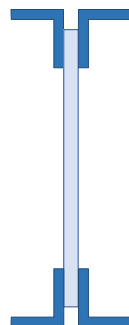
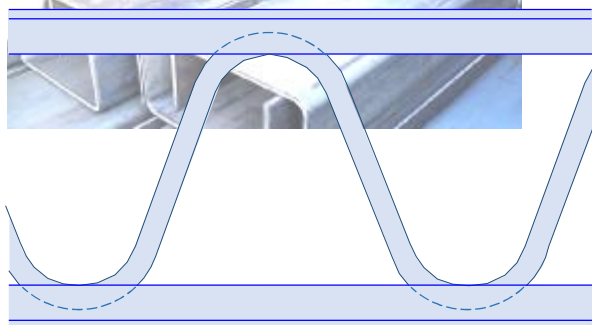


stropní nosníky příhradové

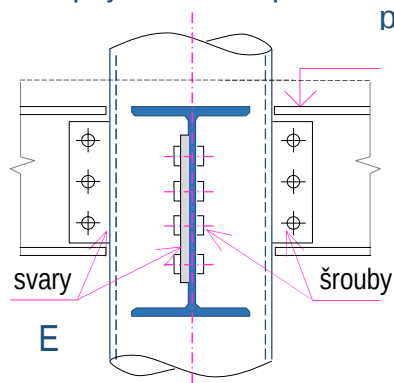


+
větší účinná výška
vylehčený profil
jednoduchá výroba
možnost průchodu horizontálních instalací

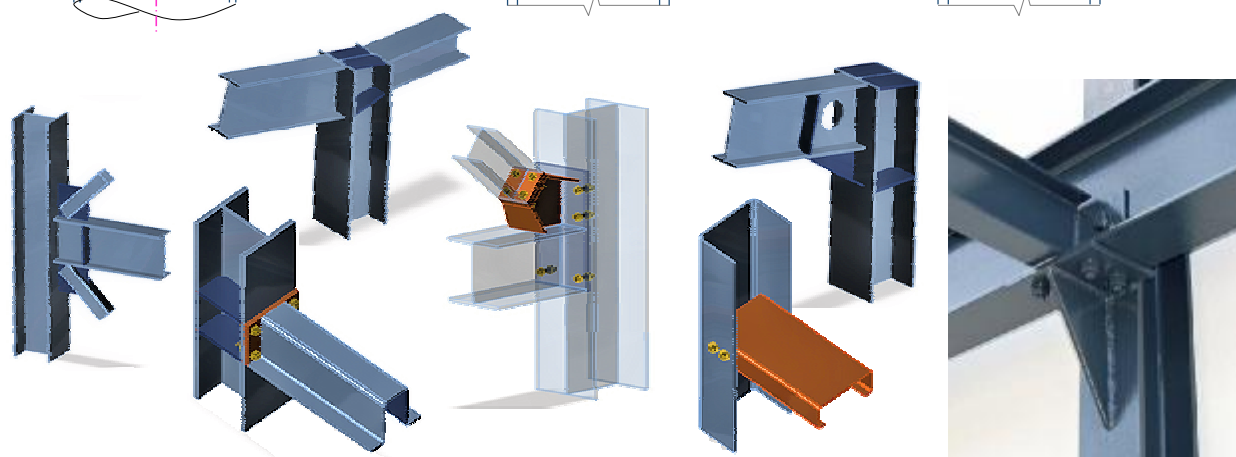
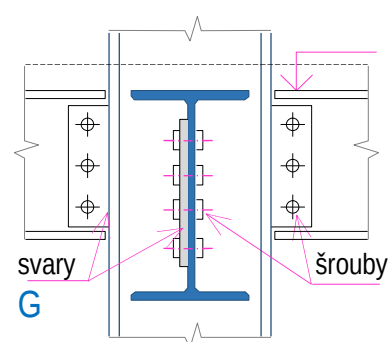
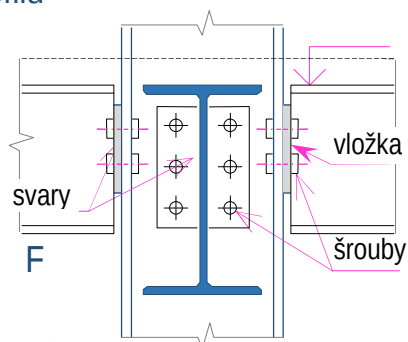
-
nesnadná protipožární a protikorozeční ochrana



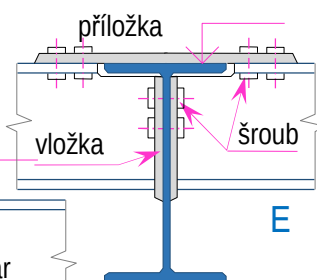
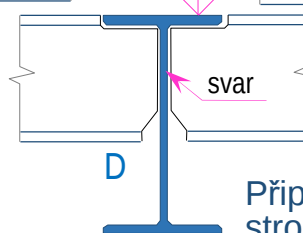
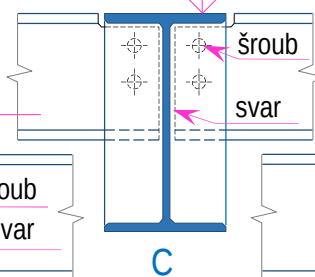
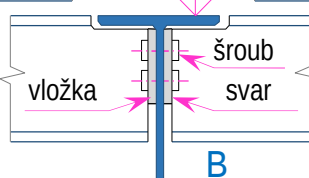
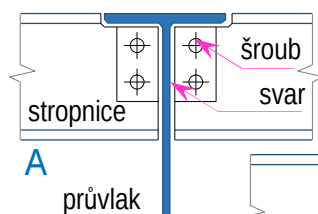
Připojení na sloup uzavřeného profilu



