

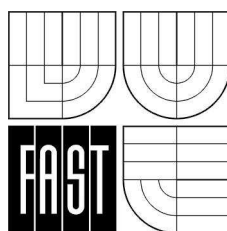
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

DOC. ING. BOHUMIL STRAKA, CSc.
ING. KAREL SÝKORA

DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE

MODUL BO03 – M04

DŘEVĚNÉ PLNOSTĚNNÉ A PŘÍHRADOVÉ KONSTRUKCE



STUDIJNÍ OPORY
PRO STUDIJNÍ PROGRAMY S KOMBINOVANOU FORMOU STUDIA

Jazyková korektura nebyla provedena, za jazykovou stránku odpovídají autoři

© Doc. Ing. Bohumil Straka, CSc., Ing. Karel Sýkora.

OBSAH

1 Úvod	5
1.1 Cíle	5
1.2 Požadované znalosti	5
1.3 Doba potřebná ke studiu	5
1.4 Klíčová slova	6
2 Prostorová skladba plnostěnných a příhradových konstrukcí	7
2.1 Prostorová skladba střešních konstrukcí	7
2.2 Prostorová skladba rámových konstrukcí.....	10
2.3 Prostorová skladba obloukových konstrukcí.....	13
3 Dřevěné plnostěnné konstrukce	17
3.1 Dřevěné plnostěnné vazníky a nosníky	17
3.2 Dřevěné plnostěnné rámy	20
3.3 Dřevěné plnostěnné oblouky	25
4 Dřevěné příhradové konstrukce	28
4.1 Dřevěné příhradové nosníky a vazníky	30
4.2 Dřevěné příhradové rámy	44
4.3 Dřevěné příhradové oblouky	46
5 Kontrolní otázky	48
6 Studijní prameny	49
6.1 Použitá literatura.....	49
6.2 Doplnková studijní literatura.....	49
6.3 Odkazy na další studijní zdroje a prameny.....	49

1 Úvod

1.1 Cíle

Cílem tohoto modulu je **získat přehled** o základních typech dřevěných konstrukcí s rovinnými příčnými vazbami (dílci), jejich **prostorové skladbě, konstrukčním řešení a zásadách navrhování**.



Kapitola „Prostorová skladba dřevěných plnostěnných a příhradových konstrukcí“ obsahuje zásadní informace o **prostorovém uspořádání** nosných soustav s rovinnými příčnými vazbami plnostěnného a příhradového typu. Cílem je poukázat na to, že každá konstrukce musí být vytvořena jako prostorový systém, který je schopen přenášet všechny účinky zatížení působícího obecně v prostoru až do podpor.

Kapitola „Dřevěné plnostěnné konstrukce“ obsahuje **hlavní typy plnostěnných nosníků, rámu a oblouků** používaných v oboru dřevěných konstrukcí a jejich charakteristiku. Nastudováním této kapitoly získá student základní představu o problematice navrhování dřevěných rovinných konstrukcí a dílců plnostěnného typu.

Kapitola „Dřevěné příhradové konstrukce“ je zaměřena k rovinným prutovým soustavám. Podrobněji je pojednáno o **zásadách navrhování a konstrukčního řešení příhradových nosníků, rámu a oblouků**, které se v praxi vyskytují nejčastěji i nových typů těchto konstrukcí.

Záměrem autorů bylo zpracovat text modulu tak, aby bylo možné využít poznatky získané nastudováním problematiky nejen **při výuce** předmětu „Dřevěné konstrukce“, ale také v rámci diplomových seminářů, projektů a při **vypracovávání témat diplomových prací**.

1.2 Požadované znalosti

Modul „Dřevěné plnostěnné a příhradové konstrukce“ navazuje na **předcházející modul B01**, který obsahuje vlastnosti dřeva z hlediska navrhování stavebních konstrukcí, modul **B02** obsahující zásady ověřování únosnosti a použitelnosti dřevěných prvků a modul **B03**, který je zaměřen k problematice spojů dřevěných konstrukcí. Ke zvládnutí a pochopení problematiky obsažené v tomto modulu je třeba mít odpovídající znalosti zejména ze **stavební mechaniky a konstrukcí pozemních staveb**.



1.3 Doba potřebná ke studiu

Celková optimální doba pro studium je velmi individuální a závisí zejména na intenzivnosti studia a soustředěnosti studujícího na obsah textu. U kapitoly 2 studium zabere 3 až 6 hodin. Prostudování kapitoly 3 se může pohybovat mezi 3 až 5 hodinami.



Celková doba pro prostudování modulu činí asi 7 až 10 hodin. Pokud má být cílem i praktické využití poznatků, tak nejvíce času zabere prostudování příslušných konstrukčních detailů, které je také potřeba samostatně prokreslit.

1.4 Klíčová slova



Kapitola 2:

Prostorová skladba konstrukce; prostorová tuhost konstrukce; výztužný systém; zatížení; příčné ztužidlo; podélné ztužidlo; výztužný prvek; příčná vazba; vazník; rám; oblouk; podpora.

Kapitola 3:

Plnostěnná konstrukce; konstrukční prvek; konstrukční dílec; plnostěnný nosník; vazník; plnostěnný rám; plnostěnný oblouk; ložisko; střešní plášť; vaznice; příčné ztužidlo; podélné ztužidlo; prostorová tuhost; spojovací prvek.

Kapitola 4:

Prutová konstrukce; příhradová konstrukce; styčnick; horní pás; dolní pás; mezi-pásové pruty; styk; spojovací prvek; střešní plášť; příhradový nosník; příhradový vazník; příhradový rám; příhradový oblouk; příhradový sloup; příhradové ztužidlo; prostorová tuhost.

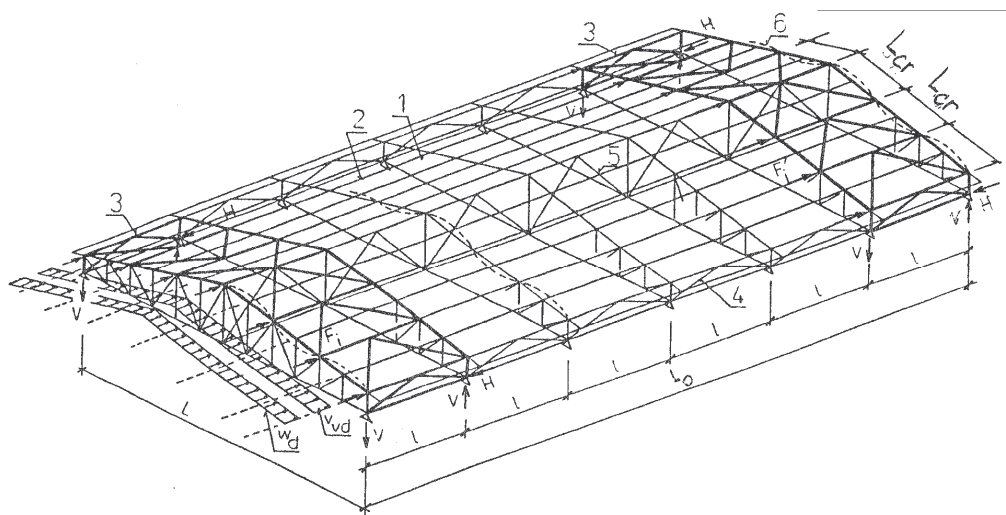
2 Prostorová skladba plnostěnných a příhradových konstrukcí

Základním požadavkem z hlediska navrhování konstrukcí je, že každá konstrukce musí být uspořádána jako **prostorový systém**, tedy jako systém, který je schopen přenášet všechny účinky zatížení působící obecně v prostoru až do podpor. Nosné soustavy (například střešní konstrukce, haly apod.), vytvořené z rovinných konstrukcí (obecně z rovinných příčných vazeb - vazníků, rámu, oblouků) a zabezpečené potřebnými ztužidly, jsou také prostorovými soustavami. Při vyšetřování těchto soustav je možné rozložit uvažovaný typ konstrukce na jednotlivé rovinné konstrukce (konstrukční dílce), které lze řešit samostatně na účinky zatížení působícího v jejich rovině. I při tomto přístupu je však nutné respektovat, že řešená rovinná konstrukce (obvykle příčná vazba soustavy – hlavní nosník, rám nebo oblouk) je součástí celkového prostorového nosného systému. Z toho důvodu je vždy objektivnější vycházet při návrhu z prostorových výpočtových modelů konstrukcí. Výpočtové modely rovinných konstrukcí mohou být ovšem účelně využity zejména pro předběžný návrh konstrukce, podrobnější analýzu konstrukce například při vyšetřování vlivu poddajnosti spojů, podpor, počátečních imperfekcí a v dalších případech.



2.1 Prostorová skladba střešních konstrukcí

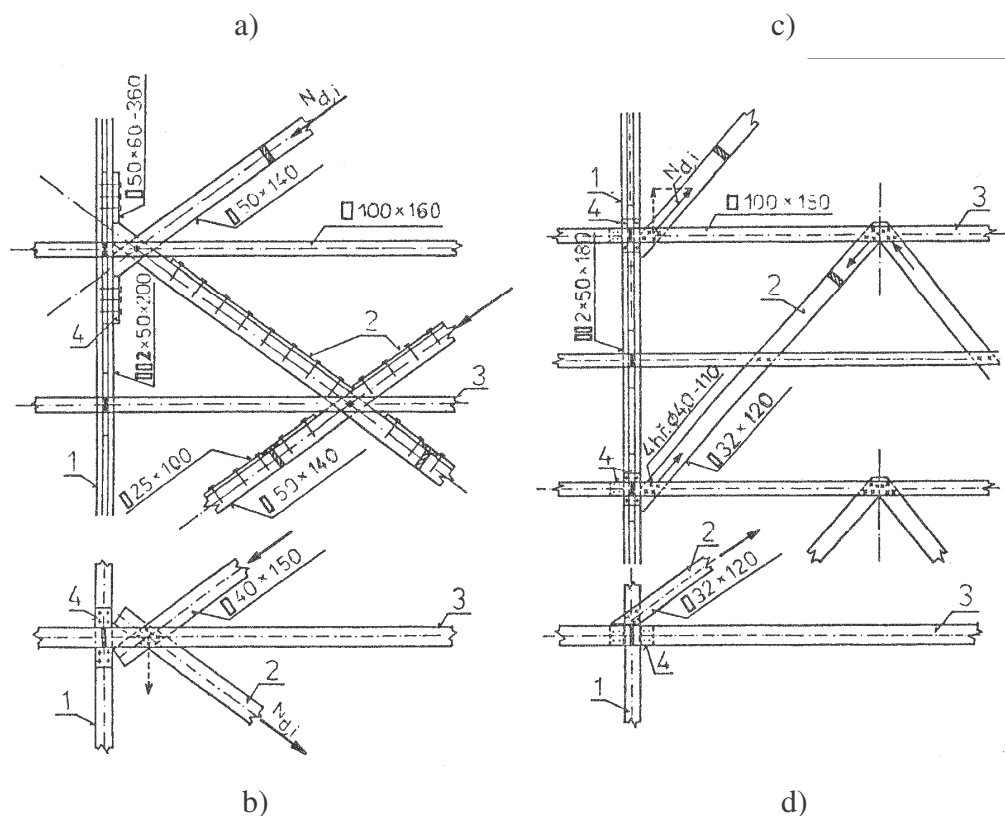
Nosnou soustavu střech vazníkového systému obvykle tvoří střešní plášť, vaznice, vazníky, příčná ztužidla a podélná ztužidla. Typická skladba střešní vazníkové konstrukce je znázorněna na Obr. 2.1.



Obr. 2.1 – Prostorová skladba střešní konstrukce vazníkového systému:
1-příhradové nebo plnostěnné vazníky, 2-vaznice, 3-příčné ztužidlo, 4-krajní podélné ztužidlo, 5-střední podélné ztužidlo, 6-zabezpečení vzpěrné délky tlačенých pásů vazníků, w_d –zatížení od větru na čelní plochu, $v_{v,d}$ – náhradní (ekvivalentní) zatížení vystihující vliv počátečních imperfekcí tlačенých pásů (viz ustanovení norem pro navrhování dřevěných konstrukcí)

Při návrhu konstrukce střechy je nutné respektovat obecně platné zásady vztahující se k navrhování stavebních konstrukcí všech typů. Jednou z nejdůležitějších je, že každá nosná konstrukce musí být sestavena jako prostorový útvar. V podstatě se jedná o to, že účinky zatížení působící v libovolném místě konstrukce musí být přeneseny až do podpor konstrukce a přitom konstrukce musí vyhovět požadavkům bezpečné únosnosti i použitelnosti (požadavkům mezních stavů).

Z hlediska tradičního třídění dřevěných konstrukcí náleží konstrukce vazníkového systému mezi nosné soustavy s rovinnými příčnými vazbami. Funkci příčných vazeb mají v tomto systému vazníky (hlavní střešní nosníky). Pro zabezpečení prostorové stability se navrhují příčná ztužidla, podélná ztužidla a případně další výztužné prvky. Příčné ztužidlo (ztužidlo je konstruováno napříč střechy) má dvě hlavní funkce. Jednak přenáší účinky zatížení působícího v podélném směru střechy (obecně zatížení působícího ve směru kolmém na rovinu příčných vazeb) a jednak zabezpečuje tlačené pásy vazníků proti jejich vybočení z roviny vazníku (v případě plnostěnných vazníků zabraňuje klopení vazníků z roviny). Pro střechy menší délky postačuje jedno příčné ztužidlo konstruované zpravidla ve středním střešním poli mezi dvěma sousedními vazníky. U delších střech (přibližně nad 15 m) se doporučují nejméně dvě příčná ztužidla. Osová vzdálenost příčných ztužidel nemá být větší než 25 m.



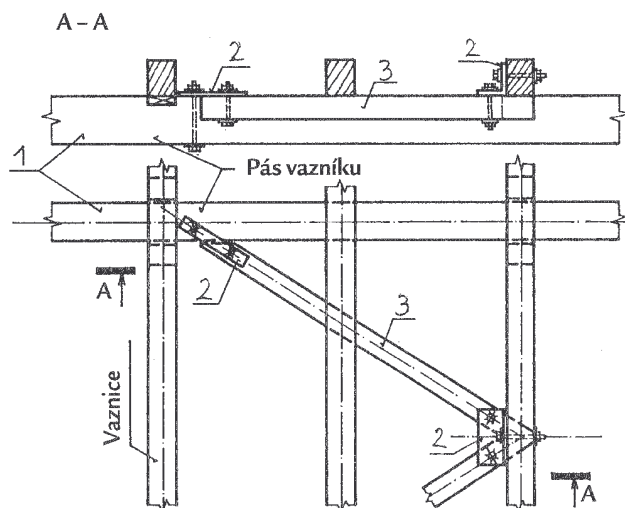
Obr. 2.2 - Konstrukční řešení příčného ztužidla:

a-diagonály složené soustavy připojené na účinek tlakové síly, b-diagonály složené soustavy připojené na tah i tlak, c-diagonály polopříčkové soustavy připojené k vaznici, d-diagonály připojené k pásu vazníku:

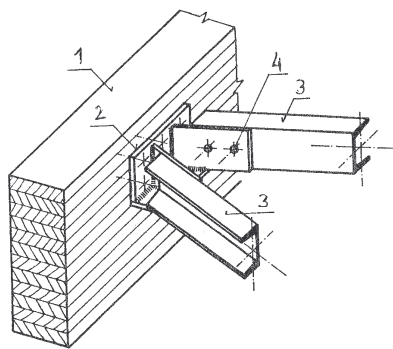
1-horní pás vazníku, 2-diagonály ztužidla, 3-vaznice, 4-příložky

Příčná ztužidla dřevěných konstrukcí s příčnými vazbami nosíkového, rámového nebo obloukového typu jsou obvykle příhradová. Soustava ztužidla je tvořena pásy, svislicemi a diagonálami. Pro funkci pásů se obvykle využívá horních pásů dvou sousedních vazníků (rámů nebo oblouků), které jsou ve ztužidlovém poli. Jako svislice působí v soustavě ztužidla vaznice nebo jiné výztužné prvky. Diagonály je třeba doplnit vložení samostatných prutů. Je ovšem možné konstruovat ztužidla také jako samostatně vyrobené dílce, včetně pásových prutů. V tom případě se ztužidla vkládají mezi horní pásy vazníků, ke kterým se připojují hřebíkovými, vrutovými nebo svorníkovými spoji. Pás ztužidla pak spolupůsobí s horním pásem vazníku. Diagonální pruty ztužidel mohou být dřevěné anebo ocelové (z kruhové oceli, úhelníků nebo i jiných vhodných profilů). Nejčastěji se používá soustava složená a polopříčková znázorněná na Obr. 2.2.

Pro připojení prutů ztužidel je v řadě případů vhodné použít ocelové prvky například dle Obr. 2.3. Vhodným konstrukčním prvkem umožňujícím jednoduché připojení diagonálních prutů ztužidla jsou úhelníky, které se zpravidla jednou přírubou připojují k pásu vazníku (rámu či oblouku) a druhá příruba slouží k připojení diagonál.



Obr. 2.3 – Připojení diagonál ztužidla pomocí ocelových prvků:
1-horní pás vazníku, 2-ocelové prvky (styčnickové plechy, úhelníky apod.), 3-diagonála ztužidla



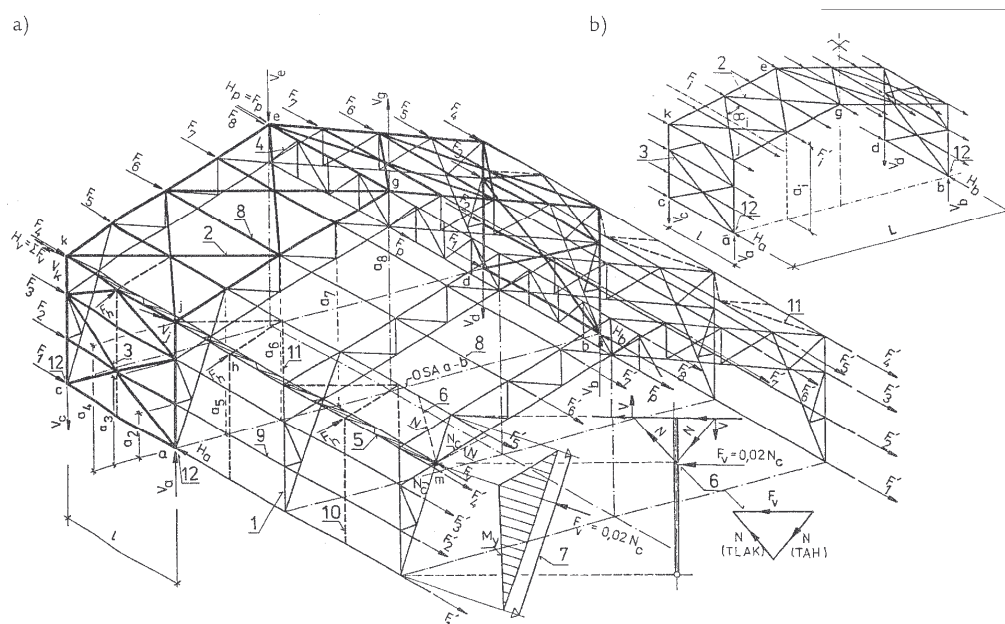
Obr. 2.4 – Zabezpečení plnostěnných vazníků ocelovým ztužidlem:
1-lepený vazník, 2-ocelové připojovací prvky, 3-diagonála ztužidla

Pro zabezpečení stability plnostěnných vazníků se používají zpravidla příhradová ztužidla z ocelových nebo dřevěných prutů. Příklad konstrukčního řešení detailu přípoje ocelových prutů ztužidla k lepenému vazníku je uveden na Obr. 2.4.

