

3 Klenby ve stavitelství

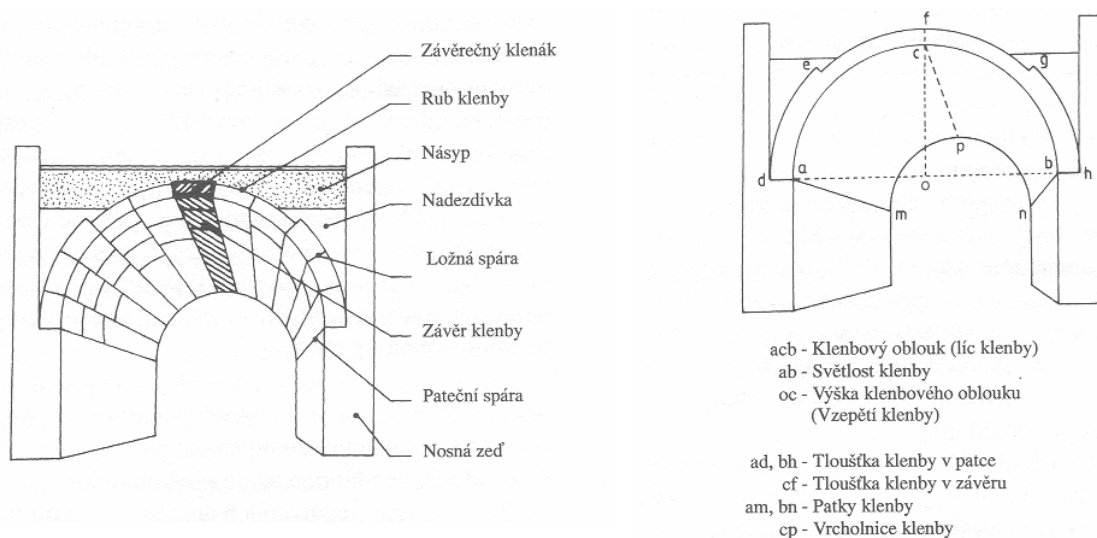
3.1 Základní pravidla pro stavbu a údržbu kleneb

Klenby se stavěly z kamene, cihel nebo litého zdiva. Stavební materiál byl dán lokalitou stavby a historickým obdobím. Pro všechny druhy kleneb bez rozdílu druhu, slohu a dějinného období však platí stejná základní pravidla pro jejich stavbu a údržbu:

a) Při stavbě musí být klenby podepřeny skružemi – ramenáty, které mají tvar vnitřního klenbového oblouku a jsou podpírány soustavou sloupků a vzpěr. Na ramenáty se pak položí bednění a na něm se provádí vlastní zdění. Celá podpůrná konstrukce musí být dostatečně pevná, aby při stavbě unesla váhu klenbového zdiva, a musí být sestavena tak, aby se dala snadno uvolnit – bez otřesů najednou. Stejnoměrné sesednutí klenby při odbednění zabraňuje vzniku trhlin. Mezi podpory a ramenáty jsou proto vsazovány klíny nebo jsou stojky postaveny na speciálních odskružovacích stoličkách. Vlastní odskružení se provádí až po úplném zatvrdnutí zdiva, kdy je konstrukce klenby již celistvá. Některé tvary kleneb nebyly prováděny na bednění, ale byly při stavbě jen v určitých místech podporovány ramenáty. Mezi nimi se klenulo bez podpory, tak zvané „od ruky“. Pro úplnost je nutno dodat, že ve sklepech a v lidovém stavitelství mohl sloužit místo bednění také upravený povrch zeminy, který byl po zatvrdnutí klenby odkopán.

b) Stavba kleneb a jejich opravy se provádějí v zastřešené budově, aby nebyly vystaveny vlivu povětrnosti. Mráz, déšť, sníh a vítr narušují pojivo i základní materiál, což klenbu poškozuje a může vést k jejímu zřícení.

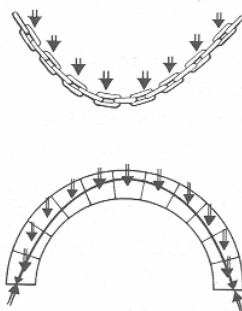
c) Konečně je nutné zdůraznit, že klenba musí být pevně a stabilně podepřena zdmi, pasy nebo nosníky, do kterých je pevně ukotvena. Vliv sedání a rozestupování podpůrných konstrukcí je, kromě vlivu povětrnosti, druhým faktorem, který může vést k poškození a zřícení klenby. Není-li klenba ohrožena povětrností ani nestabilitou podpůrných konstrukcí, je při dodržení statických zásad prakticky nezničitelná. Tento přehled byl částečně převzat z [1].