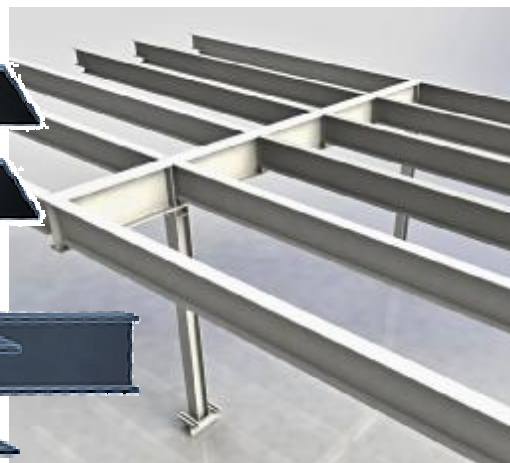
Připojení průvlaku a stropnic ke sloupu

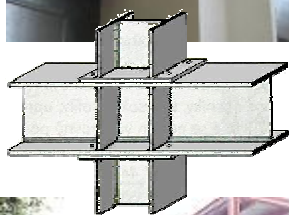


Připojení stropnic na průvlaky

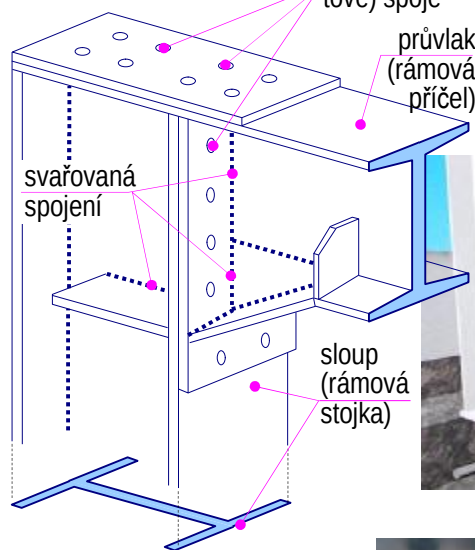


Připojení spojitých stropnic na průvlaky





stýčník ocelového rámu (příklad řešení)

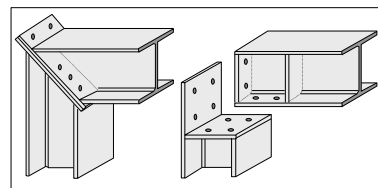


šroubové (nýtové) spoje

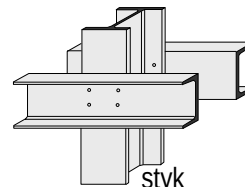
průvlak (rámová příčel)

svařovaná spojení

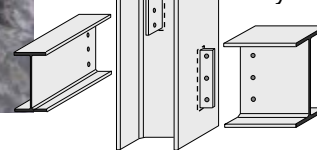
sloup (rámová stojka)



kotvení sloupu



styk sloupů s průvlakem



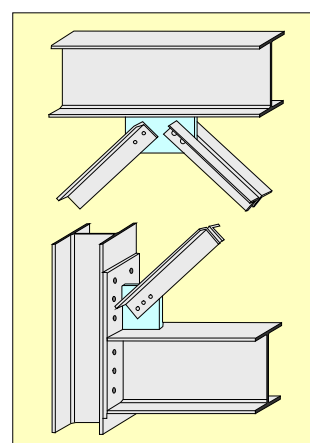
styk sloupu s průvlakem



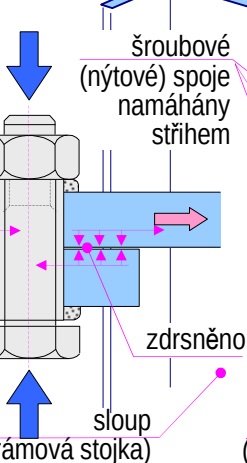
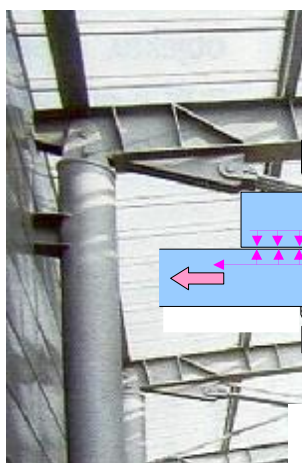
stýčník ocelového rámu diagonálním výztužným prvkem



diagonála (táhlo)



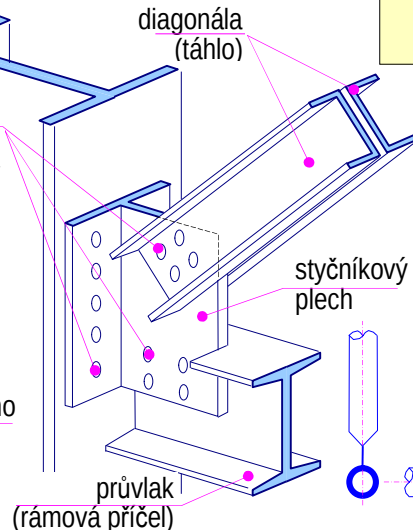
trubkové konstrukce



šroubové (nýtové) spoje namáhány stříhem

zdrsněno

sloup (rámová stojka)



stýčníkový plech

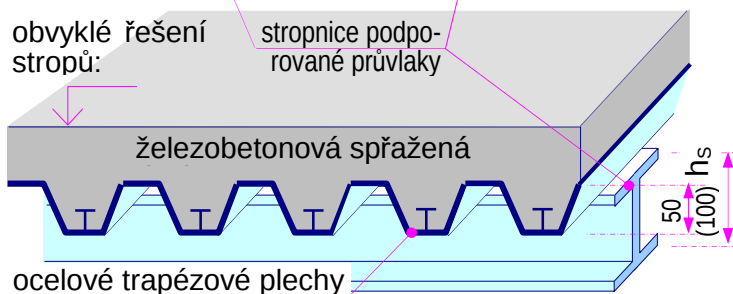
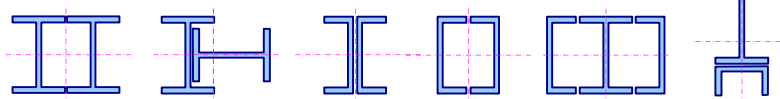
průvlak (rámová příčel)