Při stanovení zatížení příčných ztužidel je třeba uvažovat všechny účinky zatížení působící v podélném směru objektu (obecně kolmo na rovinu příčných vazeb). Zpravidla se jedná o zatížení větrem na čelní plochy střechy, světlíky a nástavby umístěné na střeše. Kromě tohoto zatížení je nutné uvážit ještě zatížení vyplývající z funkce zabezpečování tlacených pásů vazníků proti vybočení z jejich roviny. Zavedením náhradního vodorovného zatížení se přibližně vystihuje vliv počátečního vybočení pásů vazníků (počátečních odchylek – imperfekcí), které vzniká především výrobou vazníků a při montáži střechy. Je potřeba počítat s tím, že působením tlakových sil počáteční vybočení narůstají. Ztužidlo musí být navrženo dostatečně tuhé, aby zabezpečilo přenesení jak účinku zatížení větrem, tak stabilizaci konstrukce. Obě uvedená zatížení (označená jako w_d a $v_{v,d}$) jsou jako spojitá rovnoměrná zatížení působící v úrovni horních pásů vazníků vyznačena na Obr. 2.1.

2.2 Prostorová skladba rámových konstrukcí

Konstrukce s rámovými příčnými vazbami patří z hlediska prostorového uspořádání mezi typické soustavy s rovinnými příčnými vazbami.



Obr. 2.5 – Prostorová skladba konstrukce s rámovými příčnými vazbami: a-schéma skladby, b-soustava příhradového příčného ztužidla“

1-příhradový rám, 2-střešní část příčného ztužidla, 3-stěnová část příčného ztužidla, 4-podélné ztužidlo střední, 5-podélné ztužidlo krajní, 6-k alternativě zabezpečení rámového rohu vzpěrkami, 7-k alternativě zabezpečení rámového rohu vlastní ohybovou tuhostí vnitřního pásu stojky rámu, 8-vaznice, 9-paždíky, 10-mezisloupky podélné stěny, 11-okapový příhradový nosník, 12-podpory příčného ztužidla

Nosná soustava jako celek musí být uspořádána jako prostorový systém a musí být tedy schopna přenášet všechny účinky zatížení působící obecně v prostoru. Rovinné rámy přenášejí v tomto systému účinky zatížení působící v jejich rovině, tedy podle obvyklé orientace objektu v příčném směru. Účinky zatížení působící kolmo na rovinu rámu, tedy v podélném směru, je nutné přenést příčným ztužidlem. Je zřejmé, že základní způsob prostorové skladby rámových konstrukcí je stejný jako v případě vazníkových systémů střech, který je znázorněn na Obr 2.1. Na zabezpečení prostorové tuhosti konstrukce s rámovými vazbami se podílejí další nosné prvky, a to vaznice nebo střešní panely, podélná ztužidla, stěnové paždíky nebo stěnové panely, případně i další výztužné prvky. Příklad prostorové skladby konstrukce s rámovými příčnými vazbami je na Obr. 2.5.

Z hlediska prostorové skladby není podstatné, zda jsou rámy plnostěnné nebo příhradové. Pro objekty menší délky postačuje jedno příčné ztužidlo zpravidla konstruované ve středním poli mezi dvěma sousedními rámovými vazbami. U delších staveb, které obsahují pět a více polí, se doporučuje navrhovat alespoň dvě příčná ztužidla s osovou vzdáleností nejvíce 25 m. Dostatečnou únosnost a tuhost ztužidel je nutno vždy prokazovat statickým výpočtem. Kromě ověření únosnosti prvků ztužidla a únosnosti přípojů je nutné ověřovat i hodnotu největšího vodorovného posunutí konstrukce (ztužidla) od zatížení působícího v podélném směru (větru na štítové stěny a náhradního zatížení od vlivu počátečních imperfekcí). Podrobnější údaje lze nalézt v normách pro navrhování dřevěných konstrukcí. Zpravidla se požaduje, aby vodorovný posuv (průhyb) uprostřed rozpětí konstrukce nepřekročil hodnotu $L/500$, kde L je rozpětí rámu (vazníku, oblouku).

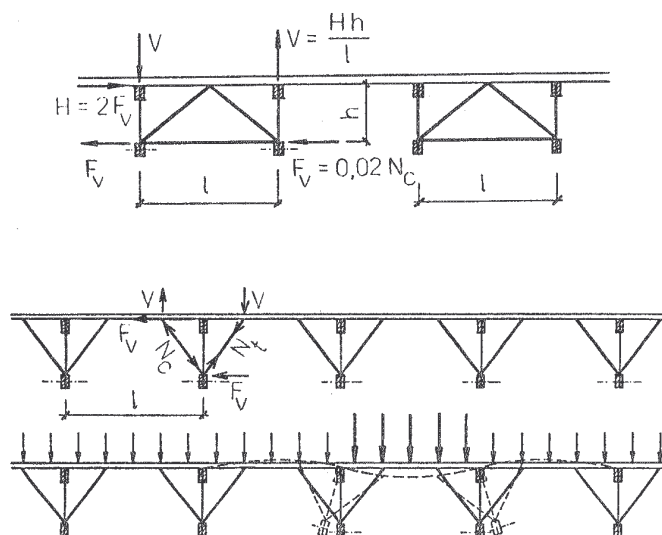
Příčné ztužidlo má v nosných soustavách obecně dvě hlavní funkce. Jednak přenáší účinky zatížení působící v podélném směru objektu (zpravidla se jedná o zatížení větrem působící na čelní stěny objektu) a jednak zabezpečuje tlačené pásy příčných vazeb proti vybočení z roviny vazeb (vymezuje vzpěrné délky tlačných pásů). Příčné ztužidlo se ve většině případů navrhuje jako příhradová soustava, která je tvořena pásy, svislicemi a diagonálami. Součástí střešní konstrukce je střešní část příčného ztužidla, ve stěnách pak navazují stěnové části. Pro funkci pásů ztužidla se využívá horních pásů dvou sousedních rámu ve ztužidlovém poli. Jako svislice působí v soustavě střešního ztužidla vaznice, ve stěnové části paždíky. Diagonály je třeba doplnit vložení samostatných prutů. Ztužidlo jako celek představuje prostorovou prutovou soustavu, která probíhá napříč objektu a sleduje jeho geometrický tvar. Podpory ztužidla jsou v místech podpor rámu, které jsou součástí ztužidla. Stěnová část ztužidla musí být tedy provedena vždy až k podporám rámu. Střešní část je konstruována ve střešní ploše v úrovni horních pásů rámových příčlů, stěnové části jsou zpravidla svislé a probíhají při vnějších lících rámových stojek. Je-li pro ztužidlo využito prvků, které v konstrukci plní ještě další nosnou funkci, musí být posouzení provedeno se zřetelem ke kombinaci účinků vyplývajících z působení těchto prvků v soustavě konstrukce i ztužidla.

Při stanovení zatížení působícího na ztužidla rámových soustav se postupuje obdobným způsobem jako u střech vazníkové soustavy (viz odst. 2.1). V zásadě je třeba uvažovat zatížení větrem na štítové stěny objektu (případně i střešní nástavby a světlíky) a ekvivalentní zatížení vyplývající z funkce zabezpečování rámu proti vybočení z jejich roviny. Při výpočtu zatížení se postupuje

podle normy *ČSN P ENV 1995-1-1 Navrhování dřevěných konstrukcí*, pokud se nepoužije přesnější výpočtový model. Pro výpočet je nejvhodnější sestavit prostorový model celé konstrukce včetně ztužidel s použitím některého programového systému. Takto získané výsledky jsou objektivnějším podkladem pro ověření únosnosti a použitelnosti navržené konstrukce. Pouze v prostorovém modelu lze vystihnout spolupůsobení jednotlivých nosných prvků, dílců a částí konstrukce. Zjednodušené řešení soustavy rozkladem na jednotlivé nosné prvky a části (vaznice, rovinné rámy, střešní část ztužidla, stěnovou část ztužidla a další samostatně posuzované prvky) je sice také možné, ale neposkytuje jasnou představu o prostorovém chování konstrukce.

Pruty ztužidel dřevěných konstrukcí mohou být vyrobeny z deskového řeziva, hranolů nebo z lepených průřezů. Velmi výhodné jsou pruty ocelové z kruhové oceli, úhelníků nebo i jiných profilů. Připojení prutů ve styčnicích ztužidla je obvykle hřebíkové, svorníkové, nebo pomocí vrutů. Pruty ztužidla mohou být připojeny k pásům rámu přímo nebo s použitím kovových prvků zvyšujících únosnost přípoje a usnadňujících montáž. Pro konstrukce velkých rozpětí, u nichž ztužidla přenášejí velká zatížení, je vhodné navrhovat pruty ztužidla z ocelových profilů. Běžně se však ocelová ztužidla navrhují i u lehkých halových objektech. Střešní část příčného ztužidla může být také vytvořena ze střešních panelů účinně připojených k pásům rámu a obdobně stěnová část ztužidla ze stěnových panelů. Ztužidlo je pak třeba posuzovat podle zásad řešení plnostěnných konstrukcí.

Kromě příčných ztužidel se pro zabezpečení prostorové tuhosti objektů s rovinnými příčnými vazbami (vazníky, rámy, oblouky) navrhují podélná ztužidla probíhající v podélném směru objektu. Podélná ztužidla se navrhují zejména v místech zalomení pásů a v místech styků tlačných pásů. Podle polohy jsou podélná ztužidla střední, krajní, případně i mezilehlá. Podélné ztužidlo je podepřeno příčným ztužidlem v bodech, ve kterých soustava podélného ztužidla navazuje na soustavu příčného ztužidla.

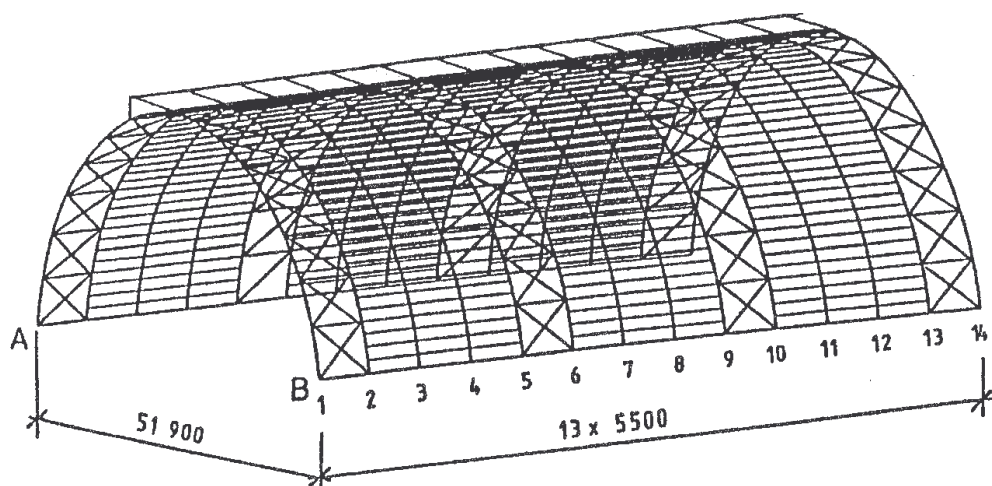


Obr. 2.6 – Zabezpečení dolních pásů rámových a obloukových konstrukcí podélnými ztužidly, respektive vzpěrkami

U rámových soustav je důležité zabezpečit oblast rámového rohu proti vybočení z roviny rámu, a to u rámu příhradových i plnostěnných. Konstrukčně se toto zabezpečení provede nejúčinněji pomocí podélného ztužidla. Méně účinné, ale v praxi často používané, je zabezpečení rámového rohu pomocí vzpěrek (zejména u starších rámových a obloukových konstrukcí je toto řešení běžné). U rámu a oblouků jsou namáhány tlakem, kromě horních (u stojek vnějších) pásů, také dolní (u stojek vnitřní) pásy. Proto musí být zabezpečeny ve stanovených místech proti vybočení z roviny rámu či oblouku, a to nejlépe podélnými ztužidly. Podélná ztužidla mohou být průběžná po celé délce objektu (vhodnější řešení) anebo mohou být také provedena mezi dvěma sousedními rámovými či obloukovými vazbami, jak je znázorněno na Obr. 2.6. Vyztužení dolních pásů vzpěrkami je méně účinné a z toho důvodu se u rámových a obloukových konstrukcí větších rozpětí nedoporučuje. Při výskytu nesymetrických zatížení v některých polích střechy se také může nepříznivě projevit vybočování dolních pásů účinkem připojení vzpěrek.

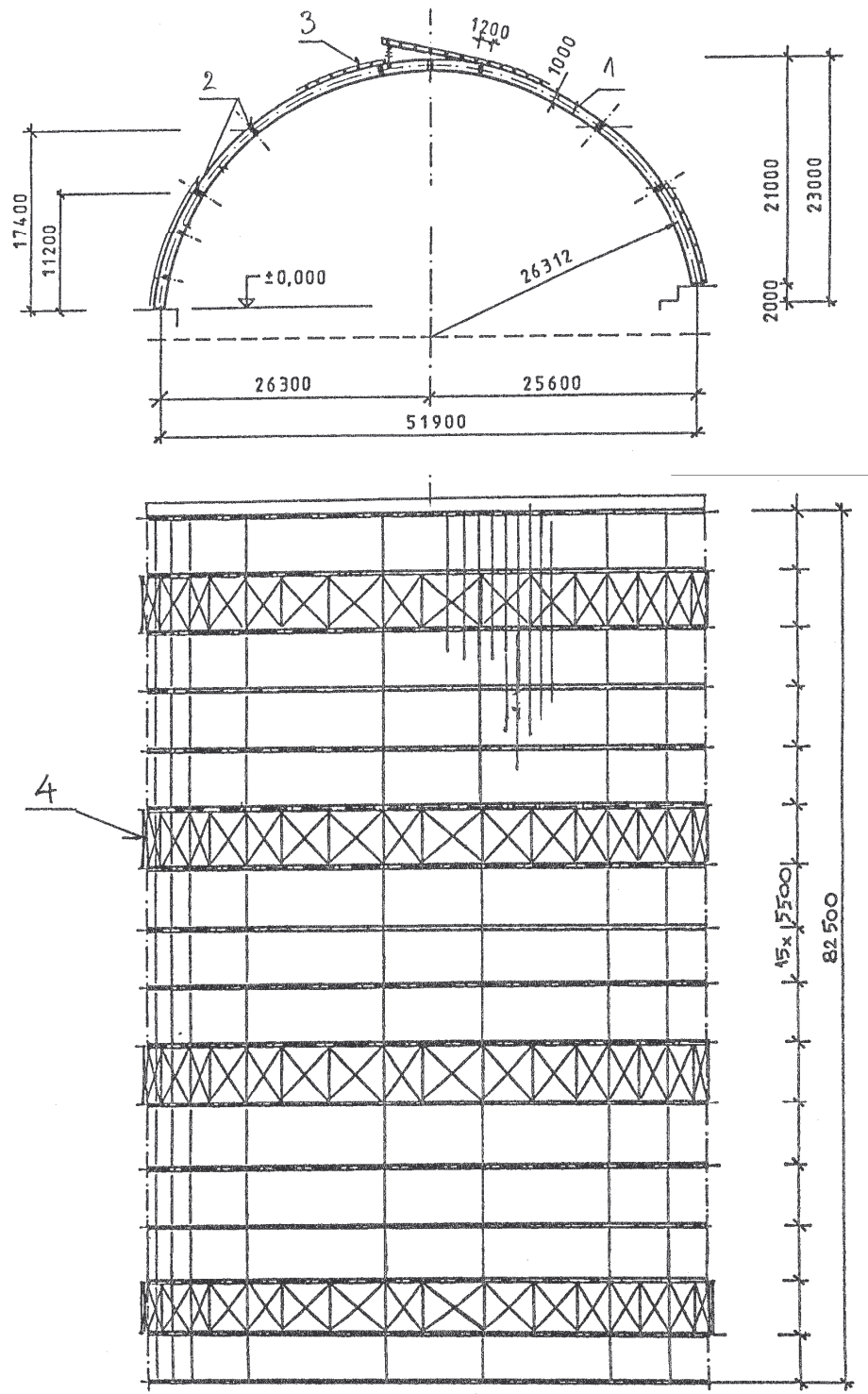
2.3 Prostorová skladba obloukových konstrukcí

Prostorová skladba konstrukcí s příčnými vazbami tvořenými rovinnými oblouky je stejná jako u rámových soustav (viz odst. 2.2). Oblouky tvoří příčné vazby, které přenášejí účinky zatížení působící v rovině oblouků. Zatížení působící kolmo na rovinu oblouků je nutné přenést do podpor konstrukce příčnými ztužidly. Příčná ztužidla zabezpečují současně prostorovou tuhost konstrukce a vymezují vzpěrné délky prutů v bodech stanovených výpočtem. Pro zabezpečení průřezů plnostěnných oblouků proti klopení a dolních pásů příhradových oblouků proti vybočení z roviny oblouku je nutné provést podélná ztužidla. Podélná ztužidla musí být připojena do soustavy příčného ztužidla. Schéma konstrukce s plnostěnnými lepenými oblouky je na Obr. 2.7. V konstrukci jsou umístěna čtyři příhradová příčná ztužidla.



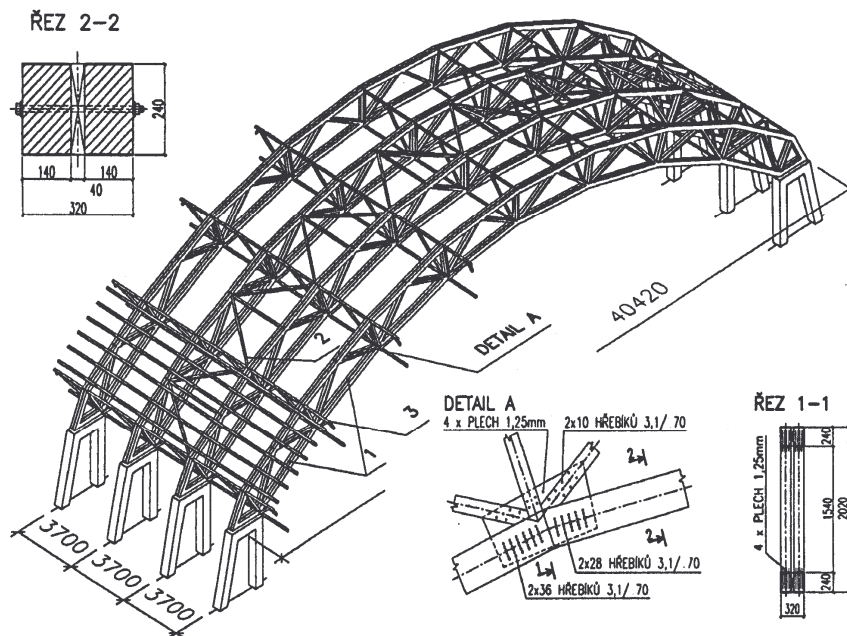
Obr. 2.7 – Schéma prostorové skladby konstrukce s obloukovými příčnými vazbami; v oblasti vrcholu je střešní světlík, střešní plášť je tvořen panely

Příklad konstrukce s obloukovými vazbami je na Obr. 2.8. Konstrukce slouží pro zastřešení zimního stadionu a sportovní účely. Stabilita konstrukce je zajištěna příhradovými příčnými ztužidly. Štíhlé lepené oblouky jsou proti klopení zabezpečeny podélnými ztužidly lepeného lamelového průřezu, které navazují na soustavu příčných ztužidel (příčná ztužidla tvoří podpory podélným ztužidlům).



Obr. 2.8 – Příčný řez a půdorys konstrukce s obloukovými příčnými vazbami: 1-oblouk lepeného lamelového průřezu, 2-plnostěnná podélná ztužidla, 3-střešní panely, 4-příčná ztužidla

Příklad prostorového uspořádání konstrukce s příhradovými oblouky je patrný z Obr. 2.9. Oblouky jsou podepřeny na betonových rámech tribun. Stabilita konstrukce je zajištěna příhradovými příčnými a podélnými ztužidly. Soustava oblouků, příčných ztužidel a podélných ztužidel vytváří celkový prostorový prutový nosný systém (Obr. 2.10).