Obr. č. 3.1 - Základní názvosloví kleneb

3.2 Klenební oblouky

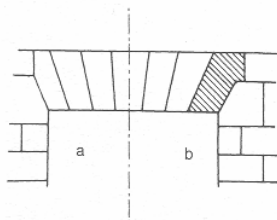
Jsou to oblouky, kterými jsou tvořeny klenební pasy a lícové plochy kleneb. Konstrukcí jejich tvarů se staří stavitelé snažili dosáhnout efektu „samonosnosti“, který splňuje řetězovka (viz obr. č. 3.2). Její sestavení bylo obtížné, proto vynalézali a užívali jiné obloukové tvary s totožným efektem, které se daly lépe sestojit.



Obr. č. 3.2 - Řetězovka

3.2.1 Oblouky přímé – pasy

Přímých klenebních pasů existuje více druhů, liší se jen ložením, spojením a tvarem použitých kamenů. Na Obr. č. 3.3 jsou dva příklady přímého klenebního pasu.

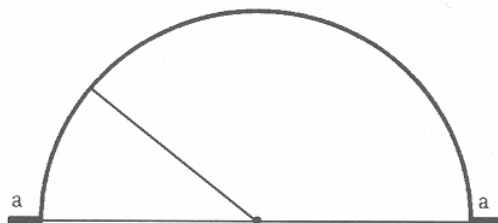


Obr. č. 3.3 - Přímý klenební pas a) přesně opracované klenáky s rovnou lícovou i rubovou plochou

b) varianta se zalomeným klenákem (tzv. hákem)

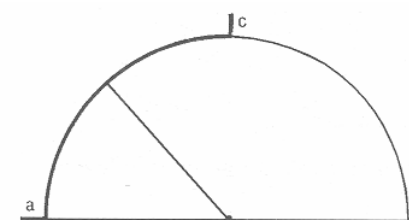
3.2.2 Oblouky – pasy i klenby

1. Půlkruhový oblouk



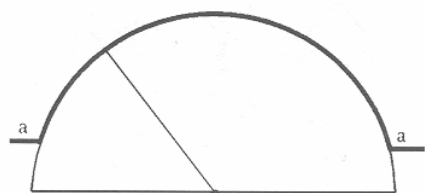
Obr. č. 3.4 - Půlkruhový oblouk

2. Čtvrtkruhový oblouk



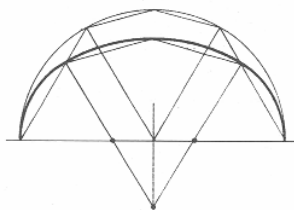
Obr. č. 3.5 - Čtvrtkruhový oblouk

3. Segmentový oblouk



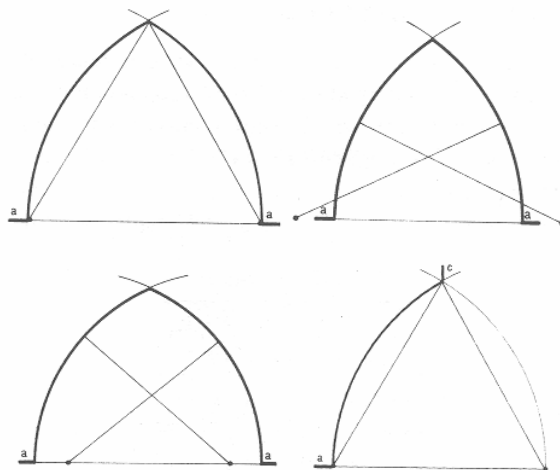
Obr. č. 3.6 - Segmentový oblouk

4. Eliptický oblouk (stlačený, oválný)



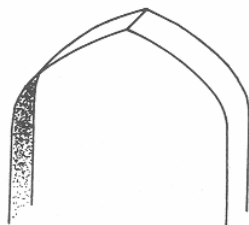
Obr. č. 3.7 - Eliptický oblouk (stlačený, oválný)

5. Hrotitý oblouk (tzv. gotický) a jeho některé tvary



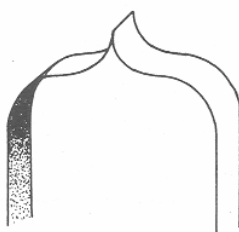
Obr. č. 3.8 - Hrotitý oblouk (tzv. gotický) a jeho některé tvary