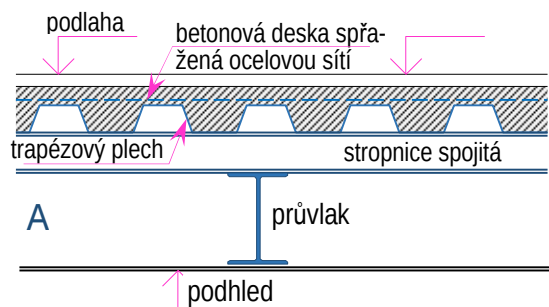


protipožární nástřik ocelových prvků

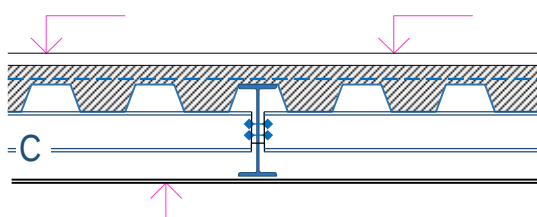
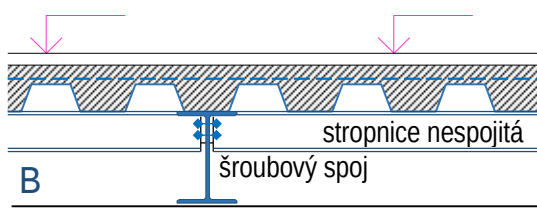
ukázky variant spřažení profilů např. tvaru I a [



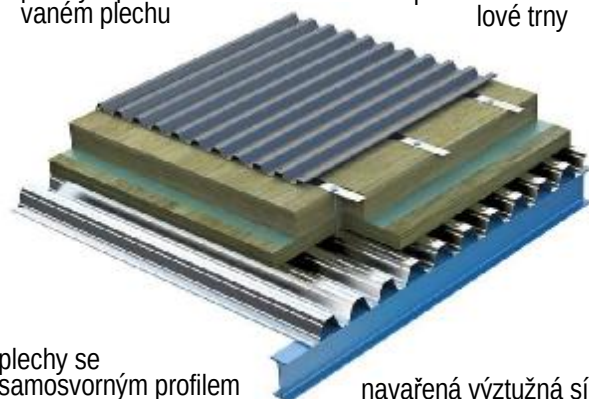
varianty výškové polohy stropnic



výška stropu



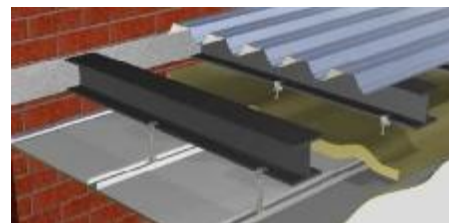
možnosti spřažení plechu s betonem



plechy se samosvorným profilem

navařená výztužná síť

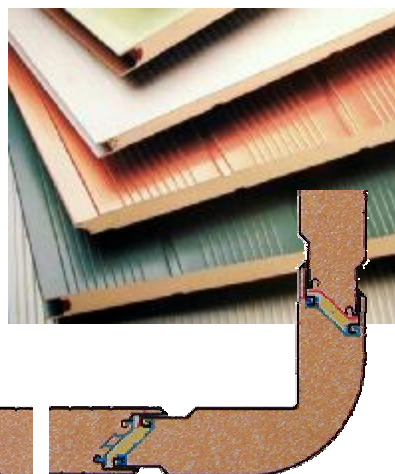
problém sváření plamenem na tenkém plechu





tvárnice
Ytong

samonosné tepelně izolační střešní a stěnové panely Elcom z profilovaného pozink. ocelového plechu válcovaného za studena, tl. 0,5 mm, výplň: tepelná izolace z pěny tvořené samozhášivou polyuretanovou pryskyřicí 40 kg/m³; tloušťka panelů 25-30-35-40-50 mm



příklady opláštění
ocelového skeletu

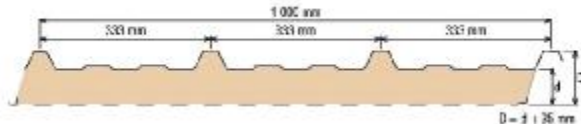


zasklené
fasády



Sendvičové panely

s kovovými krycími plechy a s tuhými polyuretanovými jádry, stále více nahrazují vícedílné vestavěné obkládové i střešní systémy montované na objekty hal. Vykazují vysokou úroveň pevnosti v tlaku a ve smyku, minimální změny tepelné vodivosti izolantu během životnosti. Smíšením polyuretanu s přísadami lze dosáhnout požárního standardu požadovaného národními předpisy.

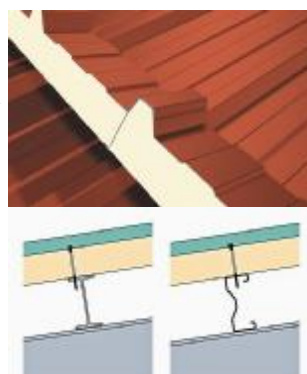
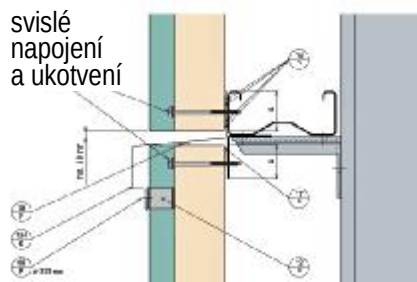


Rozměry a hmotnost panelů KS 1000 RW (IPN nebo PUR)

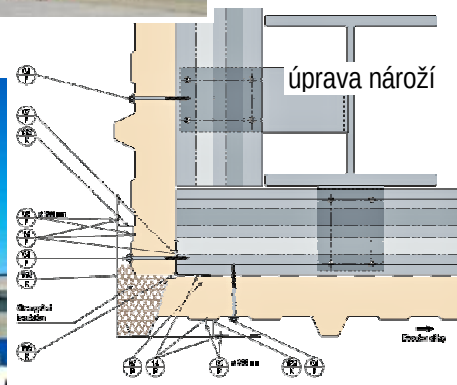
tloušťka jádra d (mm)	25	40	50	60	80	100	120	160
celková tloušťka D (mm)	60	75	85	95	115	135	155	195
hmotnost (kg/m ²)	9,3	9,9	10,3	10,7	11,5	12,3	13,1	14,7

Standardní délka panelu je od 2,0 do 14,5 m. Vyžaduje-li projekt napojení panelů ve spádu střechy, panely se osazují s překrytím. Všechny RW panely mají z výroby minimální separovaný podřez 20 mm s odstraněnou izolací. Lze i další délky podřezu v rozmezí 50-350 mm.