Obr. 2.9 – Schéma sekce s příhradovými oblouky; přípoje prutů jsou řešeny pomocí ocelových styčnických plechů:

1-horní a dolní pásy oblouků, 2-příčné příhradové ztužidlo, 3-podélné příhradové ztužidlo



Obr. 2.10 – Skladba konstrukce s příhradovými oblouky na rozpětí 40,4 m (realizace soustavy uvedené v Obr. 2.9)



Obr. 2.11 – Skladba konstrukce s příhradovými oblouky na rozpětí 59,5 m; konstrukce zastřešuje sportovní halu; z obrázku je patrná základní nosná soustava tvořená trojúhelníkovými příhradovými oblouky, příhradovými příčnými a podélnými ztužidly

3 Dřevěné plnostěnné konstrukce

Ve stavební praxi se vyskytuje velké množství různých typů dřevěných nosníků, rámu a oblouků odlišujících se zejména geometrickým tvarem, technologií výroby, způsobem uložení, druhem spojovacích prvků a řadou dalších specifických znaků. Podle konstrukčního provedení však rozlišujeme dvě základní skupiny, a to konstrukce plnostěnné a konstrukce příhradové. Z konstrukčního a statického hlediska má zásadní důležitost, kromě dalších důležitých aspektů, geometrický tvar nosníků, rámu a oblouků. Pro volbu tvaru jsou rozhodující zejména dispoziční a architektonické požadavky na uspořádání střechy, dále pak druh střešního pláště, sklon střešní plochy, druh podhledu, výskyt střešních světlíků a nástaveb, případně i jiné aspekty.

3.1 Dřevěné plnostěnné vazníky a nosníky

V systému vazníkových střech představují vazníky hlavní střešní nosníky (viz Obr. 2.1). V konstrukcích střešních se nejvíce používají plnostěnné a příhradové vazníky sedlového tvaru. Plnostěnné sedlové vazníky mají lichoběžníkový tvar s dolním pásem přímým nebo zakřiveným. Příhradové sedlové vazníky mohou být lichoběžníkové nebo trojúhelníkové. Dále se mohou vyskytnout vazníky pultové, obdélníkové, vazníky se zakřiveným horním pásem nebo též vazníky zvláštního geometrického tvaru.

Pro výrobu dřevěných plnostěnných a příhradových vazníků s mechanickými spoji se používá hraněné řezivo (desky, fošny a hranoly) vyhovující třídě pevnosti SI podle normy pro navrhování dřevěných konstrukcí (viz modul M01). Příhradové vazníky vyrobené z kulatiny jsou používány v menší míře, zpravidla pro zastřešení zemědělských staveb. Plnostěnné lepené vazníky se vyrábějí z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti SB (GL 20) nebo SA (GL 24). V současné době se ve zvýšené míře uplatňují při výrobě vazníků také materiály na bázi dřeva. Jedná se o vodovzdorné překližky a dřevotřískové lisované desky (zejména desky typu OSB s orientovaným rozmístěním třísek). Tyto materiály lze efektivně využít pro výrobu stěn průřezů plnostěnných nosníků. Je ovšem možné konstruovat i celé průřezy nosníků z těchto plošných materiálů. Mezi nové materiály patří vrstvené dřevo, například materiál KERTO (Finsko) vyráběný slepováním překližek, ale i další.

Podepření střešních vazníků na spodní stavbu je obvykle prosté a tedy vazníky řešíme jako prosté nosníky s jednou podporou pevnou a druhou posuvnou. V soustavách příčných vazeb s vetknutými sloupy, ve kterých vazníky působí jako příčle rámů, je spojení vazníků se sloupy kloubové.

Konstrukční řešení vazníků závisí do značné míry na druhu spojovacích prostředků. Podle druhu spojů rozlišujeme vazníky s mechanickými spoji a vazníky lepené. O jednotlivých typech vazníků je podrobněji pojednáno v následujících odstavcích.

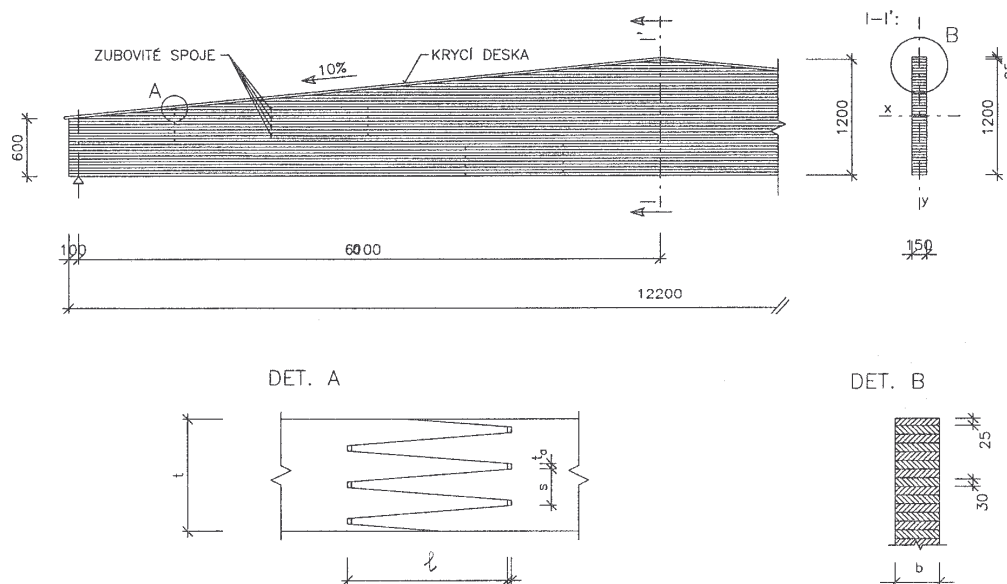
Jako střešní vazníky mohou být používány různé typy dřevěných plnostěnných nosníků. Podle typu spojení rozlišujeme dvě základní skupiny vazníků, a to vazníky lepené a vazníky s mechanickými spoji. Lepené vazníky se vyrábějí

z desek (lamel), které je případně možné kombinovat s materiály na bázi dřeva (překlízkami, dřevotřískovými deskami). Geometrický tvar průřezu lepených lamelových vazníků je zpravidla obdélníkový nebo profilový typu I. Průřez vazníků s mechanickými spoji je obvykle profilový typu I, přičemž tenká stěna je k pásům připojena hřebíky, vruty nebo jinými mechanickými spojovacími prostředky.

Nejvíce jsou v praxi používány lepené lamelové vazníky obdélníkového průřezu vyrobené z vodorovně orientovaných desek. Výhody těchto vazníků spočívají zejména v jejich velké únosnosti, estetickém vzhledu, řízené technologii výroby se zárukou kvality, možnosti vytvářet vazníky proměnné výšky a velkého rozpětí. Mezi základní tvarové typy patří vazníky sedlové, pultové, zakřivené a vyklenuté, používají se i přímopásové vazníky konstantní výšky.

Šířka lepeného průřezu vazníku je zpravidla od 120 do 240 mm, výška od 500 do 1 500 mm (ale i větší), tloušťka desek-lamel od 20 do 45 mm. Rozpětí vazníků je většinou v rozmezí 12 až 24 m. Výška přímopásových vazníků se navrhuje 1/10 až 1/14 rozpětí, výška ve středu sedlových vazníků 1/9 až 1/12 rozpětí. Výška sedlových vazníků nad podporou nemá být menší než polovina výšky ve středu rozpětí (u nižších podporových výšek může být z hlediska posouzení únosnosti nosníku rozhodující velká hodnota smykových napětí).

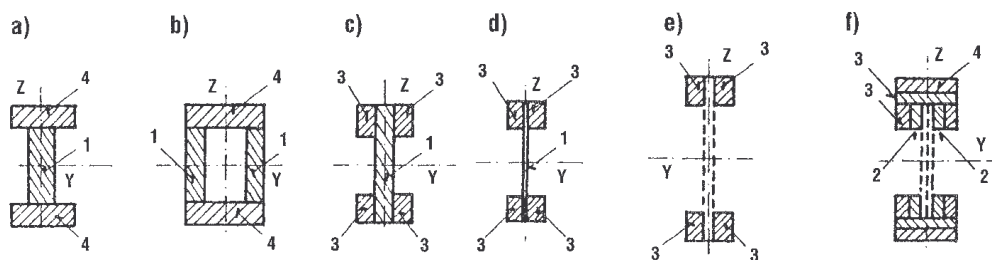
U starších lepených vazníků se používaly ke stykování jednotlivých lamel lepené úkosové spoje, případně v méně namáhané tlačené zóně průřezu i tupé spoje. V současné době se styky lamel provádějí na automatizovaných výrobních linkách standardním lepeným zubovitým spojem, zpravidla o délce zubů 20 mm. Výrobu lepených vazníků mohou provádět pouze akreditovaní výrobci s odpovídajícím technickým vybavením. Problematika jakosti materiálů (dřeva, lepidel), technologie výroby, kontroly a ochrany dřeva je specifikována v příslušných technických normách (české normy pro výrobu lepených konstrukcí jsou v zásadě identické s evropskými normami).



Obr. 3.1 – Lepený lamelový vazník sedlového tvaru:
Detail A – zazubený lepený spoj lamel, detail B – skladba průřezu

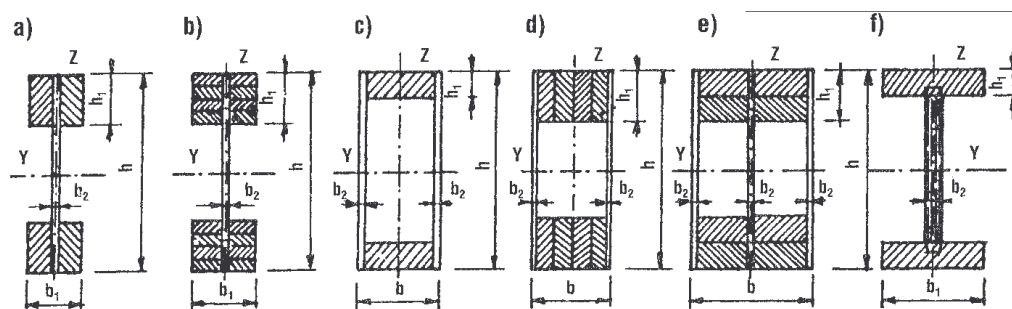
Příklad typického lepeného vazníku sedlového tvaru na rozpětí 12 m je na Obr. 3.1. V souladu s normou pro navrhování dřevěných konstrukcí je nutné u těchto vazníků posuzovat únosnost průřezů vzhledem k účinku normálových napětí kolmých k průřezu (ohybových napětí vyvolaných působením ohybových momentů), příčných tahových napětí (působících kolmo na směr vláken dřeva a lepených spár), smykových napětí, uvážit otázku možného klopení vazníku a posoudit průhyb vazníku. Podrobněji je tato problematika obsažena v modulu M02.

V praxi se používá řada dalších typů plnostěnných nosníků. Jedná se zejména o nosníky profilového průřezu I s tenkou stěnou (Obr. 3.2) a nosníky uzavřeného průřezu (Obr. 3.3).



Obr. 3.2 – Plnostěnné nosníky profilového průřezu s mechanickými spoji:
 a–průřez typu I (obvyklý typ s pásy připojenými na horním a dolním okraji stěny), b–uzavřený průřez, c–průřez typu I (běžný typ s pásy připojenými ke stěně), d–průřez typu I (běžný typ, dřevěné pásy připojeny ke stěně z materiálů na bázi dřeva), e–průřez typu I se stěnou ze zkřížených desek, f–průřez typu I se stěnou ze zkřížených desek a zesílenými pásy (často používaný typ u starších konstrukcí, například tzv. Štěpánových soustav);

Poznámka: očíslování částí průřezu vystihuje účinnost dané části při namáhání prutu ohybem kolmo na osu Y (1 = plná účinnost, 2 = účinnost přibližně 70 až 90%, 3 = účinnost asi 65 až 80%, 4 = účinnost asi 65 až 70%)



Obr. 3.3 – Plnostěnné nosníky lepeného profilového průřezu
 a–průřez typu I (obvyklý typ s pásy lepenými ke stěně z materiálu na bázi dřeva), b–průřez typu I s pásy z vodorovně lamelovaného dřeva, c–uzavřený dvoustěnný průřez s pásy z rostlého dřeva, d–uzavřený dvoustěnný průřez s pásy z lepeného dřeva, e–uzavřený trojstěnný komorový průřez, f–průřez typu I se stěnou z materiálu na bázi dřeva (běžný typ, stěna lepena zpravidla do klínové drážky v pásech)

Některé typy nosníků jsou vyráběny specializovanými firmami podle patentové dokumentace. Výhodou profilových nosníků je možnost kombinace dřeva

s jinými materiály. Pásky nosníků jsou vyrobeny ze dřeva, stěny nosníků mohou být z materiálů na bázi dřeva nebo z jiných materiálů. Pro stěny nosníků se používají vodovzdorné stavební překližky (mezi nejkvalitnější patří v současné době finské překližky KERTO), dřevotřískové desky (velký rozvoj zaznamenává výroba desek OSB), ocelové plechy (profilované trapezové plechy zalisované do dřeva pásů jsou použity v plnostěnných nosnících typu Nail-web).

Pro nosníky s tenkou stěnou přichází v úvahu i řada dalších variant využívajících efektivní spolupůsobení různých stavebních materiálů. Z kategorie plnostěnných vazníků však jsou a perspektivně zřejmě budou nejvíce v praxi používány lepené lamelové nosníky.

3.2 Dřevěné plnostěnné rámy

V oboru dřevěných konstrukcí se rámové soustavy navrhují zpravidla pro halové jednopodlažní a jednolodní objekty. Mohou být ale také využity jako žebra střešních konstrukcí prováděných nad kruhovým nebo mnohoúhelníkovým půdorysem. U halových staveb jsou rámy uspořádány paralelně ve vhodných osových vzdálenostech (obvykle od 3 do 6 m). U kopulovitých konstrukcí je uspořádání rámu radiální. Dřevěné rámy jsou také používány jako příčné vazby střešních nástaveb prováděných v rámci rekonstrukce budov.

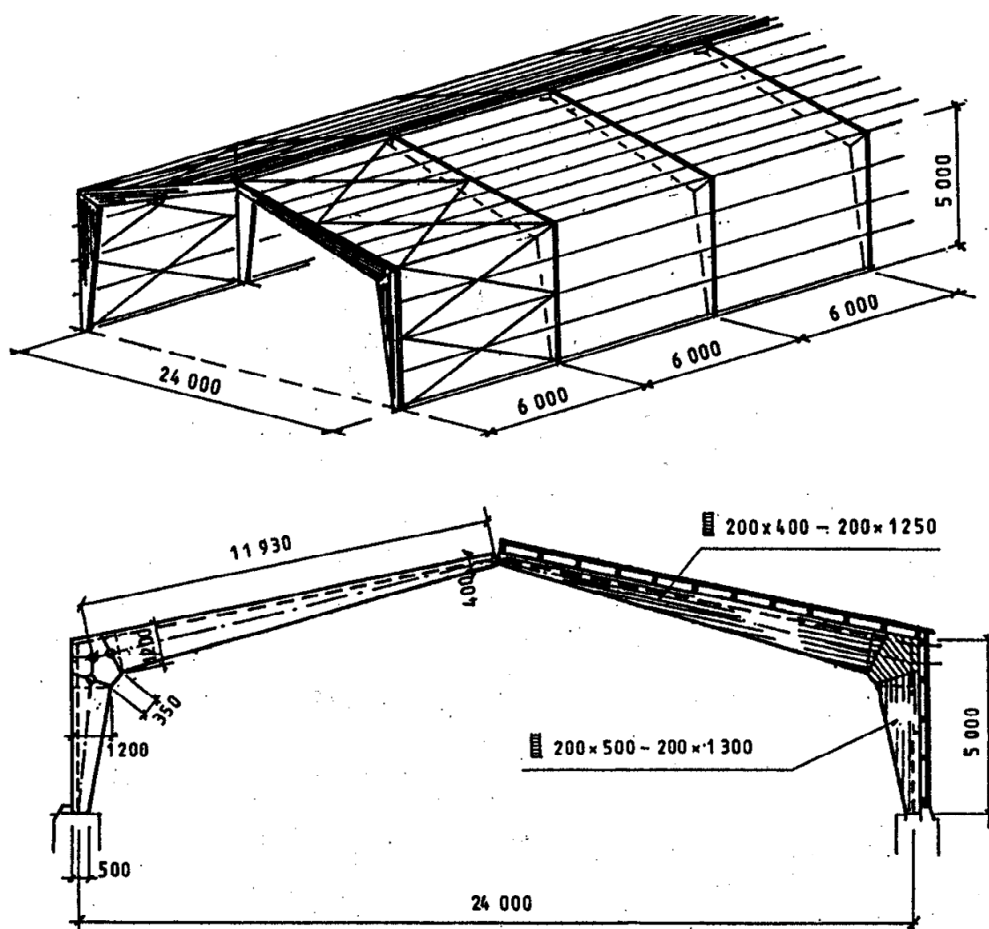
Statický systém rovinných rámu může být trojkloubový nebo dvojkoubový. Pro ocelové rámy se používají oba uvedené systémy, pro dřevěné rámy se dává přednost trojkloubovému rámu. Staticky určité trojkloubové rámy jsou méně citlivé ke vzniku přídatných napětí vlivem poddajnosti spojů a vlhkostních deformací dřeva než staticky neurčité dvojkoubové rámy. Trojkloubové rámy jsou také výhodnější z hlediska dopravy a montáže konstrukce. Sestavují se ze dvou polorámů, které se na montáži spojí vrcholovým kloubem. Konstrukce jednoduchého rámu pro jednolodní halové objekty je tvořena rámovými stojkami a příčlím. Sdružené rámy pro vícelodní haly se ve dřevěných konstrukcích vyskytují méně, zpravidla pak pouze o dvou polích.

Podobně jako v případě vazníků rozlišujeme dvě základní skupiny rámu, a to rámy plnostěnné a rámy příhradové. Mohou se vyskytnout také rámy vytvořené kombinací plnostěnných a příhradových dílců, v tom případě jsou stojky obvykle plnostěnné a příčle příhradové. Příčle rámu, jež plní současně funkci střešního vazníku, má obvykle sedlový tvar. Stojky rámu mají většinou proměnnou výšku průřezu.

Zásadním konstrukčním detailem z hlediska celkového působení soustavy je u dřevěných rámu detail rámového rohu, tedy způsob připojení rámové příčle ke stojkám. U ocelových a betonových rámu je konstrukční řešení rámového rohu poměrně snadné a tuhost přípoje je vysoká. U dřevěných rámu se tuhost rámového rohu zmenšuje zejména vlivem poddajnosti spojů, vlivem dlouhodobého trvání zatížení a změnami vlhkosti dřeva. Při návrhu dřevěných rámu je proto třeba vždy počítat s redistribucí vnitřních sil, která se projevuje hlavně zvětšením hodnot ohybových momentů v příčli rámu. Poddajnost rámových rohů se výrazněji projevuje u rámu s mechanickými spoji (u sbíjených rámu a rámu s kolíkovými spoji). U rámu lepených s lepeným rámovým rohem lze

dosáhnout vysoké tuhosti rámového rohu, takže se vliv poddajnosti spojení příčle a stojek projevuje podstatně méně.

Pro konstrukce dřevěných ráků jsou nejvhodnější lepené lamelové průřezy. Příčle a stojky ráků jsou zpravidla proměnného průřezu. U dvojklobových i trojklobových ráků je největší výška průřezu v rámovém rohu, kde je největší intenzita namáhání. Typický příklad prostorového uspořádání konstrukce haly s lepenými ráky je uveden na Obr. 3.4. Příhradové příčné ztužidlo je provedeno mezi dvěma sousedními ráky. Diagonály ztužidla mohou být vyrobeny z ocelových průřezů anebo ze dřevěných průřezů. Funkci svislíc v soustavě ztužidla plní ve střešní části vaznice (pouze ty vaznice, které jsou začleněny do soustavy ztužidla) a ve stěnové části pažďíky.