6. Oblouk tudorský, anglická gotika 14. 15. století, u nás novogotický sloh



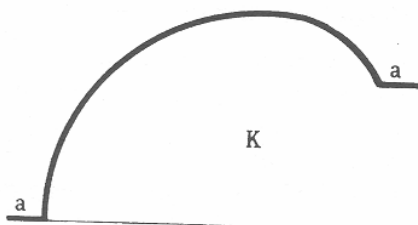
Obr. č. 3.9 - Oblouk tudorský

7. Oblouk oslí hřbet (kýlový, španělský) používaný v gotice



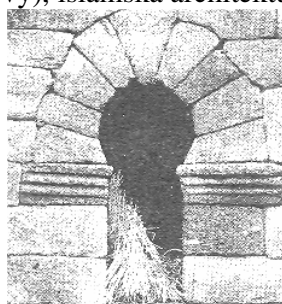
Obr. č. 3.10 - Oblouk oslí hřbet

8. Oblouk stoupající (tzv. kobylí hlava)



Obr. č. 3.11 - Oblouk stoupající

9. Oblouk maurský (tzv. podkovový), islámská architektura



Obr. č. 3.12 - Oblouk maurský

Tento přehled byl také částečně převzat z [1].

3.3 Rozdělení kleneb na válcové a sférické

Klenby lze snadno rozlišit, pokud se přibližně rozřadí do ploch deskriptivní geometrie. Toto hledisko (pro tento účel zjednodušené), nejběžnější a velmi praktické, poskytuje rychlou orientaci ve stavební praxi. Podle něj se klenby mohou rozdělit takto:

Skupina kleneb válcových:

Klenba valená

Klenba klášterní

Klenba necková (rovová)

Klenba zrcadlová (tabulová)

Klenba křížová, Klenby žebrové

Skupina kleneb sférických:

Kupole (báň)

Klenba česká

Česká placka

Klenba pruská

Klenba sklípková

Klenba s lunetami

Klenby je možné dělit z mnoha dalších hledisek, pro orientaci uvedu ještě hledisko časové a slohové:

Klenby románské – 12., 13. století

Klenby gotické – 13., 14. století

Klenby pozdně gotické – 15., 16. století

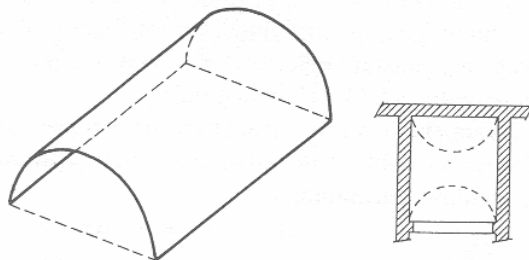
Klenby renesanční – 16. století

Klenby barokní – 17., 18. století

3.3.1 Skupina kleneb válcových

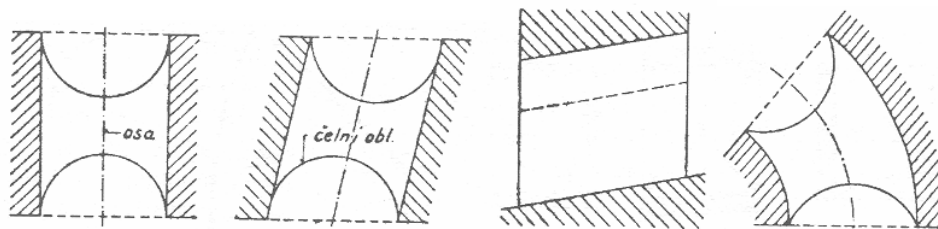
Valená klenba

Tvořena je válcovou plochou, která se opírá o dvě protilehlé zdi, pasy nebo trámy. Tyto plné podpory jsou zpravidla spolu rovnoběžné. Čelní klenbový oblouk může mít kterýkoliv z dříve uvedených obloukových tvarů, běžně užívaný je oblouk kruhový plný nebo segmentový a oválný.



Obr. č. 3.13 - Valená klenba – Axonometrie a Půdorys

Valená klenba se nejčastěji používala k zastropení půdorysu obdélníkového a čtvercového, nacházíme ji však i nad nepravidelným úhelníkovým půdorysem a nad schodištěm přímým i točitým. Podle uspořádání patek může být valená klenba přímá, šikmá, stoupající nebo klesající, oblouková, kuželová a šroubovicová.



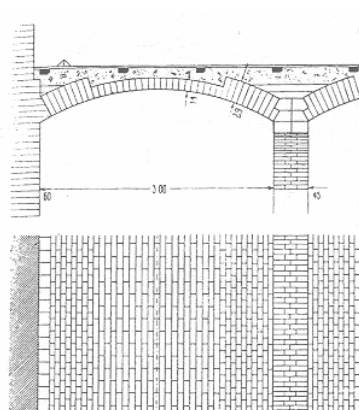
Obr. č. 3.14 - Klenba přímá, šikmá, stoupající svislý řez, oblouková

V dějinách světového stavitelství je valená klenba často opakovaným prvkem, který se objevuje více či méně ve všech slohových obdobích. Valená klenba s plným obloukem patří k nejstarším a nejužívanějším druhům kleneb a je výchozí klenební konstrukcí pro skupinu kleneb válcových. Materiálem pro stavbu valené klenby bylo lité zdivo do bednění, kámen opracovaný i neopracovaný a cihly.