svislé
napojení
a ukotvení

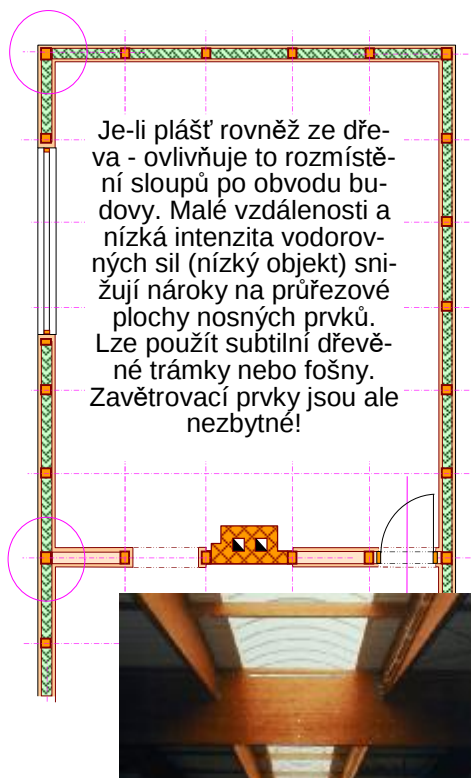


KS 1000 RW - nejpoužívanější opláštění stěn skeletů i hal. Jádro z tuhého polyuretanu, povrch chrání trapézový plech. Přiznaný spoj upevňování, vhodný pro případnou další manipulaci. Pro sklon střechy větší než 4° (7%).



DŘEVĚNÉ SLOUPOVÉ SYSTÉMY

Dřevo je konstrukční materiál mající pevnost v tlaku a tahu téměř stejnou, rovnající se přibližně tlakové odolnosti betonu. Jako takové je vhodné pro sloupové systémy. Nevýhodou je hořlavost, což jeho využití dotčeným způsobem redukuje na jedno- až dvoupodlažní objekty. Existují podlažní dřevěné stavby i vyšší.



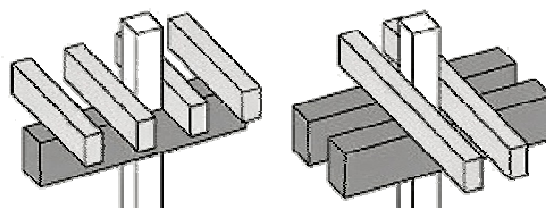
Těžké dřevěné skelety

Zabezpečení tuhosti těchto soustav ve vodorovném směru může být zajištěno pomocí tuhých smykových stěn, příhradovým ztužením mezi sloupy nebo vytvořením ohybově tuhých rámových vazeb a kombinacemi uvedených ztužidel. Velkou snahou je uvolnit maximálně půdorysnou dispozici.

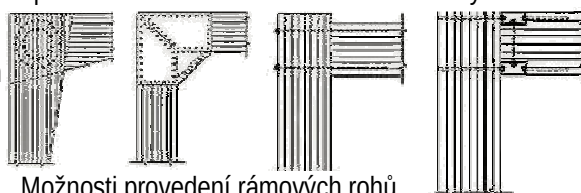
Míra vodorovné tuhosti rámových vazeb a také jejich únosnost závisí na ohybové tuhosti použitého styčníku. Obecně se všechny navrhované systémy chovají jako polotuhé. Na stykání sloupů a příčlů se často používají ocelové prvky, vzhledem k vysoké koncentraci sil v různých směrech. Styk ocelových prvků se dřevem se provádí pomocí speciálních vrutů resp. svorníků nebo se využívají adheziva vysokých únosností, jako jsou např. epoxidové a polyuretanové pryskyřice. Jsou rovněž kombinovány vlepěné prvky s prvky šroubovanými na montáži.

Další možností je využití hybridní konstrukce, kdy je např. sloup ocelový nebo železobetonový a k němu jsou polotuhým stykem připojeny dřevěné průvlaky.

Dřívější skeletové soustavy využívaly jen délky rostlého řeziva. Nynější jsou z lepených lamelových profilů, pruty lze stykovat i po délce a tak je k dispozici více konstrukčních možností, než při použití rostlého řeziva.

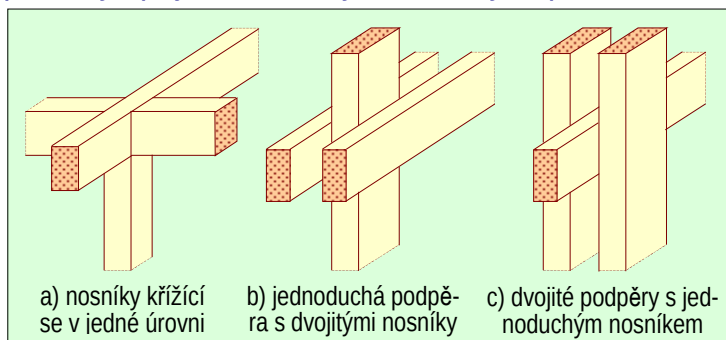


Uspořádání konstrukčních soustav současných TDS

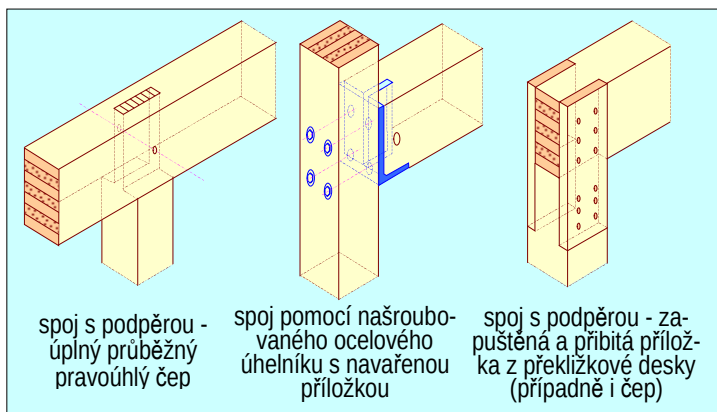
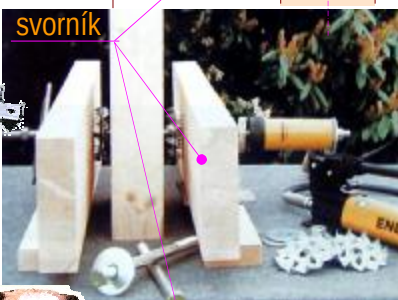
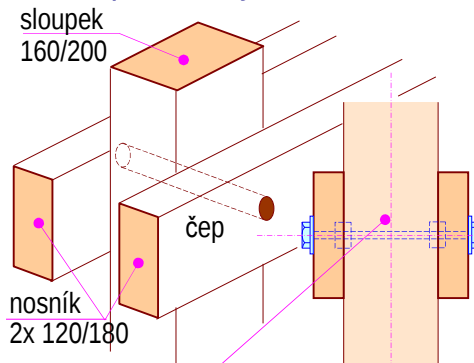
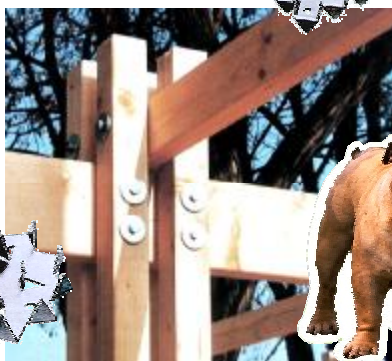