Obr. 3.4 – Typické prostorové uspořádání konstrukce s plnostěnnými ráky a příklad lepeného ráku na rozpětí 24 m:

příčné ztužidlo je navrženo vždy mezi dvěma sousedními ráky; diagonály ztužidla se zpravidla navrhují ocelové; spojení příčle a stojky ráku je řešeno vlepěným rohovým dílcem

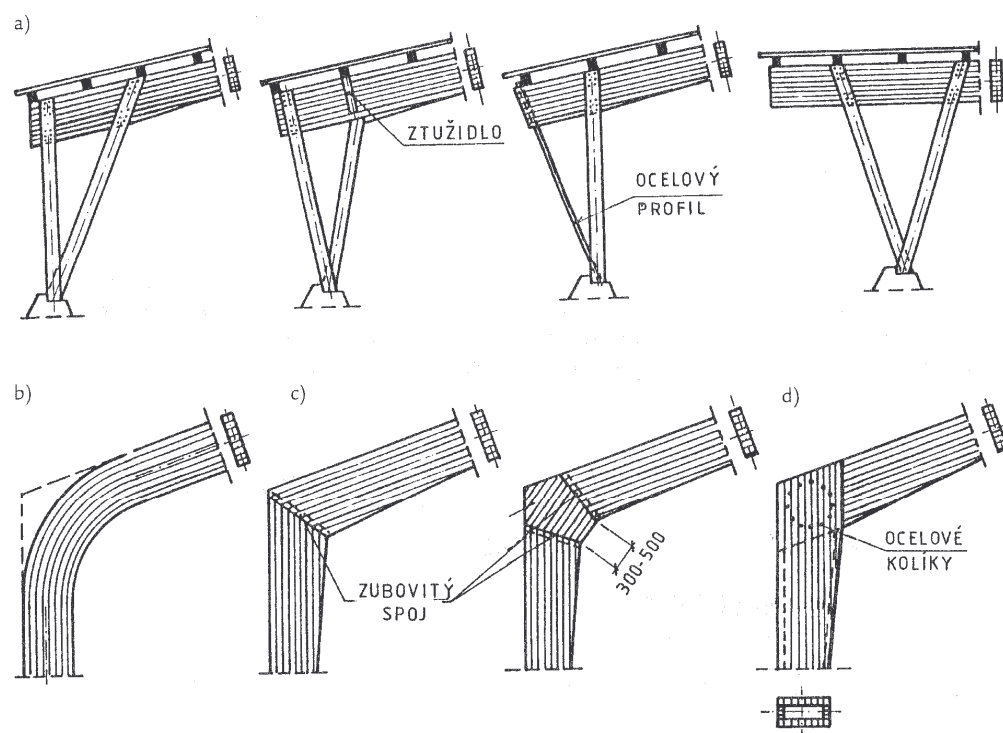
Specifickým konstrukčním detailem ráků je oblast rámového rohu v místě připojení příčle do stojky ráku. Připojení lze konstrukčně řešit rozdělením stojek ráku nebo provedením kompaktního rámového rohu jak je znázorněno na Obr. 3.5.

Při menších rozpětích ráků lze stojky navrhovat z rostlého dřeva, u ráků větších rozpětí jsou z lepeného lamelového dřeva. Výhodné konstrukční řešení

rámů s rozdvojenými stojkami spočívá v tom, že se tažený prut stojky provede z ocelového profilu. Na horní pás lepené příčle se ukládají vaznice nebo střešní panely. K připojení prutů stojky se zpravidla používají šroubové spoje a hmoždinkové spoje.

Kompaktní rámové rohy se řeší zakřivením anebo pomocí lepených zubovitých spojů (standardní délka zubů se navrhuje obvykle 50 mm). Výhodné je konstrukční řešení s vlepěným rohovým kusem, protože rohový, silně namáhaný dílec, lze vyrobit ze speciálních lamel vysoké pevnosti.

Specifickou skupinu představují rámy, u nichž je příčle se stojkami spojena pomocí mechanických spojů. Příčle je vložena mezi dvojčlenný profil stojky, přičemž spojení je provedeno ocelovými kolíky (někdy i trubkovými elementy). Kolíky jsou rozmístěny radiálně, zpravidla ve dvou kruzích kolem středu přípoje. Ve srovnání s lepeným spojem vykazuje tento typ větší poddajnost a je proto nutné ve výpočtu uvážit vliv poddajnosti rámového rohu na únosnost a přetvoření konstrukce. Zesílení rámových rohů se někdy provádí příložkami z materiálů na bázi dřeva (jedním z nejkvalitnějších jsou překližky systému KERTO).



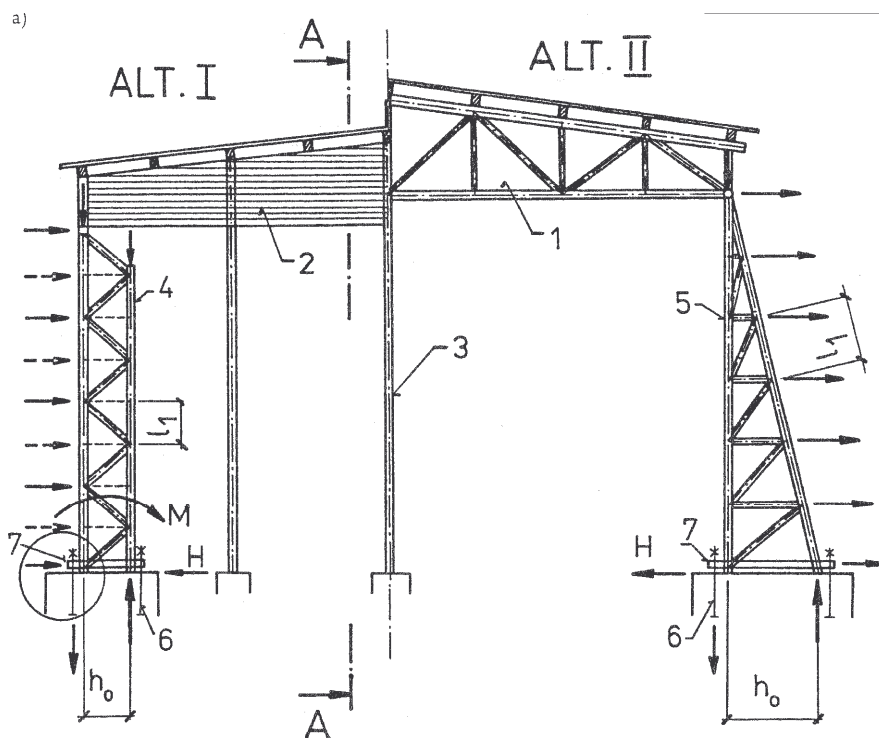
Obr. 3.5 – Konstrukční řešení rámových rohů u rámů lepeného průřezu: a-rámy s rozdvojenými stojkami, b-zakřivený rámový roh, c-styk příčle a stojky rámu lepeným zazubeným spojem, d-spojení příčle a stojky rámu mechanickým kolíkovým spojem

Příčle a stojky rámu jsou namáhány kombinací osově síly a ohybu (zásady výpočtu viz modul M02). Jedná se o štíhlé pruty a je tedy nutné dbát na zabezpečení jejich příčné stability, zejména proti vybočení z roviny rámu (klopení). Příčle rámu je zpravidla dostatečně zabezpečena střešními vaznicemi připojenými do soustavy příčného ztužidla. Stojky rámu mohou být zabezpečeny stěnovými paždíky, případně stěnovými panely anebo musí mít vlastní dostatečnou únosnost na vzpěr.

Podepření rámu na základy se provádí prostřednictvím ocelových úložných patek. Při montáži rámových konstrukcí se nejprve smontuje pole s příčným ztužidlem. Potom je možné postupně osazovat další rámové vazby a připojovat je vaznicemi a podélnými ztužidly k tuhému vyztuženému poli.

Mezi rámové soustavy náleží také soustavy s vetknutými sloupy a kloubově připojeným vazníkem. Tento typ je velmi používán pro konstrukce hal v oboru ocelových konstrukcí. Také v oboru dřevěných konstrukcí ovšem patří k základním systémům příčných vazeb halových objektů. Příčle rámu je tvořena střešním vazníkem, který může být plnostěnný nebo příhradový. Sloupy jsou obvykle plnostěnné, méně často příhradové. Na Obr. 3.6 je uvedena varianta s plnostěnným a příhradovým vazníkem.

Vhodný a v praxi velmi rozšířený je kombinovaný rám s lepeným dřevěným vazníkem a ocelovými, případně betonovými sloupy. Pokud se použijí dřevěné plnostěnné sloupy, jsou vždy lepeného průřezu. Příhradové sloupy jsou z rostlého dřeva a pro jejich konstrukční řešení platí stejné zásady jako u příhradových vazníků. Vetknutí sloupů se provádí pomocí ocelových úložných prvků. Novodobým způsobem je řešení pomocí ocelových závitových tyčí vlepěných do dřevěného průřezu. Vytvoří se tak v podstatě koncovka na patce dřevěného sloupu s přesahujícími závitovými tyčemi. Pomocí šroubového spoje je pak možné dřevěný sloup připojit do ocelového příčnicku.



Obr. 3.6 – Rámová příčná vazba s vetknutými sloupy:

Alt. I-lepený plnostěnný vazník (příčle rámu) a vetknuté příhradové sloupy,

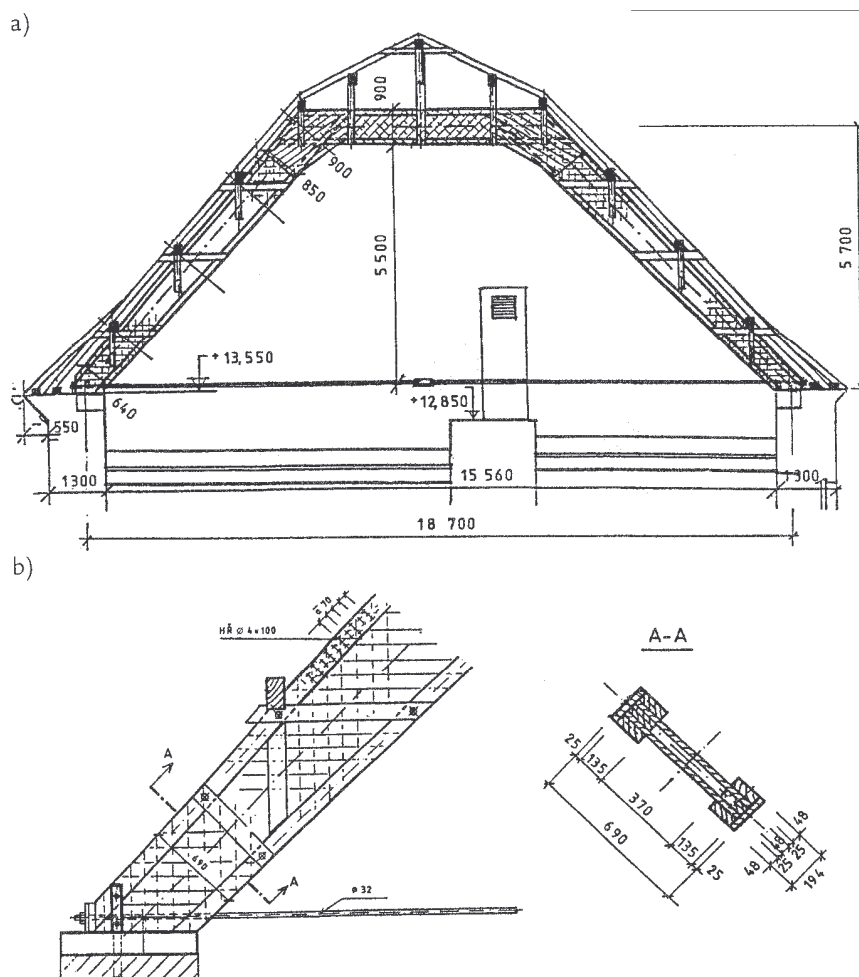
Alt. II-příhradový vazník (příčle) a vetknuté příhradové sloupy:

1-příhradový vazník, 2-lepený plnostěnný vazník, 3-sloupy štítové stěny, 4-příhradový přímopásový sloup, 5-příhradový trojúhelníkový sloup, 6-kotvení, 7-kotevní příčnick

Soustavy s lepenými rámy patří k perspektivním nosným soustavám. Z toho důvodu jsou stále předmětem teoretického a experimentálního výzkumu. Nelze

ovšem pominout, že existuje velký počet starších rámových konstrukcí, které jsou plně funkční a budou nadále provozně používány. Tyto rámové konstrukce slouží pro zastřešení objektů nejrůznějšího účelu a s problematikou jejich posuzování se setkáváme hlavně při rekonstrukcích těchto staveb. Typický průřez starších rámu je charakterizován členěnými pásy a stěnou vyrobenou z desek. Desky jsou obvykle kladeny ve dvou vrstvách jako zkřížené a spojeny je většinou hřebíkové se spínacími svorníky.

Příklad konstrukčního řešení plnostěnného sbíjeného rámu s ocelovým táhlem je na Obr. 3.7. Uvedená konstrukce slouží pro zastřešení budov zámku (zámek v Mikulově). Stěna z desek tloušťky 25 mm je ve dvou vrstvách, v oblasti rámového rohu je provedeno zesílení průřezu výztuhami. Vaznice jsou svislé a jsou opatřeny vzpěrkami, které současně slouží k zabezpečení stability dolního pásu rámu. Vodorovná složka reakce dvojkolbového rámu je přenášena ocelovým táhlem kruhového průřezu s rektifikačním článkem.

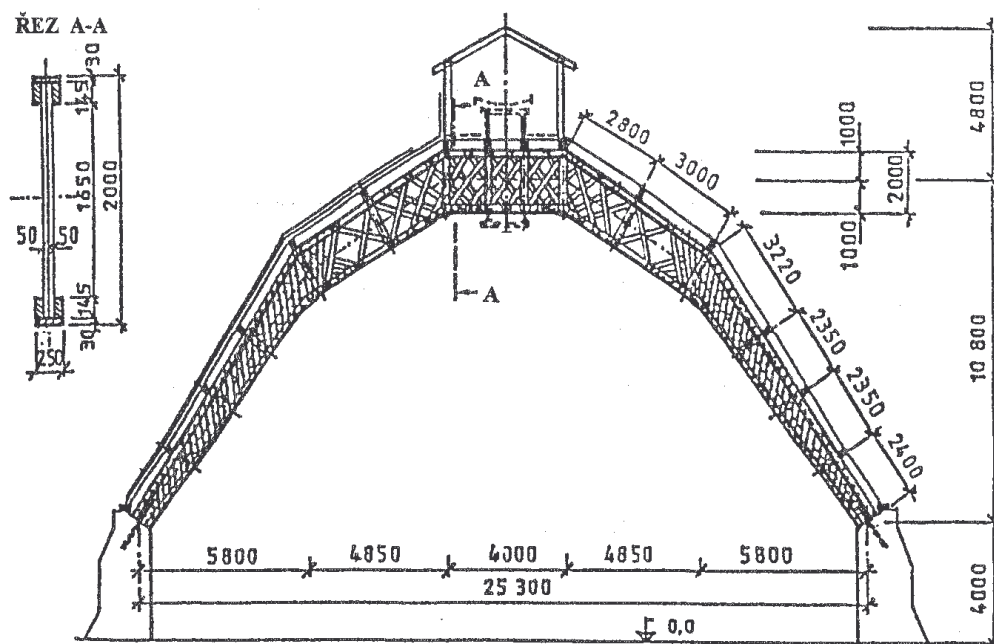


Obr. 3.7 – Příklad plnostěnného sbíjeného rámu:

a-konstrukce rámu s ocelovým táhlem, b-detail podepření rámu na obvodovou stěnu

Specifickou skupinu starších konstrukcí tvoří rámy a oblouky Štěpánovy soustavy, které jsou velmi rozšířeny zejména v evropských zemích. Na základě průzkumu a podrobné analýzy tohoto typu konstrukcí lze uvést, že se většinou

vyznačují kvalitním profesionálním provedením a poměrně velkou únosností. Zpravidla vyhovují i současným požadavkům na únosnost a použitelnost stavebních konstrukcí. Ze současného pohledu mají také již historickou cenu. Příkladem rámové konstrukce uvedeného typu je konstrukce skladu soli znázorněná na Obr. 3.8. Šikmé stojky rámu jsou plnostěnného průřezu, zalomená příčle rámu má charakter příhradové soustavy se zkříženými diagonálami. Na příčli rámu je umístěna nástavba pro transport soli. Konstrukce působí v agresivním prostředí přibližně od roku 1922 a po rekonstrukci provedené v roce 1991 je nadále v provozu.



Obr. 3.8 – Příklad plnostěnného dvojklobového rámu s příhradovou příčlí: hala slouží pro transport a skladování soli; na rámové příčli je umístěna konstrukce vrcholové nástavby s transporterem a výsypkou

3.3 Dřevěné plnostěnné oblouky

Dřevěné oblouky jsou součástí nosných soustav řady stavebních objektů, u nichž je požadován zakřivený geometrický tvar střechy. V halových typech staveb jsou oblouky uspořádány paralelně ve vzdálenostech obvykle 3 až 6 m. U staveb kopulového typu je uspořádání oblouků radiální (viz modul M05). Oblouky mají v tomto nosném systému funkci tuhých žeber.

Do skupiny plnostěnných oblouků zařazujeme zejména lepené lamelové oblouky, oblouky profilového průřezu s plnou stěnou a také skružové oblouky.

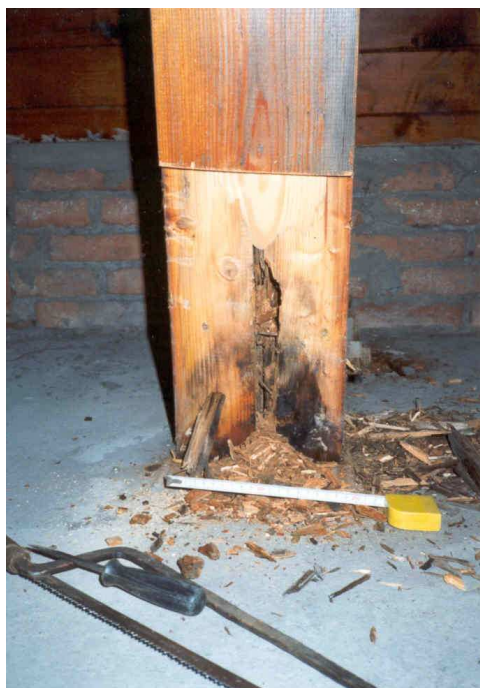
Zásady výpočtu a konstrukčního řešení oblouků jsou obdobné jako u rámu. Podle typu průřezu opět rozlišujeme oblouky plnostěnné a příhradové. Dřevěné oblouky se navrhují spíše pro větší rozpětí v rozmezí od 20 do přibližně 80 m. Mohou se však vyskytovat i rozpětí menší, a to v případě skružových oblouků

a příhradových oblouků. Ve zvláštních případech se vyskytnou i oblouky většího rozpětí než 80 m.

Klasický geometrický tvar oblouků je plynule zakřivený se střednicí kruhovou nebo parabolickou. Tento tvar je možné ale dosáhnout pouze u lepených plnostěnných oblouků anebo u příhradových oblouků s pásy lepeného průřezu. V řadě případů se proto navrhuje polygonový tvar oblouků. Pásy jsou vyrobeny jako zalomené a plynulá zakřivená plocha se vytvoří ve střešním plášti. Tento způsob je typický pro konstrukce s příhradovými vazníky s pásy vyrobenými z rostlého dřeva.

Prostorová skladba konstrukcí s rovinnými oblouky je v principu stejná jako u rámových soustav (Obr. 2.8). Oblouky tvoří příčné vazby konstrukce, které přenášejí účinky zatížení působící v rovině oblouků. Zatížení působící kolmo na rovinu oblouků je nutné přenést do podpor konstrukce příčnými ztužidly. Příčná ztužidla zabezpečují současně prostorovou tuhost konstrukce a vymezují vzpěrné délky oblouků v místech stanovených výpočtem. Pro zabezpečení průřezů plnostěnných oblouků proti klopení a dolních pásů příhradových oblouků proti vybočení z roviny oblouku je nutné provést podélná ztužidla. Podélná ztužidla musí být připojena do soustavy příčného ztužidla.