Možnosti provedení rámových rohů

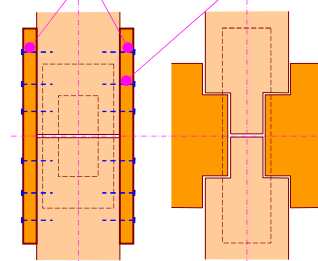
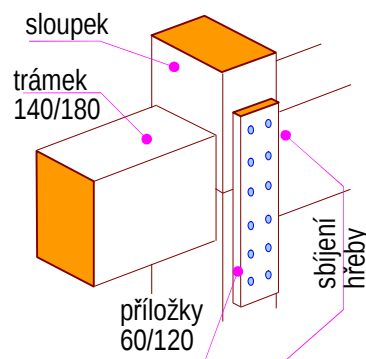
příklady spojů vodorovných a svislých prvků dřevěného sloupového systému



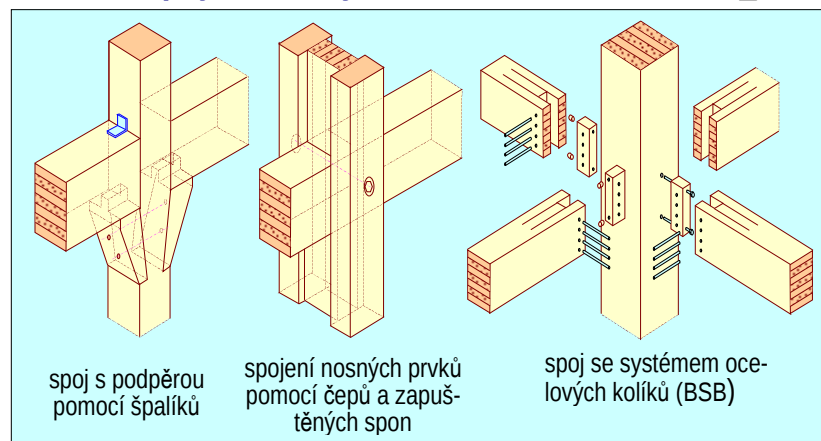
d) nosníky křížící se mimoběžně (ve 2 rovinách)



použito příkladů z publikace: Stavební konstrukce I, D. Neumann, U. Weinbrenner, U. Hestermann, L. Rogen; naklad. JAGA Bratislava 2005, 33. vydání

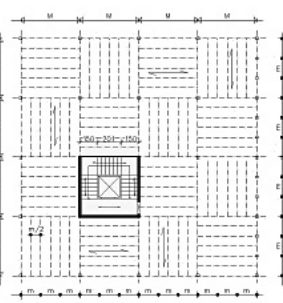


uzlové spoje dřevěných skeletů

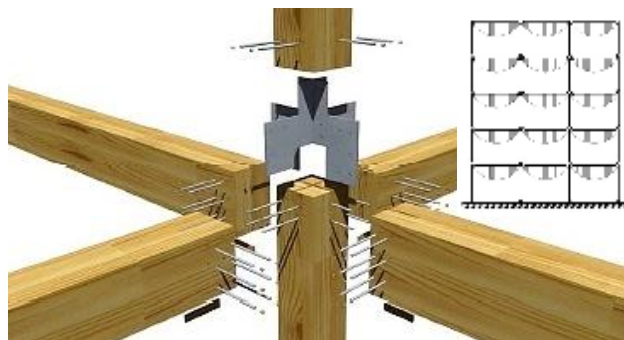




Objekt využívající kombinovaný systém dřevěného skeletu z masivních lepených desek je vnitřně ztužený železobetonovým jádrem, funkčně využitým jako vertikální komunikace. Šachovnicové uspořádání různě orientovaných stropních trámů zajišťuje rovnoměrné zatížení všech průvlaků v polích. Jedná se o 9-podlažní bytový dům v Londýně - Hackney, o výšce asi 30 m. Byl postaven v r. 2008.

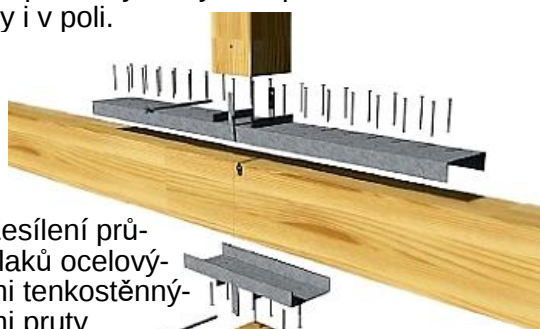


Stýčnick je konstruován svařovanou ocelovou deskou v tl. 8-10 mm, osazenou do vyfrézovaných drážek ve zhlaví sloupu a průvlaků. Spojeno kloubově ocelovými kolíky do otvorů v dřevěných prvcích. Ohybové momenty v příčlích jako u prostého nosníku a prostorovou tuhost je zabezpečují vložené smykové stěny, diagonály nebo tuhé, železobetonové jádro.



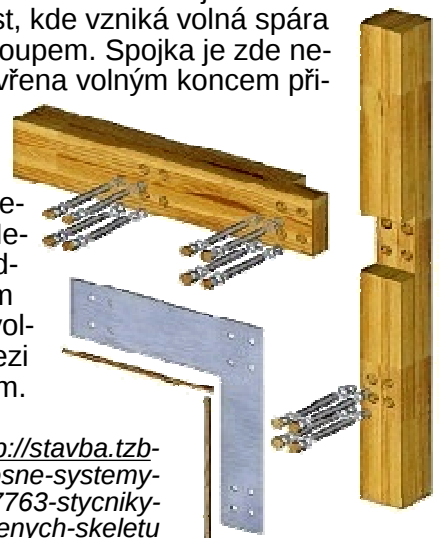
Rámy z lepeného lamelového případně rostlého dřeva nepřesahují rozpětí 6 m, při vzdálenosti ráků do 4,8 m, pro celkové návrhové zatížení 3-5 kN/m² a výšku do 5 podlaží. Pro rozpětí průvlaků do 6 m a vzdálenosti ráků od 3 do 6 m, při použití lepeného lamelového dřeva vyhovují průřezy sloupů většinou pod 200/200 mm a průřezy průvlaků mezi 180/280 až 200/320 mm. Při aplikaci rostlého dřeva SI nebo KVH jsou průřezy cca o 10% větší.

Snaha o hospodárnější návrh nosné konstrukce vede k nahrazení prostých nosníků v rámové konstrukci nosníky spojitými. Průvlaky probíhají nad sloupy a jsou stykovány cca v 1/4 rozpětí, aby se využilo průvlaků nad sloupy i v poli.

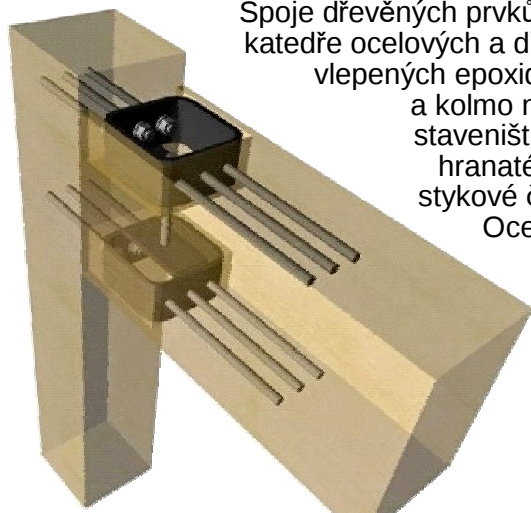


Zesílení průvlaků ocelovými tenkostěnnými pruty (průřezu U) na jejich horní straně nad sloupy výrazně zvyšuje únosnost, zmenšuje průhyby a zároveň zajišťuje přenášení normálových sil z horních sloupů. Pro přenášení sil do dolních sloupů jsou navrženy krátké ocelové prvky na spodní straně průvlaků. Reálnost návrhu je závislá na požární ochraně ocelových prvků stýčníků.

Tuhý stýčnick mezi sloupem a příclí, tedy patrový rám, který staví dřevo naroveň betonu a oceli i u vícepodlažních budov. Spojka z plochého materiálu ve tvaru L, T nebo kříže. Vytváří s příclí i se sloupem na obou stranách svébytné prvky. Tuhost spojky zajišťuje, že se oba prvky vůči sobě nepootočí, resp. při deformaci soustavy vykáží pootočení shodné. Připojení svorníkem vykazovalo ve srovnání s lepeným jen 80% tuhost. Nejslabším místem smyku je oblast, kde vzniká volná spára mezi příclí a sloupem. Spojka je zde nedostatečně sevřena volným koncem připojovaného prvku, a dochází k vybočení jejího tláčeného okraje. Nedostatek lze odstranit přidáním svorníku pod volnou spárou mezi příclí a sloupem.

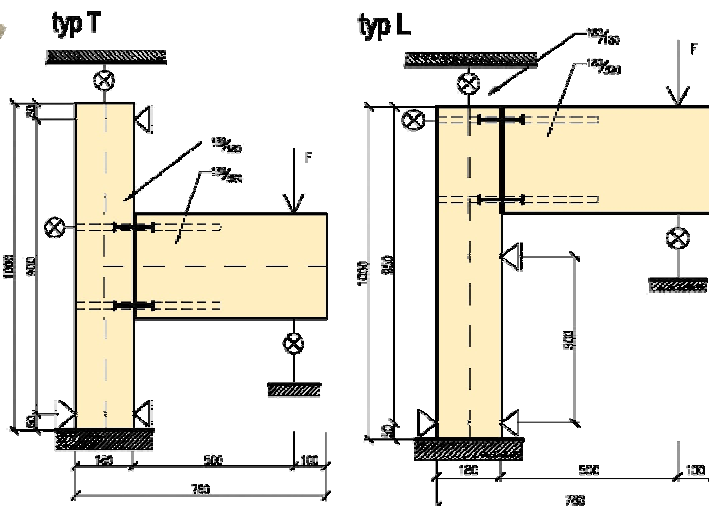


Zdroj: <http://stavba.tzb-info.cz/nosne-systemy-drevostaveb/7763-stycniky-tezkych-drevenych-skeletu>



Spoje dřevěných prvků, které jsou vyvíjeny na Stavební fakultě ČVUT v Praze, katedře ocelových a dřevěných konstrukcí, využívají ocelových závitových tyčí vlepených epoxidovou pryskyřicí do konců prvků rovnoběžně s vlákny a kolmo na vlákna do sloupů z lepeného řeziva. Tyto tyče jsou na staveništi připojeny šroubováním do spojovacího prvku z ocelové hranaté trubky s přivařenou výztuhou. Pracnost a cena ocelové stykové části je obdobná jako u styku běžné ocelové konstrukce. Ocelová styková část je kryta dřevem a nevykazuje výrazné snížení protipožární odolnosti.