Nejvíce se v konstrukcích používají oblouky vyrobené z lepeného lamelového dřeva, které lze zařadit mezi osvědčené a běžně používané typy konstrukcí. Jejich předností je moderní automatizovaná technologie výroby a z toho vyplývající velká únosnost. Jsou také velmi vhodným konstrukčním dílcem pro realizaci architektonických záměrů. Typickým konstrukčním systémem pro zastřešení středních a velkých rozpětí je systém s lepenými oblouky znázorněný na Obr. 2.7.



Obr. 3.9 – Příklad porušení patky lepeného oblouku degradací dřeva: porušená patka oblouku vlivem zatékání a dlouhodobého udržování vlhkosti a následným napadením biotickými činiteli

Poruchy lepených lamelových oblouků, pokud k nim dochází, se mohou projevat delaminací spár mezi lamelami lepeného průřezu, vybočením oblouků, narušením dřeva v úložných patkách a poruchami střešního pláště.

Poruchy střešních pláštů na konstrukcích s válcovým nebo sférickým tvarem střešní plochy jsou poměrně časté. Příčinou je obvykle nevyhovující únosnost připojení pláště k nosné konstrukci se zřetelem ke zvýšeným účinkům sání větru na zakřivených střešních plochách. Nezřídka dochází i k odtržení značné části střešní krytiny. Oprava pláště je obtížná a nákladná, protože se jedná o velké plochy s množstvím stykových spár. S ohledem na současnou úroveň technologie výroby lepených konstrukcí dochází k poruchám lepených spár jen výjimečně. Při dodržení ustanovení norem pro navrhování dřevěných konstrukcí nedochází ani k ostatním výše uvedeným poruchám. U obloukových a rámových konstrukcí je třeba dbát na správné řešení úložných patek tak, aby nedocházelo k zatékání. Vlivem dlouhodobého zatékání vody a udržování vlhkosti v úložných botkách dochází k narušení dřeva a v řadě případů je pak nezbytná sanace (Obr. 3.9).

Postup montáže konstrukcí s lepenými obloukovými vazbami je stejný jako u rámových soustav. Důležité je zejména dbát na zabezpečení prostorové stability při montáži. Z toho důvodu je vhodné osazovat v první fázi montáže ty oblouky, které jsou součástí příčného ztužidla. Nejlépe je však začít montáž osazením celé sekce sestavené ze dvou oblouků s vloženými ztužidly.

Průřez profilových oblouků je tvořen dřevěnými pásy a stěnou z plošných materiálů na bázi dřeva. Stěna je s pásy spojena mechanickými spoji nebo lepením. Většinou se navrhují oblouky trojkloubové sestavené ze dvou dílců. Důležitým detailem je patní a vrcholový kloub, který se u plnostěnných i příhradových oblouků konstrukčně řeší stejným způsobem (viz kap. 4). Způsob řešení podporových a vrcholových kloubů na principu čepového spoje je konstrukčně jednoduchý a z hlediska požadované možnosti natočení splňuje dobře výpočtové předpoklady a je také velmi výhodný z montážního hlediska. V praxi se proto často používá pro konstrukční řešení kloubů u oblouků všech typů. Stabilita pásů proti vybočení z roviny oblouku je zajištěna podélnými příhradovými ztužidly. Podélná ztužidla jsou podepřena soustavou příčného ztužidla.

Plnostěnné oblouky starších typů konstrukcí byly vyráběny spojováním přířezů-lamel hřebíky nebo svorníky. Jednalo se o skružové oblouky na principu de LOrme. Pro konstrukce menších rozpětí se zakřivenou střešní plochou může být tento systém vhodný i v současné době. Příkladem realizace střešní konstrukce s obloukovými žebry tohoto typu je prostorová soustava uvedená v modulu M05 (Obr. 3.4). Oblouková žebra nosné soustavy by samozřejmě mohla být lepená. Výhodou nelepených žebor byla v tomto případě nižší cena a možnost výroby v tesárnách s běžným vybavením. Vhodné rozpětí konstrukce je do 15 m.

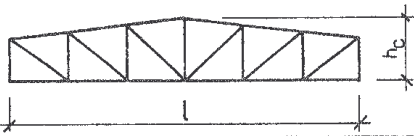
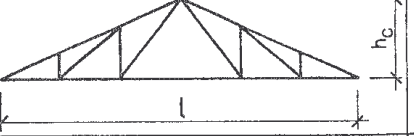
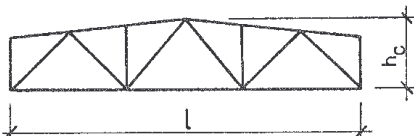
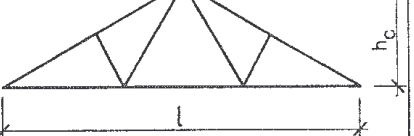
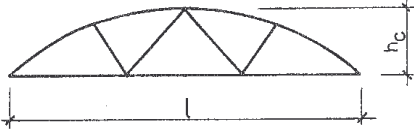
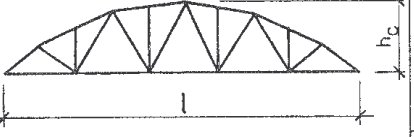
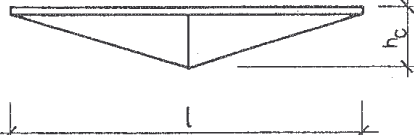
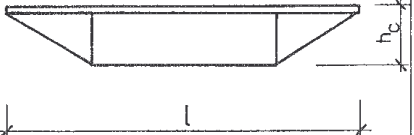
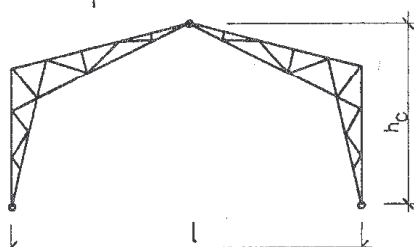
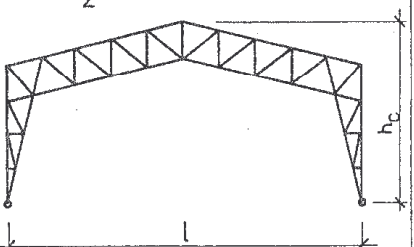
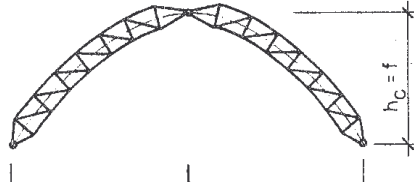
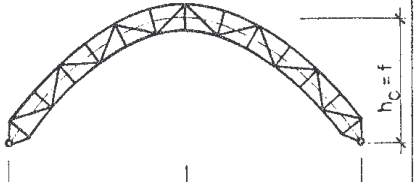
4 Dřevěné příhradové konstrukce

Příhradové konstrukce je možné třídit podle různých hledisek, zpravidla podle geometrického tvaru, statického působení a konstrukčního provedení.

TYP ROVINNÉ PŘÍHRADOVÉ KONSTRUKCE		l [m]	$\frac{h_c}{l}$
a	1	12-18	$\frac{1}{6} - \frac{1}{7}$
	2		
	3	9-18	$\frac{1}{4} - \frac{1}{5}$
	4		
	5	12-24	$\frac{1}{6} - \frac{1}{7}$
	6		
	7	12-18	$\frac{1}{6}$
	8		
b	1	8-30	$\frac{1}{6} - \frac{1}{8}$
	2		
	3	8-20	$\frac{1}{4} - \frac{1}{7}$
	4		
	5	8-30	$\frac{1}{10}$
	6		

Obr. 4.1 – Typy příhradových nosníků a střešních vazníků:

a-obvyklé typy střešních vazníků a nosníků zpravidla s hřebíkovými, případně hmoždinkovými spoji, b-vazníky se spoji na bázi kovových zalisovaných stýčkových desek, případně i s jinými mechanickými spoji

TYP ROVINNÉ PŘÍHRADOVÉ KONSTRUKCE		l (m)	$\frac{h_c}{l}$
c	1 	8-18	$\frac{1}{5} - \frac{1}{6}$
	2 		
d	1 	12-24	$\frac{1}{4} - \frac{1}{6}$
	2 		
	3 	15-30	$\frac{1}{6} - \frac{1}{7}$
	4 		
	5 	6-12	$\frac{1}{4} - \frac{1}{8}$
	6 		
e	1 	12-24	$\frac{1}{2} - \frac{1}{3}$
	2 		
f	1 	15-40	$\frac{1}{2} - \frac{1}{6}$
	2 		

Obr. 4.2 – Typy příhradových nosníků, rámtů a oblouků:

c-sedlové a trojúhelníkové vazníky, d-segmentové vazníky se zakřiveným a polygonálním horním pásem; kombinované vazníky s ocelovým dolním pásem; vzpínadlové nosníky, e-trojkloubové a dvojkoubové příhradové rámy, f-trojkloubové a dvojkoubové příhradové oblouky

Z hlediska statického působení se vyskytují příhradové konstrukce působící jako nosníky, rámy a oblouky. Pro dřevěné konstrukce se zpravidla používají soustavy, které jsou staticky určité. Z hlediska použití ve dřevěných konstrukcích je nevýhodou staticky neurčitých soustav redistribuce sil, ke které dochází v provozním stadiu konstrukce zejména vlivem dlouhodobého působení zatížení, změn vlhkosti a v důsledku poddajností spojů. Pokud nejsou tyto vlivy respektovány při návrhu, může docházet k přetížení některých prvků konstrukce.

Podle uspořádání mezipásových prutů mohou být příhradové soustavy pravoúhlé nebo kosoúhlé a dále jednoduché, složené a vícenásobné. Horní pás příhradových konstrukcí může být přímý, zalomený nebo zakřivený. Ve střešních konstrukcích se používají příhradové vazníky obdélníkového, trojúhelníkového, lichoběžníkového (pultového), pětiúhelníkového (sedlového), mnohoúhelníkového a segmentového tvaru. Přehled příhradových nosníků (střešních vazníků), rámu a oblouků je uveden v Obr. 4.1. a 4.2.

4.1 Dřevěné příhradové nosníky a vazníky

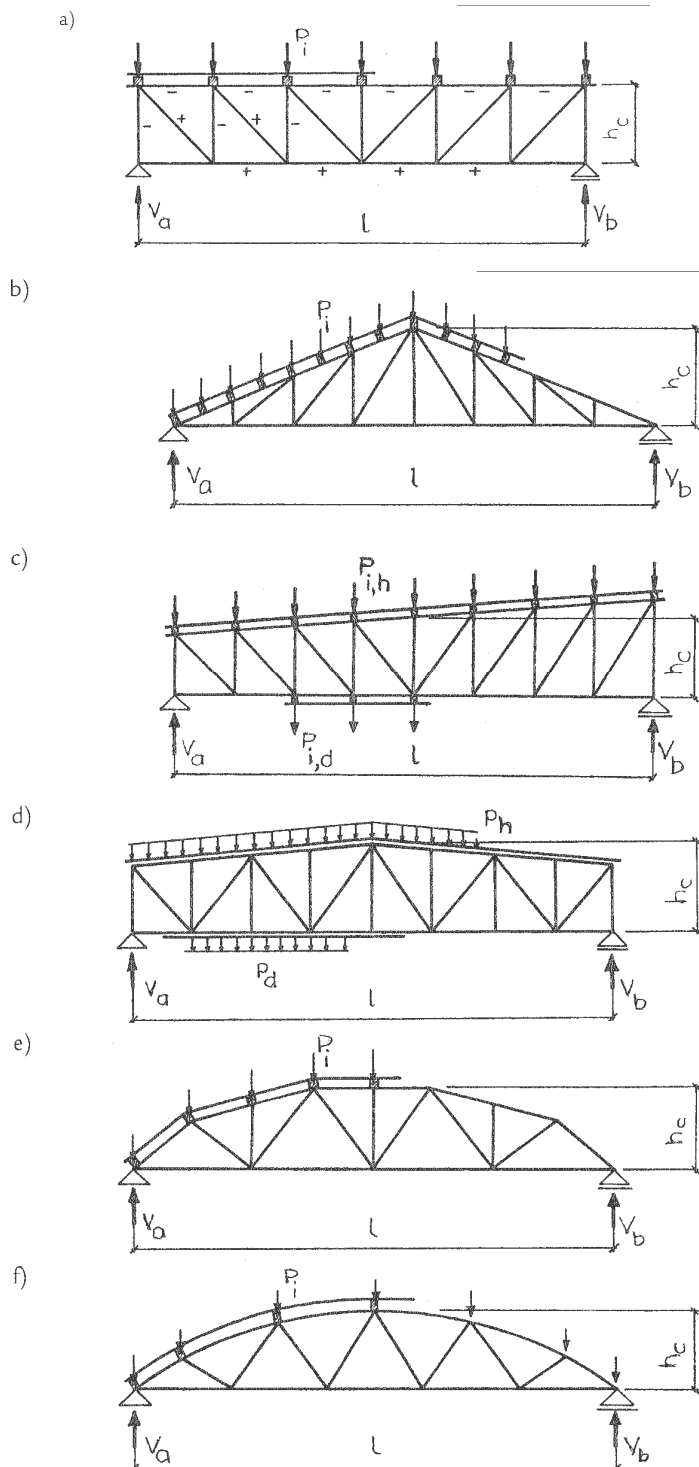
Příhradové vazníky jsou základním nosným dílcem střež vazníkové soustavy. Navrhují se jako rovinné prutové soustavy různého geometrického tvaru s ohledem na požadovaný tvar střechy, velikost rozpětí a intenzitu zatížení. Příhradová konstrukce je tvořena pásovými pruty, jež jsou navzájem spojeny vnitřními mezipásovými pruty. Charakteristickými konstrukčními detaily příhradových vazníků jsou styčníky, v nichž se připojují mezipásové pruty k pásům. Použitím příhradoviny namísto plné stěny se snižuje spotřeba materiálu, zejména u konstrukcí velkých rozpětí. Rozhodnutí o volbě mezi plnostěnnou a příhradovou konstrukcí je ovšem nutné provést na základě komplexního technicko-ekonomického vyhodnocení.

Konstrukční řešení příhradových vazníků, rámu a oblouků závisí do značné míry na druhu spojení prutů ve styčnicích. Připojení prutů může být provedeno spoji hřebíkovými, svorníkovými, kolíkovými, tesařskými, hmoždinkovými, dále pomocí zalisovaných styčnickových desek, styčnickových plechů i lepením.

Kromě tradičních spojů typu „dřevo-dřevo“ se stále ve větší míře používají moderní spoje typu „ocel-dřevo“, případně „deska-dřevo“ (styčnicková deska z materiálů na bázi dřeva). V těchto spoích jsou pruty připojovány prostřednictvím ocelových styčnickových plechů (zalisovaných do dřeva nebo vkládaných do výřezů ve dřevě) anebo pomocí styčnickových desek vyrobených z materiálů na bázi dřeva.

Pruty příhradových vazníků jsou zpravidla z rostlého dřeva, ale některé mohou být též z lepeného dřeva nebo z oceli. Střešní vazníky mají se zřetelem na potřebný sklon střechy horní pás šikmý nebo zakřivený. Zatížení může působit na pásy soustavy ve styčnicích nebo mimostyčně. Má-li být vliv mimostyčného ohybového namáhání pásů eliminován, je vhodné navrhovat při větších vzdálenostech styčníků podružné svislice. Pro průmyslové a skladovací haly se používají vazníky velkých rozpětí, jejichž součástí bývají též podélné nebo příčné světlíky. Přehled typů dřevěných příhradových konstrukcí používaných pro zastřešení různých objektů s uvedením vhodného rozpětí a poměru výšky k rozpětí je uveden v Obr. 4.1 a Obr. 4.2. Z tohoto přehledu je zřejmé, že se ve

stavebních konstrukcích vyskytují příhradové soustavy, které se svou konstrukční skladbou i tvarem výrazně odlišují. Pro jejich navrhování však platí obecné zásady společné prakticky pro všechny typy příhradových konstrukcí. Přehled tvarů a soustav příhradových vazníků je na Obr. 4.3.



Obr. 4.3 – Tvary příhradových vazníků:

a-průmopásový, b-trojúhelníkový (mimostýčné zatížení vaznicemi), c-pultový (zatížení ve styčnicích), d-sedlový (spojité zatížení střešním pláštěm a podhledem), e-mnohoúhelníkový (styčnickové zatížení), f-segmentový (styčnickové zatížení)

Konstrukční řešení příhradových vazníků závisí do značné míry na druhu spojení prutů ve styčnicích. Připojení prutů může být provedeno spoji hřebíkovými, svorníkovými, kolíkovými, tesařskými, hmoždinkovými, dále pomocí zalisovaných styčnickových desek, styčnickových plechů i lepením. Kromě tradičních spojů typu „dřevo-dřevo“ se stále ve větší míře používají moderní spoje typu „ocel-dřevo“, případně „deska-dřevo“. V těchto novodobých spoích jsou pruty připojovány prostřednictvím ocelových styčnickových plechů (zalisovaných do dřeva nebo vkládaných do výřezů ve dřevě) anebo pomocí styčnickových desek vyrobených z materiálů na bázi dřeva. Pruty příhradových vazníků jsou zpravidla z rostlého dřeva, ale některé mohou být též z lepeného dřeva nebo z oceli.

Sestavení výpočtového modelu vazníku pro účely návrhu se provádí obvyklým způsobem, zpravidla s použitím některého programového systému. V podstatě je nutno zvolit vhodný geometrický tvar vazníku, definovat podpory, způsob spojení prutů, vlastnosti materiálu, předpokládané tvary a rozměry průřezů a stanovit zatížení. Po vyřešení reakcí a vnitřních sil se provede ověření únosnosti a použitelnosti vazníku ve smyslu metody mezních stavů podle ustanovení normy pro navrhování dřevěných konstrukcí (viz modul M02). Pro navrhování některých typů vazníků i celých střešních konstrukcí lze použít programy, které celý proces návrhu automatizují (komplexní výpočtové i výrobní moduly se například používají při navrhování příhradových konstrukcí se zalisovanými kovovými styčnickovými deskami).

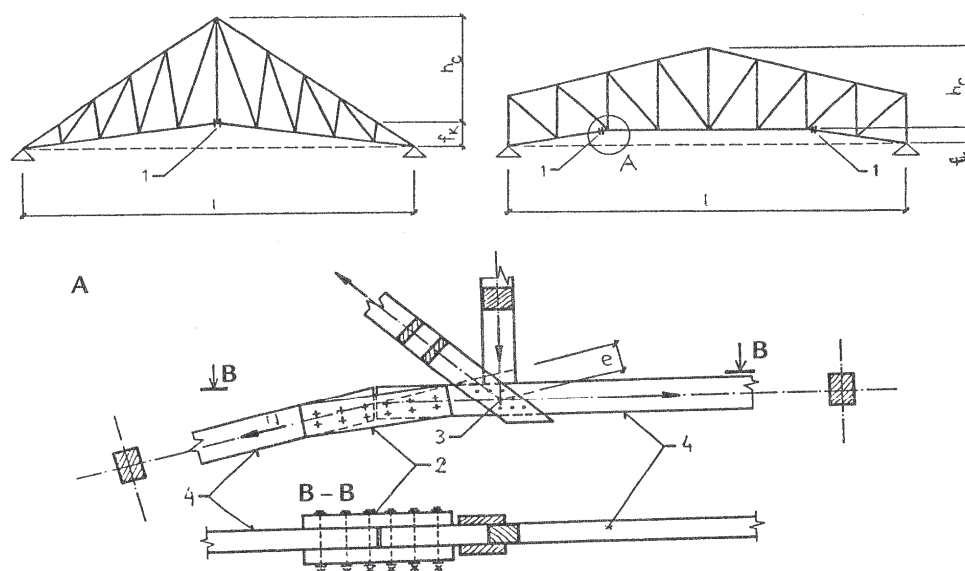
U dřevěných vazníků jsou rozměry prutů výrazně ovlivňovány druhem spojů. Je proto účelné nejprve navrhnout průřez horního a dolního pásu a nejvíce namáhaných mezipásových prutů a ověřit možnost jejich připojení k pásům. Pásové pruty jsou namáhány osovými silami a podle účinku osově síly je třeba provádět posouzení na vzpěr a tah. K osovému namáhání je nutno připočítat ohybová namáhání vyvolaná působením mimostyčného zatížení a excentrickým připojením mezipásových prutů ve styčnicích. Mezipásové pruty přenášejí tahové nebo tlakové síly a posuzují se na tah nebo na vzpěr. Důležitým návrhovým parametrem příhradových vazníků je výška měřená mezi osami pásů uprostřed rozpětí vazníku. Na volbě výšky závisí velikost průhybu vazníku a rozdělení osových sil působících v prutech soustavy, tedy veličiny, které jsou pro návrh vazníků rozhodující. Teoretická výška vazníků nemá být v obvyklých případech menší než hodnoty uvedené v Obr. 4.1 a 4.2.

Počet příhrad a jejich délka závisí zejména na velikosti rozpětí vazníku, na tvaru vazníku a na druhu spojení prutů ve styčnicích. Většinou se délka příhrad navrhuje v rozmezí 1,0 až 3,0 m. Při volbě průřezů prutů je potřeba vycházet ze způsobu namáhání prutů, velikosti působících sil a typu spojení. Oba pásy soustavy mají obvykle stejnou skladbu, jsou buď celistvého nebo členěného průřezu. Výhodou stejného provedení je jednotný konstrukční charakter styčnicků při horním i dolním pásu soustavy. Při návrhu průřezu pásů i ostatních prutů není ale otázka dostatečné únosnosti prutu jediným a často ani rozhodujícím kritériem. Pro dřevěné konstrukce je typické, že o skladbě a rozměrech průřezů rozhoduje v řadě případů únosnost spojů. Pásové členěného průřezu (dvojdílné nebo trojdílné) jsou výhodné pro připojování mezipásových prutů, protože je ve spoji k dispozici více ploch než jejich připojení. Tuto konstrukční výhodu je účelné

využít hlavně u sbíjených vazníků, u nichž vzhledem k většímu počtu spár mezi jednotlivými částmi připojovaných prutů budou hřebíky působit jako více-střížné.

Vzhledem k omezeným délkám řeziva je třeba navrhovat dílenské styky pásů, jež se provádějí ve výrobních závodech. S ohledem na možnosti transportu je nutné u příhradových vazníků větších rozpětí navrhovat montážní styky. Výrobně i montážně je výhodné rozdělit vazník na dvě stejné části, které se na stavbě spojí pomocí stykovacích prvků v jeden celek. Styky se provádějí zpravidla pomocí příložek a vložek umístěných symetricky k ose prutu. Styky tlačných pásů mají být navrhovány v blízkosti styčnicků zabezpečených proti vybočení z roviny vazníku. Po stránce konstrukční je výhodné stykovat tlačené pásy s využitím kontaktu mezi spojovanými částmi. Je-li zabezpečeno těsné dosednutí stykovaných částí, je možné při posuzování spojovacích prostředků uvažovat tlakovou normálovou sílu poloviční hodnotou, což značně usnadní dimenzování spoje.

Z hlediska použitelnosti vazníků je zásadní velikost průhybu. Doporučené mezní hodnoty průhybu příhradových vazníků jsou uvedeny v normě pro navrhování dřevěných konstrukcí. Průhyby dřevěných příhradových konstrukcí vznikají nejen následkem pružných deformací prutů a jejich přípojů, ale také následkem plastických deformací dřeva a spojů. Velký vliv na velikost průhybu mají počáteční netěsnosti spojů v přípojích a stycích prutů. Při nekvalitní výrobě vazníků může trvalá složka průhybu i několikanásobně překračovat velikost pružného průhybu. Dále je třeba mít na zřeteli, že pro velikost celkového průhybu jsou podstatné reologické vlivy. Průhyb dřevěných konstrukcí se zvětšuje s časem a při působení dlouhodobých zatížení. K výraznějšímu zvětšení průhybu dochází v prvních dvou až třech letech působení konstrukce, kdy vlhkost dřeva není ještě ustálena a po prvním zatížení střechy sněhem.



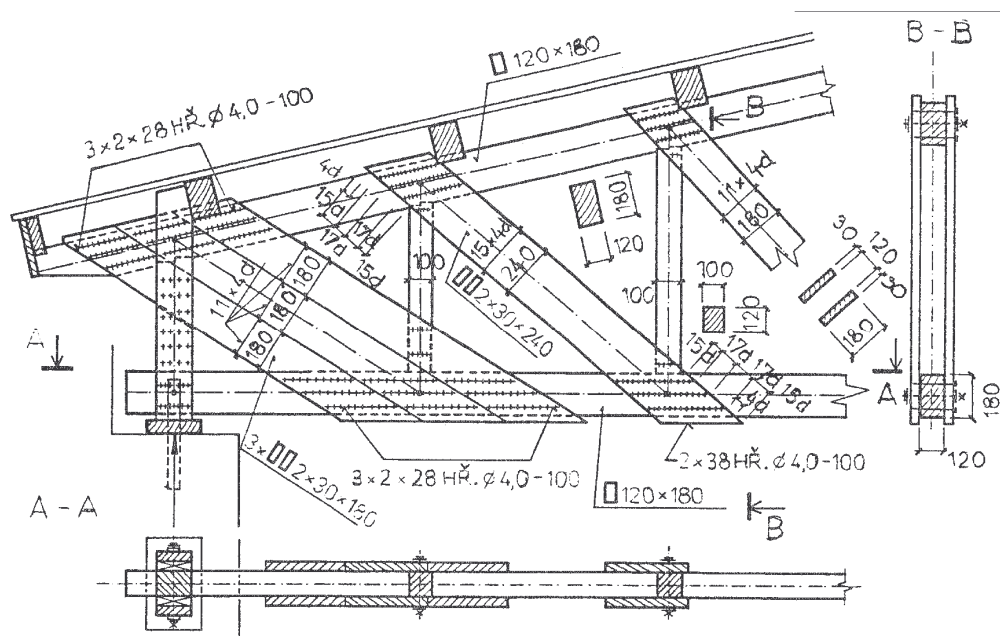
Obr. 4.3 – Nadvýšení příhradových vazníků:

1-styky dolních pásů vazníků, 2-stykovací příložky, 3-styčník, 4-dolní pás

Příhradové vazníky se zpravidla vyrábějí s nadvýšením, které u běžných rozpětí činí asi 1/300 až 1/200 rozpětí. Nadvýšení se obvykle dosáhne zalomením osy dolního pásu v jednom nebo ve dvou místech, ve kterých je pás stykovaný (Obr. 4.4), přičemž se dodrží teoretická výška vazníku. U vazníků velkých rozpětí se navrhuje nadvýšení ve tvaru vhodné křivky, obvykle paraboly.

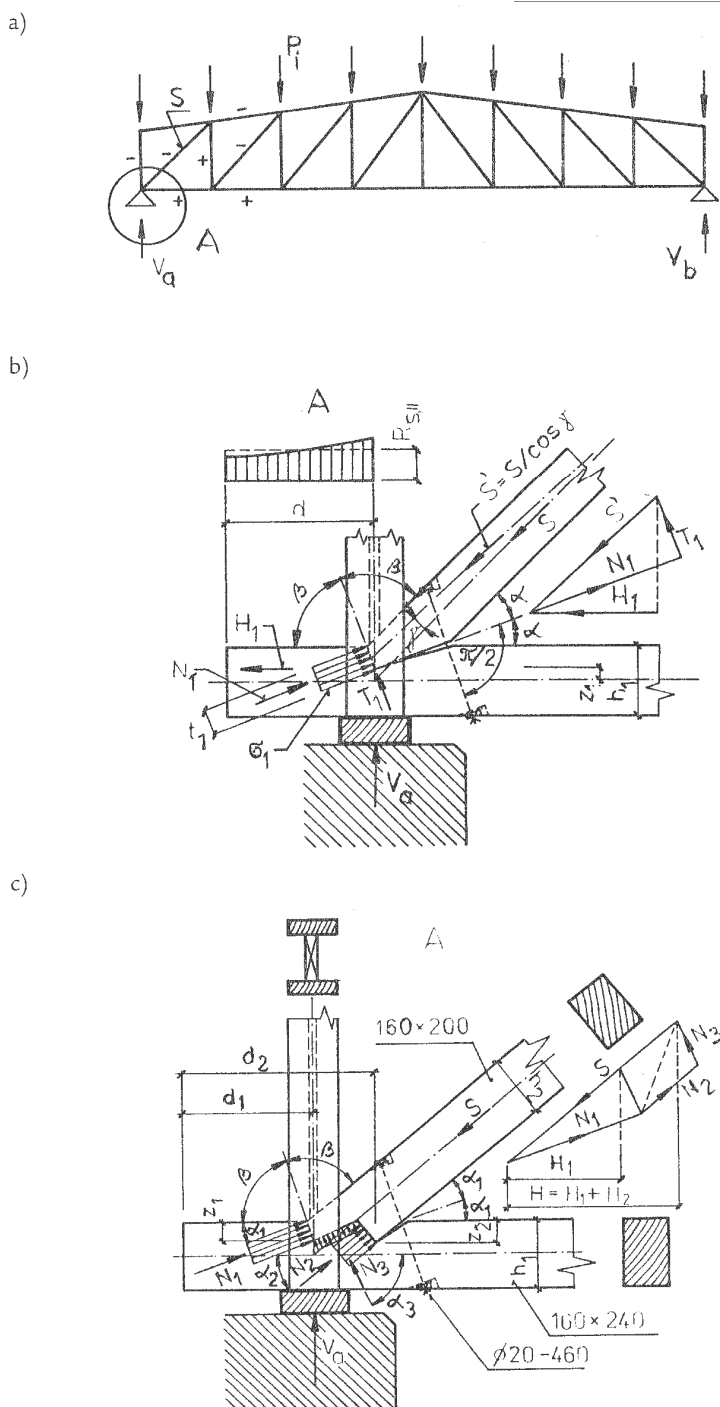
U sbíjených vazníků jsou přípoje prutů k pásům provedeny hřebíkovými spoji. Vzhledem k výrobní jednoduchosti patří tyto vazníky k nejpoužívanějším. Rozpětí sbíjených vazníků je obvykle od 9,0 do 15,0 m při osové vzdálenosti 1,0 až 3,0 m. Tvar vazníků je zpravidla sedlový nebo pultový. Pásky mohou být celistvé nebo členěné. Při spojování prvků větších tloušťek se doporučuje doplnit hřebíkový spoj ve styčnicku svorníkem a styk pásu dvěma spínacími svorníky po každé straně styku.

Příklad konstrukční skladby sbíjeného vazníku s pásky celistvého průřezu na rozpětí přibližně 12,0 m je na Obr. 4.5. Pásový prut je průběžný až po místa styků a jsou vyrobeny z hranolů. Střešní vaznice se ukládají na horní pás v blízkosti styčnicků nebo podle potřeby i mimo styčnicků. V přípojích prutů k pásům lze kombinovat hřebíkové spoje s tesařskými, protože obě spojení mají přibližně stejnou poddajnost. U vazníků se sestupnými diagonálami jsou tažené diagonály konstruovány z desek nebo fošen a jsou připojeny hřebíkovým spojem. Připojení krajních silně namáhaných diagonál vyžaduje velkou plochu pro umístění potřebného počtu hřebíků. Často je třeba volit diagonály ze dvou nebo i více desek, popřípadě provést krajní příhradu jako plnostěnnou. Tlačené svislice jsou celistvého průřezu a jsou připojeny opřením do pásů. Podporové svislice, jež přenášejí osovou sílu odpovídající hodnotě reakce nestačí zpravidla připojit pouze jednoduchým kolmým opřením. Svislici je nutno zesílit příložkami nebo jiným vhodným opatřením.



Obr. 4.4 – Příklad konstrukčního řešení sbíjeného příhradového vazníku s pásky celistvého průřezu

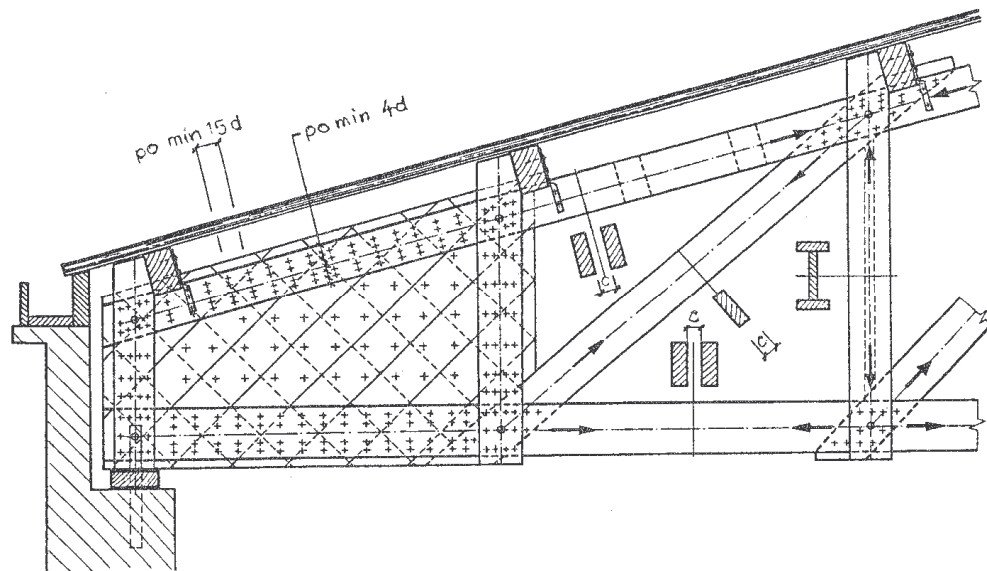
U vazníků s tlacenými výstupnými diagonálami a taženými svislicemi se konstrukční koncepce zamění, tj. diagonály celistvého průřezu se připojí šikmým zapuštěním a svislice dvojdílného průřezu se připojí hřebíky jak je znázorněno na Obr. 4.5.



Obr. 4.5 – Příklady konstrukčního řešení příhradového vazníku s pásy celistvého průřezu a výstupnými tlacenými diagonálami:
 a-schéma vazníku, b-připojení diagonály jednoduchým šikmým zapuštěním, c-připojení diagonály dvojitým šikmým zapuštěním

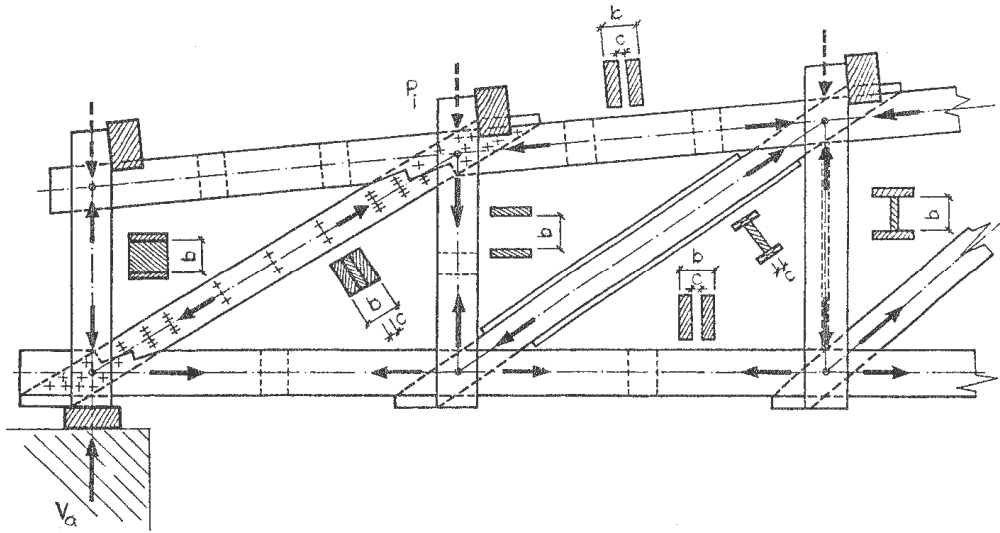
Je třeba mít na zřeteli, že připojení mezipásových prutů pomocí opření nebo zapuštění je účinné pouze v případě působení tlakových sil. Vyskytne-li se při některé kombinaci zatížení v takto připojeném prutu i tah (například u diagonál ve středních příhradách některých soustav při kombinaci zatížení stálého a jednostranného zatížení sněhem), je potřeba tahovou sílu přenést pomocí přílozek nebo jiným konstrukčním opatřením. Koncepce konstrukčního řešení styčníků s přípoji prováděnými kombinací hřebíkových a tesařských spojů je u pravouhlých příhradových soustav výhodná, protože většinu styčníků lze provést centricky. Tuto kombinaci spojů přibližně stejné tuhosti lze uplatňovat i v případě jiných typů mechanických spojů (například u spojů se zalisovanými styčnickovými deskami, u hmoždinkových spojů, ale i v dalších případech).

U sbíjených vazníků s pásy členěného průřezu se pásové i mezipásové pruty provádějí z deskového řeziva. Průřezy pásů bývají dvojdílné, při větších rozpětích i trojdílné. Vhodná tloušťka desek je 30 až 50 mm. Často je obtížné připojit krajní diagonály hřebíky, protože jich vychází velký počet a není možné je rozmístit na šířku desek. V tom případě se jedna nebo i dvě krajní příhrady konstruují jako plná stěna ze zkřížených desek. Příklad konstrukční skladby vazníku s pásy členěného průřezu je na Obr. 4.6.

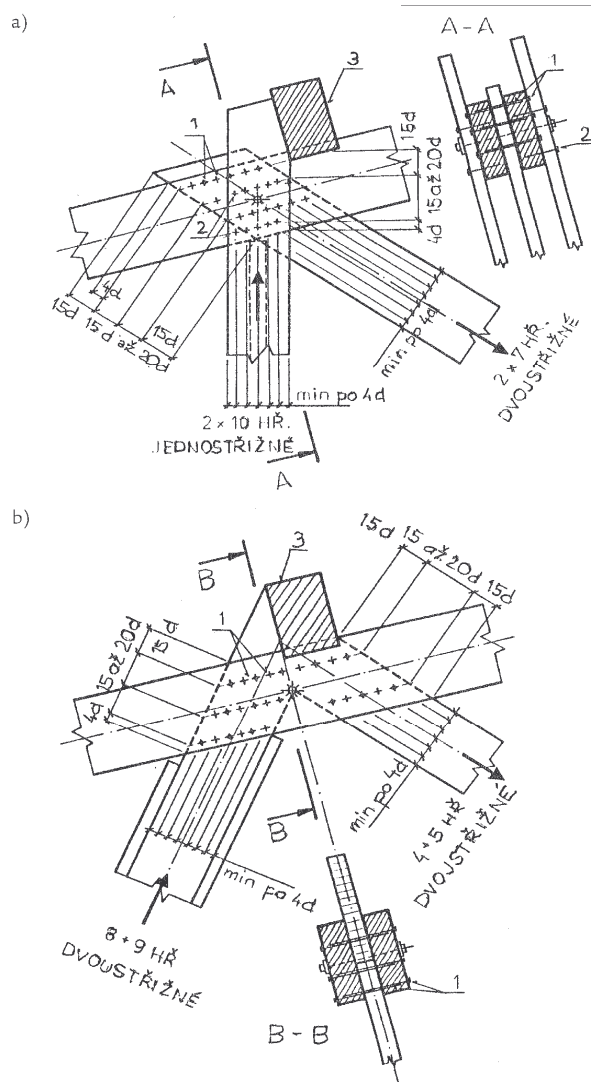


Obr. 4.6 – Příklad konstrukčního řešení sbíjeného příhradového vazníku s pásy členěného průřezu

Příklad příhradového vazníku s výstupnými diagonálami je na Obr. 4.7. Silně namáhaná tlačena podporová diagonála je řešena jako prut složeného průřezu, jehož střední část je připojena k pásům hřebíky a krajní části jednoduchým nebo dvojitým zapuštěním. Ostatní pruty jsou připojeny hřebíkovými spoji. Konstrukční řešení styčníků je patrné z Obr. 4.8. Prut vložený mezi profily pásu je připojen dvojitými hřebíky, dílčí části prutu přetažené přes pásy jednoduchými hřebíky. Spojení je doplněno spínacím svorníkem. U příhradových vazníků kosoúhlé soustavy se běžně provádí excentrické řešení styčníků. Přídavné ohybové namáhání vlivem excentrického připojení je třeba uvážit při dimenzování pásů. Pokud excentricita styčnicku nepřesahuje hodnotu poloviny výšky pásu, není přídavné ohybové napětí obvykle výrazné ve srovnání s osovým napětím od účinku normálové síly.