Přípoj dřevěného sloupu nosného trámu k základové patce je tvořen opět závitovými tyčemi vlepenými do sloupu rovnoběžně s vlákny a na staveništi může být přišroubován k ocelové patce, nebo osazen do betonové patky. Ohybově velmi tuhý spoj vzniká připojením dřevěné příčle k ocelovému sloupu z válcovaných profilů.



www.konstrukce.cz/clanek/tezke-drevene-skelety-a-jejich-navrhovani-v-souladu-s-csn-en-1995-1-1/#t1

Spojení trámů pomocí **ocelových styčníků** a svorníků usnadňuje pozdější výměnu prvků



rozhledna na Sedle u Sušice



Speciální lešeňový stavebnicový systém SSBS

Z dřevěných elementů sestavené rámy mohou tvořit nosné části podlah, stěn a stropů. Spojení tvoří jednoduché kovové spojky. Montáž jako u lešení. Další kovové komplety zajišťují předepnutí, zavětrování i rektifikovatelné založení dřevěných ráků:



Ateliér v zahradě Hoffman, Rajniš Architekti 2004



výstavba **Nové poštovny** Sněžka, ČR Hoffman, Rajniš Architekti 2007. Experiment Anežka; systém nosných dřevěných lešeňových ráků SSBS - proměnlivý 4-vrstvý

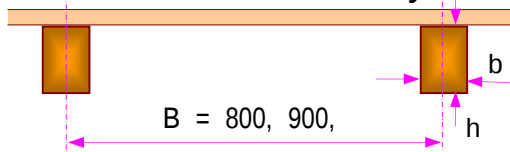


TRADIČNÍ DŘEVOSTAVBY KOSTROVÉHO TYPU

tesařsky vázané a fošnové, sbíjené



VÝPOČET STROPNIC - trámy:



$$h = 150 + (0,001 L_n - 3) \cdot 40$$

L_n světlost traktu (rozpon trámů)

$h_{\max} = 250 \text{ mm}$

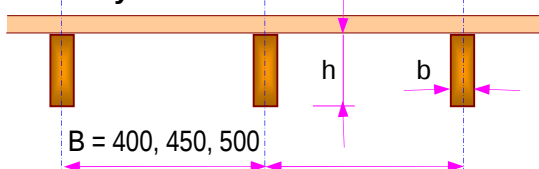
Při vypočítaném $h_v > 250$ nezbyváá než zmenšit B (vzdálenost trámů) následujícím způsobem:

h_v [mm]	B [mm]	h návrhu	b
260	900	250	2/3 h (£ 180 mm)
270	800		
280	700		

trámová konstrukce
s prkenným záklopem



- fošny:



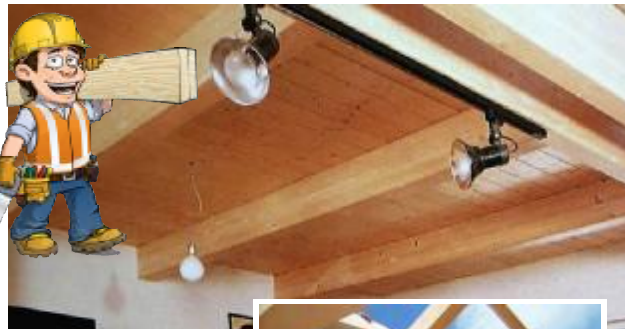
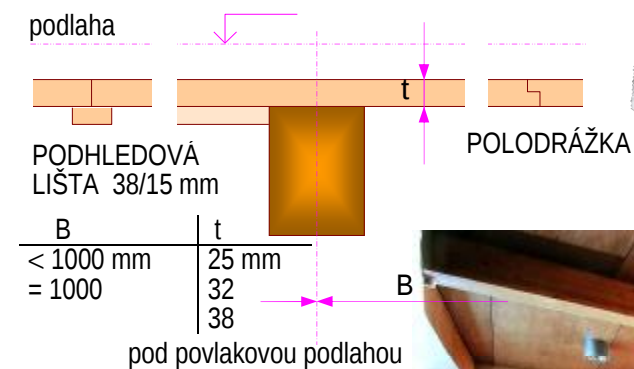
$$h = 0,04 L_n + 50 \text{ [mm]}$$

pro zachování $h_{\max} = 250$ je nutno při vypočítaném $h_v > 250 \text{ mm}$ fošny zdvojit b = 50 - 60 mm

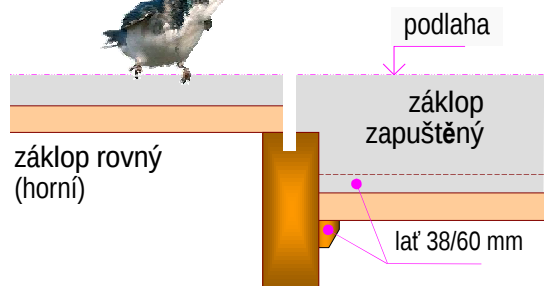
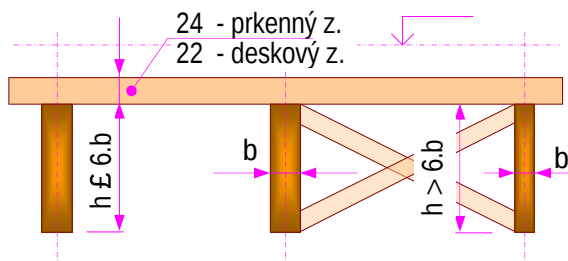
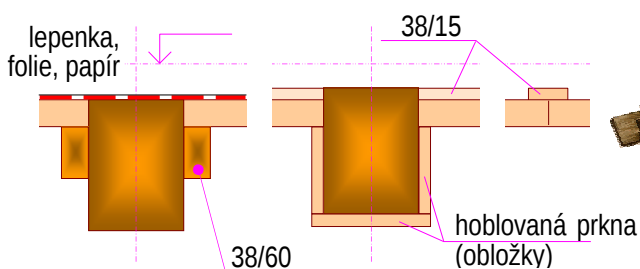


Záklop stropu s viditelným podhledem : tesařsky vázané prvky

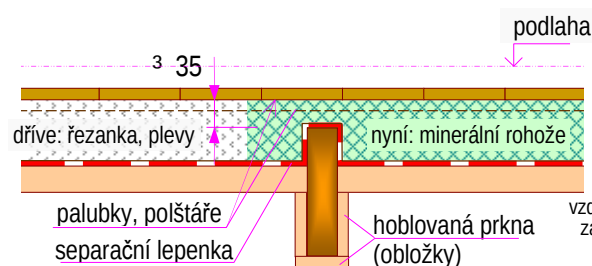
záklop rovný (horní)



zapuštěný záklop



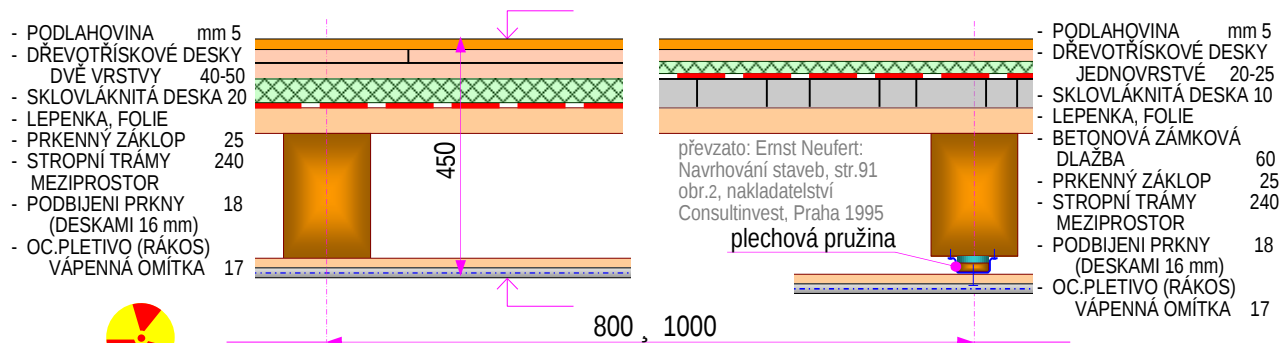
stropní trámy s
podbíjením



plovoucí podlaha
OSB deska
akustická podložka
tepelná izolace, min.rohož
OSB deska



Strop s rovným podhledem: strop mezi akusticky izolovanými prostory (dva příklady z mnoha) :

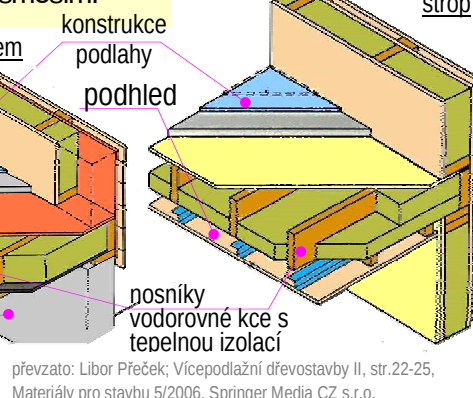


V dřevostavbách je dobré se vyhýbat technologiím s tzv. mokkými procesy (ohrožení dřevomorkou), škvárovým výstelkám, elektrárenským popílkům (chemické a radioaktivní znečištění) ale i pískům a podobným směsím.

zateplování meziprostoru v dřevěném trámkovém stropu



deska nad terénem



Použité prameny a doporučená literatura:

- § prof.Ing. Petr Hájek, CSc. a kol. **Konstrukce pozemních staveb 10** Nosné konstrukce I, skriptum FSv ČVUT – 2002
- § D.Neumann, U.Weinbrenner, U.Hestermann, L.Rogen: **Stavební konstrukce I**, nakladatelství JAGA Bratislava 2005, 33.vydání
- § Ing.Jan Kalousek, CSc, Ing.Karel Lorenz, CSc. **Konstrukční systémy II** FA ČVUT, 1981
- § Lýdia Horniaková a kolektiv: **Konstruktívne pozemných stavieb**, Alfa vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, Bratislava, SNTL nakladatelství technické literatury Praha – 1988
- § <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/konstrukce-a-prvky/ocelove-konstrukce/ocelove-konstrukce-materialy-aprostorova-tuhost>
- § <http://stavba.tzb-info.cz/nosne-systemy-drevostaveb/7763-styčníky-tezkých-drevených-skeletu>
- § <http://www.konstrukce.cz/clanek/tezke-drevene-skelety-a-jejich-navrhovani-v-souladu-s-csn-en-1995-1-1/#1>

Fotografie a jiná grafika:

- § katalogové podklady a webové stránky řady domácích a zahraničních firem ...
- § časopisy **Stavba** a **Materiály pro stavbu**, Springer Media CZ, 1998-2007



základní teze této přednášky jsou ke stažení na webových stránkách ústavu Stavitelství I na adrese: <http://15123.fa.cvut.cz>

REKAPITULACE - dělení sloupových a pilířových konstrukčních systémů podlažních budov podle užitého materiálu a technologie výroby :				
		výhody		nevýhody
zděné		malá technologická náročnost stabilní, únosné na vzpěr možnost vyztužení i příčkami ze stejného materiálu jako svislé nosné konstrukce		menší únosnost v tlaku, nulová v tahu hůře odolává excentrické a vodorovné zátěži velké profily pilířů velmi vysoká pracnost konstrukcí
železobetonové	monolitické	celistvost najednou betonovaných částí variabilita umístění sloupů i průřezů přizpůsobitelné funkčním i statickým požadavkům vysoká tuhost styčníků redistribuce vnitřních sil		bednění a armovací práce na stavbě ještě značná stavební pracnost
	montované	zjednodušení výroby, skladu a dopravy konstrukce snížení stavební pracnosti umístění styků v minimálně namáhaných částech prodloužení stavební sezóny		členitost postupně montované konstrukce, komplikovaný tvar prvků, složité spojování potřeba výrobních, dopravních a zdvihacích prostředků, ničení komunikací
	prefamolitické	současné využití výhod a potlačení nevýhod zmíněných systémů v jedné konstrukci		obtížnost spojování monolitického a prefabrikovaného betonu – úpravy stykových ploch
malé momenty setrvačnosti průřezových modulů, nezbytnost konstrukčních úprav proti vodorovnému namáhání – rámy, diagonály, vyztužené stěny, jádra				
kovové		vysoká únosnost v tahu, tlaku, ohybu nízká stavební pracnost, vysoká rychlost stavění minimální půdorysné rozměry snadné spojování dílčích profilů v kombinované jednoduché styky a spojování prvků (svar, šroub, nýt)		malá ohybová tuhost, vodorovné deformace větrem nízká tuhost rámových styčníků malá požární odolnost: rychlá ztráta únosnosti za vyšších teplot destrukce prvků korozí
dřevěné		pevnost v tlaku a tahu jako žel.beton stejný materiál pro svislé i vodorovné konstrukce snadná opracovatelnost dřeva uplatnitelnost subtilních profilů hraněného řeziva obnovitelnost konstrukčního materiálu		obtížné zajištění potřebné tuhosti spojů jen pro 1 , 2 podlažní výstavbu značná hořlavost konstrukcí destrukce prvků biologickou korozí nižší ekonomická životnost
kombinované		současné využití výhod a potlačení nevýhod zmíněných systémů v jedné konstrukci		komplikovanost propojení různých technologií provádění a styků odlišných materiálových bází obtížné sladění stavebně fyzikálních, statických či bezpečnostních parametrů