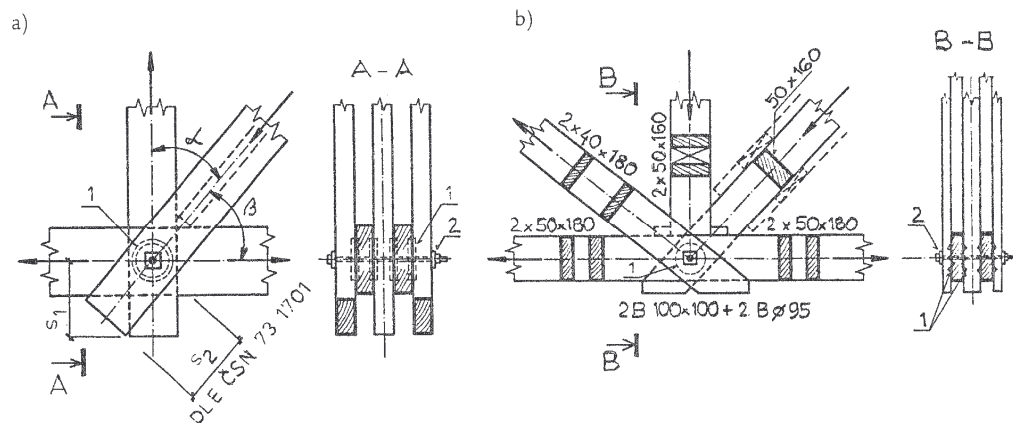


Obr. 4.7 – Příklad konstrukčního řešení příhradového vazníku s pásy členěného průřezu a výstupnými diagonálami



Obr. 4.8 – Detaily styčniců sbíjeného vazníku s členěnými pásy: 1-dvojstrížné hřebíky, 2-jednostřížné hřebíky, 3-střešní vaznice

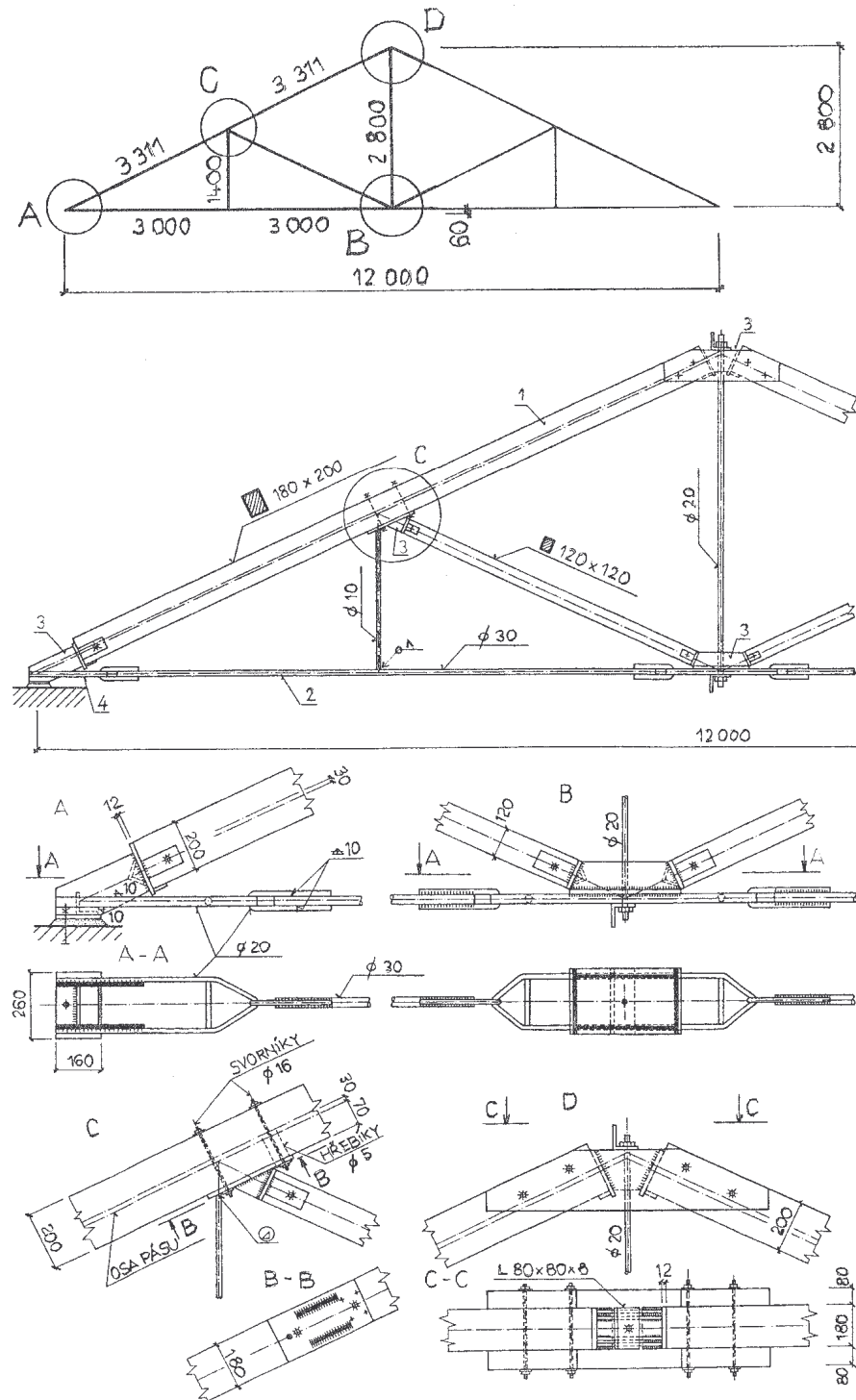
Příhradové vazníky s hmoždinkovými spoji se používají pro větší rozpětí (15 až 24 m, případně i více). Konstrukční uspořádání vazníků s hmoždinkovými spoji je obdobné jako u sbíjených vazníků. S ohledem na zvýšení únosnosti přípojů je účelné navrhovat pásy členěné, dvojdílné nebo trojdílné. Obvykle se používají zazubené hmoždinky zalisované do spár spojovaných dřev, méně vkládané hmoždinky. Při návrhu profilů je nutné dodržet normou stanovené nejmenší průřezy řeziva s ohledem na předpokládané velikosti hmoždinek. Návrhové únosnosti hmoždinek a konstrukční požadavky jsou uvedeny v příslušných normách. Základním řešením styčníků je přímé připojení mezipásových prutů k pásům jak je patrné z Obr. 4.9. Doporučuje se centrické provedení styčníků, protože přídatná napětí vlivem excentrického připojení mohou u těchto vazníků dosahovat značných hodnot. Určitou nevýhodou vazníků s vkládanými hmoždinkovými spoji ve srovnání s jinými typy jsou vyšší nároky na přesnost výroby a jakost řeziva (vlhkost dřeva v době výroby konstrukce nesmí přesahovat 15%). V praxi se dává přednost zalisovaným hmoždinkám typu Bulldog (vlhkost dřeva může být do 20%).



Obr. 4.8 – Detaily styčníků příhradových vazníků s hmoždinkovými spoji:
 a-styčník s vkládanými hmoždinkami do otvorů ve dřevěných profilech, b-styčník se zalisovanými hmoždinkami typu Bulldog:
 1-hmoždinky vkládané, respektive zalisované, 2-stahovací svorníky

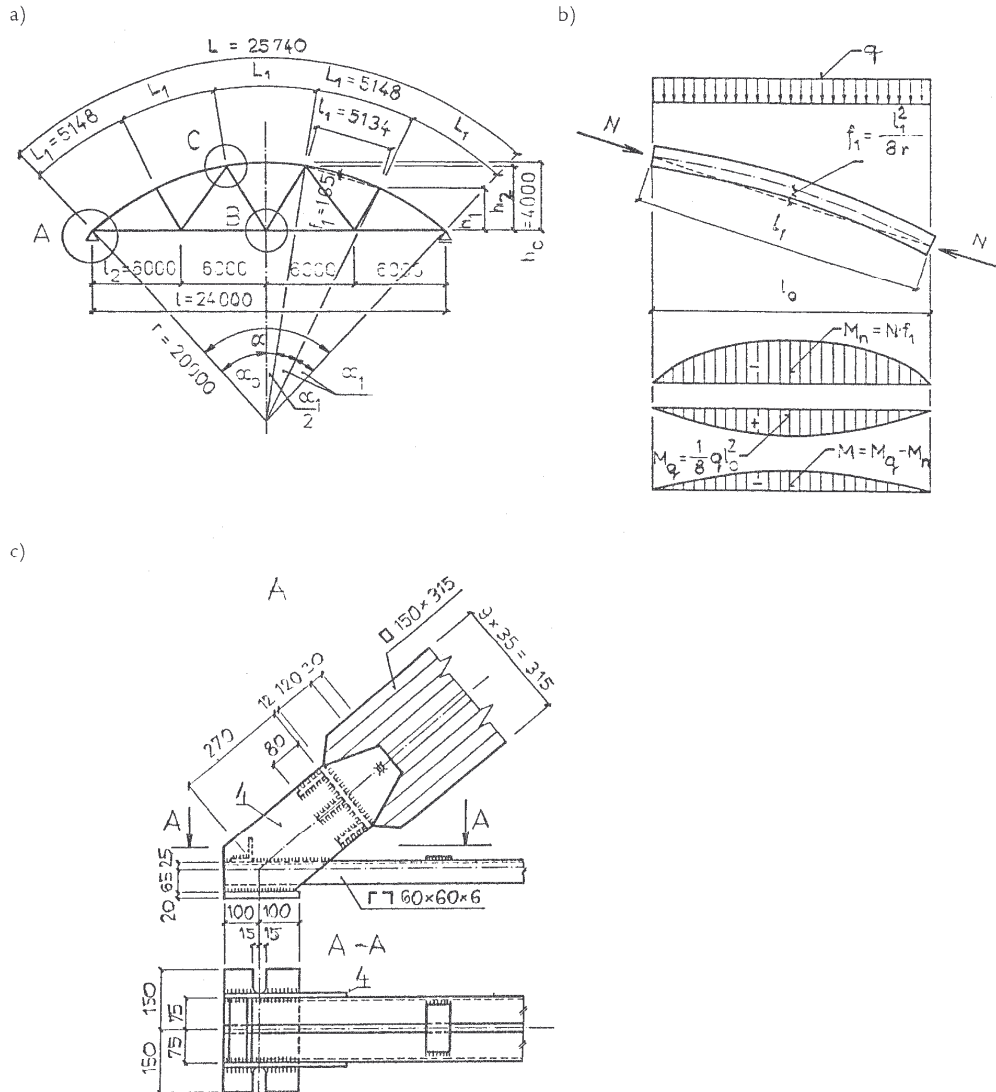
K nejvíce používaným příhradovým vazníkům patří v současné době vazníky s kovovými styčnickovými deskami s prolisovanými trny. Výrobou těchto vazníků se zabývá řada specializovaných firem. Hlavní výhody lze spatřovat v progresivní výrobě a hospodárném využití materiálu. V současné době tvoří tyto typy vazníků největší část produkce dřevěných příhradových vazníků. Také proces automatizace navrhování pokročil nejvíce právě u tohoto typu konstrukcí. Výroba vazníků probíhá automatizovaně na speciálních výrobních linkách podle stanoveného programu. Rozpětí vazníků je v rozmezí od 7 do 30 m. Osová vzdálenost je obvykle od 1,0 do 2,5 m. Větší osové vzdálenosti se dosahují zdvojením vazníků. Všechny pruty jsou celistvého průřezu a mají stejnou tloušťku. U vazníků s rozpětím do 12 m nemá být tloušťka desek menší než 30 mm a při rozpětí nad 12 m nejméně 50 mm. Příklad trojúhelníkového vazníku s charakteristickými detaily styčníků je na Obr. 4.9. Konstrukční řešení vazníků jiných geometrických tvarů je obdobné.

vaných objektů. Se staršími typy těchto vazníků se běžně setkáváme při rekonstrukcích střech. Většinou je účelné využít tyto vazníky i v rekonstruovaných soustavách. Kombinované vazníky ze dřeva a oceli jsou navrhovány pro větší rozpětí (asi od 18 do 36 m). Na Obr. 4.10 je uveden příklad konstrukčního řešení kombinovaného vazníku trojúhelníkového tvaru. Pro dolní tažený pás se používají obvykle kruhové průřezy, úhelníky a profily typu U.



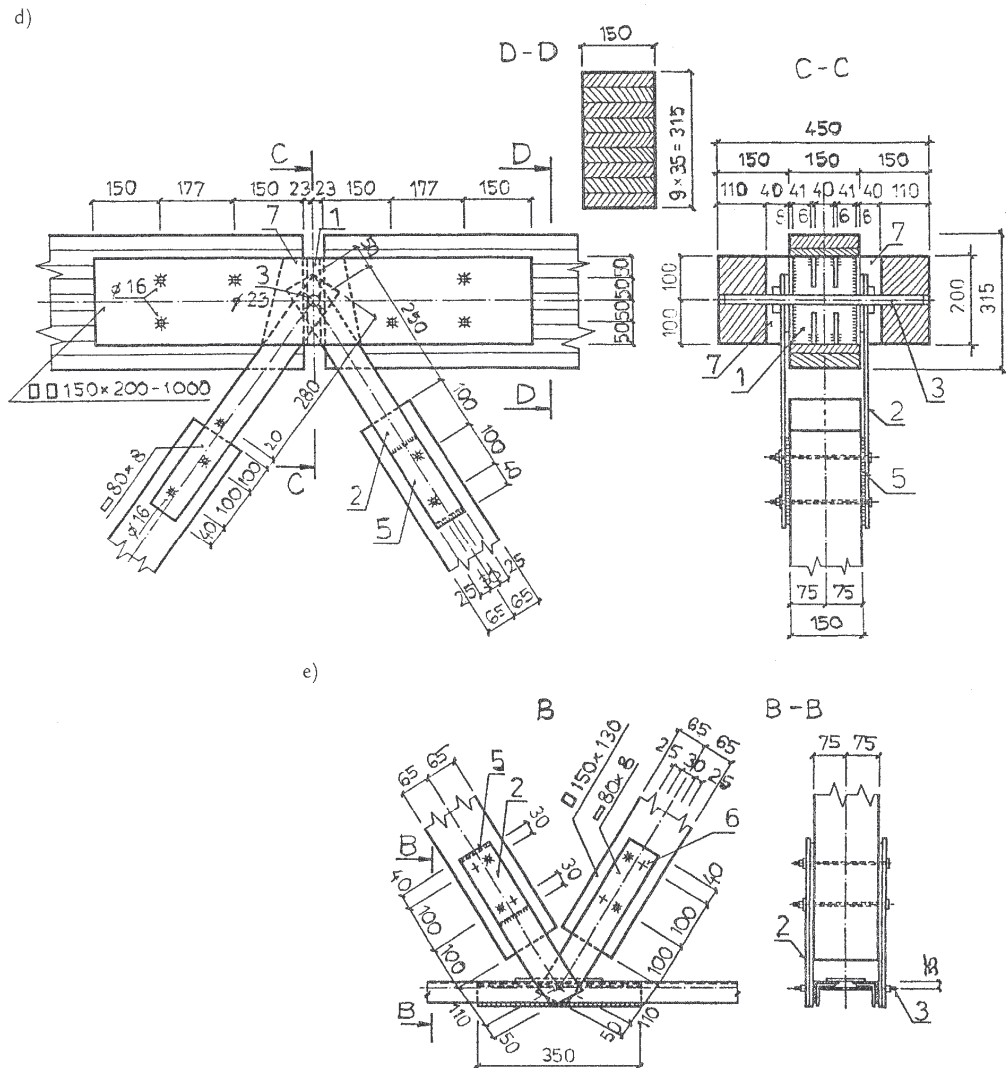
Obr. 4.10 – Příklad kombinovaného vazníku s ocelovým dolním pásem:
1-dřevěný horní pás, 2-ocelový dolní pás, 3-ocelová botka, 4-přípoj dolního pásu

K perspektivním typům příhradových konstrukcí náleží kombinované vazníky vyrobené z lepeného dřeva a z oceli. Horní pásy těchto vazníků, namáhané současně tlakem a ohybem, jsou vyrobeny z lepených lamelových průřezů. Pás je možné řešit jako dělený na jednotlivé pruty jak je znázorněno na Obr. 4.11 anebo též jako průběžný obloukový dílec. Důležitým konstrukčním detailem kombinovaných vazníků všech typů je detail uložení, který je obvykle proveden pomocí ocelové botky (u starších konstrukcí jsou podporové botky litinové).



Obr. 4.11 – Kombinovaný segmentový vazník s lepeným horním pásem: a-geometrické schéma vazníku, b-k výpočtu horního pásu na účinnk osové tlakové síly a ohybového momentu, c-podporový styčník

Diagonální pruty jsou připojeny pomocí vnějších ocelových plechů (příložek). Pro zabezpečení účinného přenosu tlakových osových sil ve styčnicích horního pásu (pokud je proveden z dělených kusů) je nutné vkládat kontaktní ocelové vložky a přípoj zabezpečit vnějšími stokovacími příložkami. Výslednice sil působících v diagonálách se přenáší ve styčnickovém šroubem.



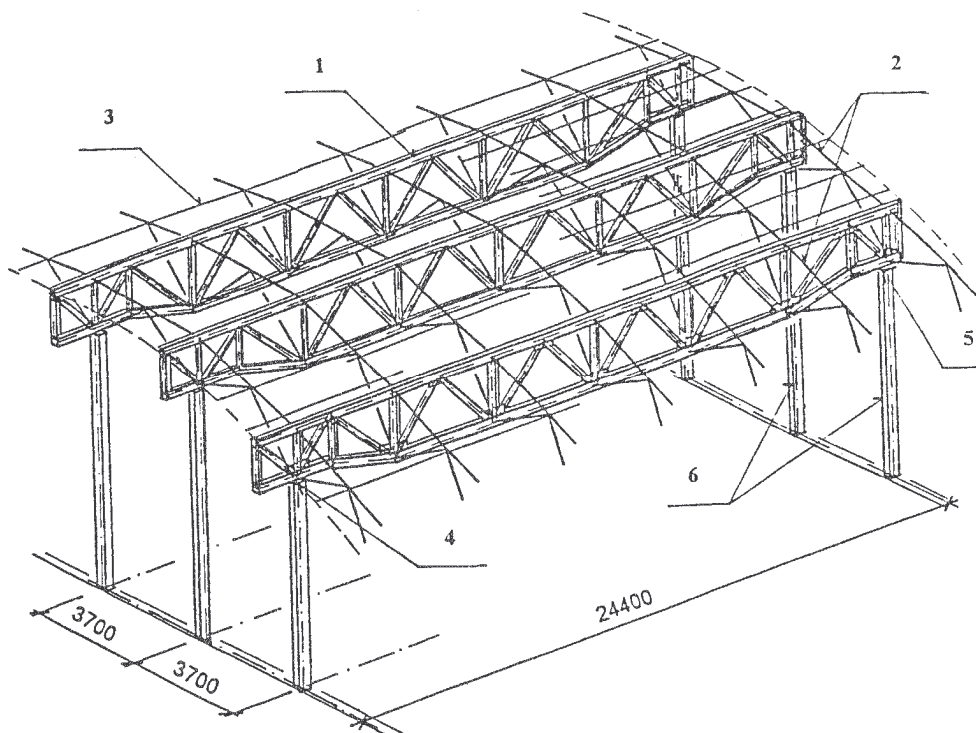
Obr. 4.12 – Konstruktivní detaily kombinovaného segmentového vazníku:

d-styčnický horního pásu, *e*-styčnický dolního pásu:

1-kontaktní ocelové vložky ve styčnicích horního pásu, 2-ocelové příložky pro připojení diagonál, 3-styčnickový šroub, 4-ocelová svařovaná botka, 5-vyrovnávací podložky, 6-montážní hřebíky, 7-výřez ve dřevěných stokovacích příložkách pásů

Vývoj dřevěných příhradových konstrukcí vždy souvisel s vývojem nových spojovacích prostředků. Mezi novodobé typy spojů patří spoje řešené pomocí ocelových styčnickových plechů vkládaných do výřezů ve dřevěných profilech. Pro připoje se styčnickovými plechy tloušťky 1,0 až 2,5 mm se používají hřebíky o průměru 3,1 až 4,0 mm, které se bez předvrtání nastřelují do dřeva a plechů (systém Greimbau). V připojích s plechy větší tloušťky jsou spojovacími prvky ocelové kolíky o průměru 6 až 20 mm. Ve smyslu evropských norem jsou tyto typy spojů zařazovány mezi typy spojení „ocel-dřevo“. Výhodou uvedeného typu vazníků je velká únosnost a možnost vytvářet geometricky složité tvary na velká rozpětí. Na Obr. 4.13 je znázorněna sekce konstrukce zastřešení s příhradovými vazníky tohoto typu. Konstrukce příhradového vazníku s charakteristickým detailem styčnicku je patrná z Obr. 4.15. Rozpětí vaz-

níku je 24,4 m. Vazníky jsou podepřeny na betonových sloupech vetknutých do základových patek.

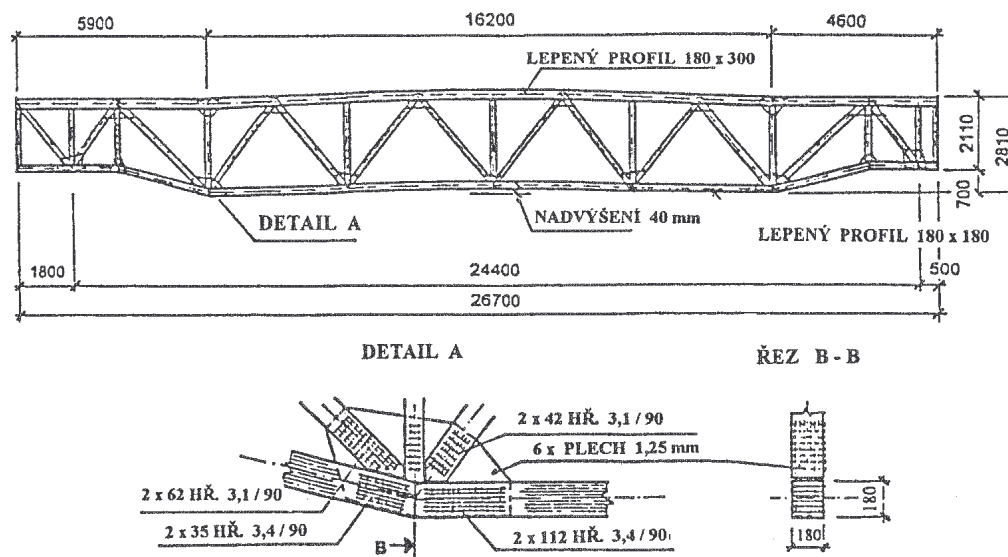


Obr. 4.13 – Skladba konstrukce s příhradovými vazníky se spoji řešenými pomocí plechů vkládaných do výřezů ve dřevěných profilech:
 1-příhradový vazník, 2-příhradové příčníky (současně podélná ztužidla), 3-střešní vaznice, 4-pevné ložisko, 5-vodorovně posuvné ložisko (elastomerové ložisko), 6-betonové sloupy vetknuté do základových patek



Obr. 4.14 – Montážní stav konstrukce uvedené v Obr. 4.13; na obrázku jsou patrné hlavní příhradové vazníky, příhradové příčníky a betonové sloupy proměnné výšky

Pásky příhradového vazníku jsou z lepených lamelových průřezů, ostatní pruty jsou z rostlého dřeva. Montážní styky jsou navrženy v místech zalomení dolního pásu. Na základě teoretického výpočtu, ve kterém byly zohledněny i vlivy prokluzu spojů a kombinovaného účinku vlhkosti dřeva a dlouhodobého trvání zatížení byla navržena amplituda nadvýšení 40,0 mm. Nadvýšení se u vazníků velkých rozpětí projevuje podstatnou změnou geometrického tvaru, což je nutné respektovat při výrobě vazníku, zejména s ohledem na odpovídající pořežovou úpravu konců prutů a tvar styčnickových plechů.



Obr. 4.15 – Příhradový vazník s ocelovými styčnickovými plechy a charakteristický detail styčnicku

4.2 Dřevěné příhradové rámy

Příhradové rámy, stejně jako plnostěnné rámy, jsou navrhovány zpravidla pro halové objekty. Při radiálním uspořádání se používají jako žebra kopulí a obdobných typů dřevěných prostorových konstrukcí. Z hlediska návrhu a konstrukčního řešení platí obecné zásady pro příhradové vazníky podrobněji uvedené v odst. 4.1 a pro plnostěnné rámy uvedené v odst. 3.2.

Výpočet příhradových rámu se provádí na základě metod stavební mechaniky pro rovinné prutové soustavy, převážně s použitím programového systému. Tlačené pruty je nutné posoudit na vzpěr v rovině i z roviny rámu. Oba pásy rámu musí být konstrukčně zabezpečeny proti vybočení z roviny rámu, a to v bodech uvažovaných ve výpočtu. Zásadní je účinné zabezpečení vnitřního rohu rámu. Prostorové schéma konstrukce s příhradovými rámy je uvedeno na Obr. 2.5. Vzpěrná délka prutů horního pásu pro vybočení z roviny rámu se rovná osové vzdálenosti vaznic připojených do soustavy příčného tužidla. Požadovanou vzpěrnou délku dolního pásu je nutno zabezpečit podélnými tužidly nebo vzpěrkami. Styčnický příhradových rámu je možné řešit stejným způsobem jako u příhradových vazníků. Podle druhu spojení prutů ve styčnicích se vyskytují rámy sbíjené, s hmoždinkovými spoji, se zalisovanými kovovými styčnickovými deskami a rámy s ocelovými styčnickovými plechy.

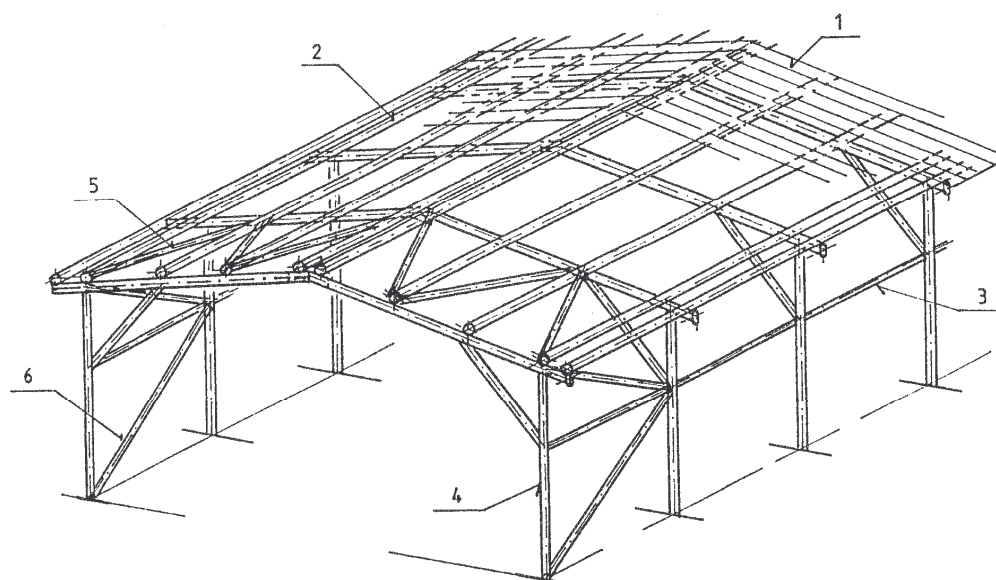
Sbíjené rámy mají rozpětí asi do 15 m. Od plnostěnných sbíjených ráků se v podstatě liší jenom tím, že plná stěna spojující pásové pruty příčle a stojky ráku je nahrazena soustavou mezipásových prutů, tedy svislic a diagonál. Krajiní příhrady příčle v oblasti rámových rohů je však vhodné konstruovat z více desek, tedy stejným způsobem jako u ráků plnostěnných. Výrobně a montážně jednoduchý rám lze vytvořit spojením příhradového vazníku a stojek. Vazník je obvykle sedlového tvaru a stojky mají trojúhelníkový tvar, takže pásové pruty stojek se sbíhají v patním kloubu. Takto sestavená konstrukce působí jako dvojkolbový rám. Je ovšem třeba uvažovat s poměrně velkou poddajností rámového rohu. Analogicky jako u sbíjených plnostěnných ráků, kde poddajností rámového rohu dochází ke zvětšení ohybového momentu v příčli, zvětší se u příhradových ráků osové síly v pásech příčle.

V současné době jsou nejvíce produkovány rámy se spoji řešenými pomocí kovových styčnickových desek s prolisovanými trny. Rozpětí těchto ráků může být nejvíce 30 m. Konstrukční skladba ráků se neliší od skladby vazníků uvedených v odst. 4.1. Vyrábějí se rámy trojkolbové, dvojkolbové i rámy složitějších geometrických tvarů. Rámy je účelné vyrobit z jednotlivých dílců, které se na montáži sestaví v jeden celek. Příhradová příčle (u trojkolbových ráků polopříčle), vyrobená jako samostatný dílec, se vkládá mezi dvojdílné stojky. Stojky jsou rovněž příhradové a probíhají průběžně od patního kloubu až k hornímu pásové příčle. Rámový roh se vytvoří překrytím a vzájemným spojením tvarově shodných krajiní příhrad příčle a stojky. Konstrukci ráku je ovšem možné vytvořit i jako jeden celkový dílec. Z důvodů transportu je však třeba konstrukci rozčlenit na části, které se na stavbě spojí pomocí montážních styků. Pro montáž postačují lehké mechanismy, při větších rozpětích autojeřáb.

Pro větší rozpětí, pokud se nepoužije plnostěnných lepených ráků, jsou nejvhodnější rámy se styčnickovými plechy. Plechy se vkládají do výřezů provedených ve dřevěných profilech. Jako spojovacích prostředků lze použít hřebíků nastřelovaných do dřeva a tenkých plechů (systém Greimbau) nebo ocelových kolíků zaražených do předvrtaných otvorů. Příhradové konstrukce tohoto typu jsou velmi perspektivní a jsou předmětem teoretického a experimentálního výzkumu. Zásady návrhu a konstrukčního řešení ráků jsou stejné jako u oblouků (viz odst. 4.3).

Při vytváření rámových nosných soustav lze také využít příznivých vlastností kulatiny, ale současně je třeba uvážit určitá specifika tohoto konstrukčního materiálu. Vyplývají zejména z menší ohybové únosnosti prvků kruhového profilu ve srovnání s obvykle používanými dřevěnými profilemi a ze specifického řešení konstrukčních detailů. Konstrukce lze navrhovat zpravidla z kulatiny malých a středních průměrů od 80 mm do 200 mm, které jsou běžně dodávány dřevařskými firmami. Navrhovat lze proto pouze rámy menších rozpětí, asi do 12 m. Vzhledem k tomu, že prvky kruhového profilu jsou nejvýhodnější pro přenos osových sil, jsou pro využití kulatiny nejvhodnější prutové soustavy. Přídavná ohybová namáhání prutů těchto soustav jsou vyvozována zejména účinky mimostyčně působících zatížení a dále excentricitami v přípojích prutů ve styčnicích, případně nesymetrickým oslabením průřezů v místech tesařských spojů. Při navrhování konstrukcí s použitím kulatiny lze obecně postupovat obvyklým způsobem uplatňovaným i v případě navrhování dřevěných konstrukcí z hraněných profilů. U rámových konstrukcí mohou být všechny nosné prvky vyrobeny z kulatiny, tj. příčné rámy, střešní vaznice, krokve, stě-

nové paždíky, pruty ztužidel, případně i opláštění stěn. Z konstrukčního hlediska jsou pro praktickou realizaci nejvhodnější vzpěrkové rámy. Rámy mohou být vyrobeny s jednostrannými vzpěrkami i oboustrannými vzpěrkami v oblasti rámových rohů. Únosnější jsou rámy s rozdvojenými vzpěrami připojenými k rámovým příčlím a ke stojkám v místě podpor. Na únosnost a přetvoření rámu má vliv více faktorů, z nichž mezi nejvýznamnější patří velikost požadovaného rozpětí, zvolený typ rámu, výška konstrukce, intenzita zatěžovacích vlivů a požadavky na stěnové opláštění konstrukce. Doporučená osová vzdálenost rámu je 1,5 až 2,0 m. Při návrhu rámové konstrukce je třeba vzít v úvahu, že u vzpěrkových rámu jsou hodnoty deformací a vnitřních sil ve značné míře ovlivňovány výškou rámu a účinky vodorovných zatížení od větru. Rozhodující hodnoty ohybových momentů vznikají v místě připojení vzpěrek ke sloupům. Konstrukce halového typu s využitím kulatiny jsou ekonomicky výhodné. Jsou výrobně a montážně jednoduché. V praxi jsou používány zejména pro zemědělské stavby, sklady, přístřešky a stavby obdobného typu. Příklad typické rámové konstrukce z kulatiny je na Obr. 4.16.



Obr. 4.16 – Skladba rámové konstrukce z kulatiny:
1-střešní plášť, 2-vaznice, 3-stěnové paždíčky, 4-vzpěrkový rám, 5-střešní část příčného ztužidla, 6-stěnová část příčného ztužidla

4.3 Dřevěné příhradové oblouky

Uplatnění příhradových oblouků v nosných soustavách je v zásadě stejné jako v případě plnostěnných oblouků. Nejčastěji používané typy příhradových oblouků z hlediska statického působení jsou uvedeny na Obr. 4.2. Geometrický tvar příhradových oblouků je většinou polygonální. Požadovaného plynulého zakřivení střešní plochy se dosáhne nosnou vrstvou střešního pláště, která je zpravidla uložena na bednění nebo na střešních panelech. Místa lomů pásových prutů jsou v místech styčniců, kde se současně provádějí styky pásů. Připojení vnitřních prutů k pásům může být provedeno různým způsobem, obdobně jako u příhradových nosníků a rámu.

Starší konstrukce byly vyráběny sbíjené s hřebíkovými spoji, konstrukce větších rozpětí pak s hmoždinkovými spoji. Pro rozpětí do 30 m jsou v současné době nejvíce používány oblouky s kovovými styčnickovými deskami s prolisovanými trny. Konstrukční řešení těchto oblouků je stejné jako u rámu a vazníků téhož typu. Velkých rozpětí je možné dosáhnout oblouky se styčnickými řešeními na principu ocelových styčnickových plechů. Vzhledem k tomu, že reálné průřezy z rostlého dřeva mohou být nejvíce rozměrů asi 220 x 240 mm je možné navrhovat tyto oblouky na rozpětí do 60 m. V případě, že pásy příhradových oblouků budou navrženy z lepeného lamelového dřeva, lze dosáhnout mnohem větších rozpětí a také plynulého zakřiveného tvaru. V podstatě se vyrobí dva plnostěnné lepené oblouky, které se propojí soustavou mezipásových prutů. Střechy s největším rozpětím jsou v oboru dřevěných konstrukcí konstruovány jako lamelové prostorové systémy (podrobněji viz modul M05). Lamely v těchto systémech jsou dílce obloukového typu, plnostěnné nebo příhradové.

Výška průřezu příhradových oblouků je obvykle konstantní, takže pásy probíhají paralelně. Nejmenší doporučená hodnota vzepětí je $1/6$ rozpětí oblouku, výška průřezu nemá být menší než $1/30$ rozpětí. Střednice průřezu má kruhový nebo parabolický tvar. Jedním ze zásadních bodů při návrhu a realizaci oblouků všech typů je účinné přenesení vodorovné složky reakce oblouků do základů nebo na spodní stavbu. Patky oblouků, obdobně jako patky rámu, se řeší pomocí ocelových patních botek. Přenesení reakcí je možné vyřešit pomocí ložisek nebo pomocí čepu. Příklad typické prostorové skladby střešní konstrukce s příhradovými oblouky je uveden na Obr. 2.9.

Starší obloukové konstrukce byly zpravidla vyráběny sbíjené a se svorníkovými spoji. Nejrozšířenější jsou konstrukce s pásy členěného průřezu, se zkříženými diagonálami provedenými ve dvou stěnových vrstvách. Vodorovná složka reakce bývá často přenášena ocelovým nebo i dřevěným táhlem. U dřevěných táhel je kritickým místem styk táhla. V oblasti styků se často vyskytují trhliny snižující únosnost spoje. Při sanaci je někdy nutné dodatečně nahradit dřevěná táhla ocelovými s možností rektifikace.

Nové typy příhradových oblouků o rozpětí větším než 30 m jsou vyráběny s ocelovými styčnickovými plechy. Plechy se vkládají do výřezů ve dřevěných profilech. Tenké ocelové plechy o tloušťce 1,0 až 2,5 mm se vkládají do profilů v počtu čtyř až šesti a spojovacími prostředky jsou hřebíky o průměru 3,1 až 3,4 mm. Pro plechy tloušťky 5 až 12 mm jsou spojovacími prvky ocelové kolíky o průměru 6 až 20 mm. Příklad realizované konstrukce uvedeného typu je na Obr. 2.10. U nás byla v poslední době (r. 2002) realizována konstrukce s příhradovými oblouky na rozpětí 59,5 m (Obr. 2.11).

5 Kontrolní otázky



- 1 Uveďte základní typy dřevěných plnostěnných konstrukcí a jejich charakteristiku.
- 2 Uveďte základní typy dřevěných příhradových konstrukcí a jejich charakteristiku.
- 3 Vysvětlete zásady prostorové skladby konstrukcí s rovinnými příčnými vazbami.
- 4 Vysvětlete konstrukční skladbu příhradových nosníků, rámu a oblouků.
- 5 Uveďte typy spojů používaných v příhradových konstrukcích.
- 6 Jaké způsoby namáhání se vyskytují v prutech příhradových konstrukcí?
- 7 Nakreslete typický detail styčnicku příhradové konstrukce.
- 8 Jaký účel mají příčná ztužidla v nosných systémech?
- 9 Uveďte příklady kombinace dřeva s jinými stavebními materiály.
- 10 Nakreslete geometrický model konstrukce s rámovými příčnými vazbami.
- 11 Jaké typy průřezů se používají pro výrobu plnostěnných konstrukcí?
- 12 Jaké typy průřezů se používají pro výrobu příhradových konstrukcí?
- 13 Jakým způsobem se konstrukčně řeší plnostěnné rámy?
- 14 Jaké konstrukční možnosti jsou k dispozici při navrhování příhradových oblouků?



6 Studijní prameny

6.1 Použitá literatura

- [1] Dutko, P., Lederer, F. a kol. *Drevené konštrukcie*. ALFA, Bratislava, 1976.
- [2] Koželouh, B. *Dřevěné konstrukce, STEP 2, Návrh-Detaily a konstrukční systémy*. KODR, Louky, 2004.
- [3] Straka, B., Pechalová, J. *Dřevěné konstrukce*. CERM Brno, 1996.
- [4] Straka, B. *Navrhování dřevěných konstrukcí*. CERM, Brno, 1996.



6.2 Doplnková studijní literatura

- [5] Blass, H. J. *Timber Engineering, STEP 2, Design-Details and structural systems*. Centrum Hout, The Netherlands, 1995.

6.3 Odkazy na další studijní zdroje a prameny

- [6] Straka, B. *K vývoji dřevěných konstrukčních soustav*. Intranet Fakulty stavební VUT v Brně.