Způsoby vyzdívání (nejen, viz konec tohoto odstavce) valené klenby:

a) Klenby klenuté z vrstev rovnoběžných s osou klenby

Cihelné vrstvy se kladou rovnoběžně s osou i patkou klenby. Klene se s občasné z obou stran od patek, klenba se ve vrcholu uzavře najednou po celé délce a dobře uklínuje. Vrcholem nesmí procházet spára. Ložné spáry směřují do středu oblouku a jejich správný směr se kontroluje buď pravoúhlou šablonou nebo provázkem. Klene se na odskružené bednění nebo na jednotlivé ramenáty, jejichž vzdálenost je 25 cm.

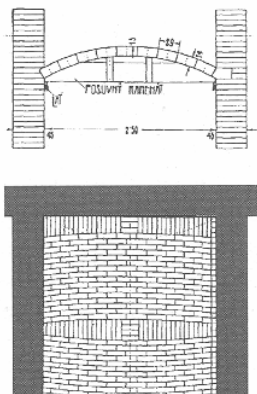


Obr. č. 3.15 - Klenutí z vrstev rovnoběžných s osou klenby

b) Klenby klenuté z vrstev kolmých k ose klenby

Cihelné vrstvy se kladou kolmo k ose klenby, tvoří tedy samonosné oblouky, které nejsou mezi sebou vázány a jsou spojeny pouze maltou. Klene se současně z obou stran od podpor k vrcholu. Ztužení klenby se dosáhne částečným skloněním cihelných vrstev k čelu klenby

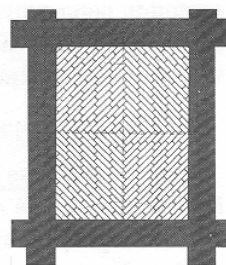
(tím ale nastává přenos sil i do čelních zdí). Je možné také vyzdít uprostřed klenby cihelné pruhy rovnoběžně s patkami. Klene se jen mezi ramenáty. Používají se takzvané posuvné vozíky, nebo u segmentových kleneb posuvné ramenáty.



Obr. č. 3.16 - Klenutí z vrstev kolmých k ose klenby

c) Klenby klenuté z vrstev kolmých k úhlopříčkám, diagonální (tzv. na rybinu)

Cihelné vrstvy jsou kladeny kolmo k úhlopříčkám půdorysu – diagonálně – a opírají se buď o obvodové zdi nebo sousední vrstvy, do kterých se rybinovitě zavazují. Začíná se klenout současně ze všech rohů místnosti, klene se od ruky bez skruže. Ramenát se použije jen jako pomůcka pro dodržení správného tvaru klenby.



Obr. č. 3.17 - Klenutí z vrstev kolmých k úhlopříčkám

d) Klenby klenuté z vrstev rovnoběžných s úhlopříčkami

Cihelné vrstvy jsou kladeny ve směru úhlopříček. Klenout se začíná od středu klenby, kde je buď zvláštní tvarovka, nebo čtyři cihly přisekané do tvaru kříže. Tento způsob vyžaduje plné bednění a není zvláště výhodný.

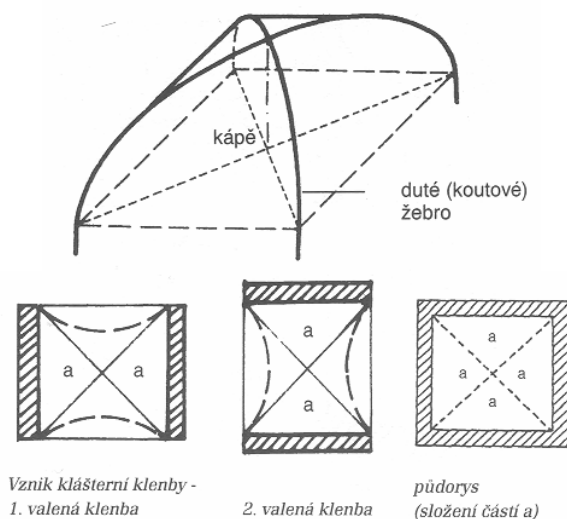
Výše uvedené čtyři způsoby vyzdívání jsou základními postupy i pro další klenební tvary. Používají se s menšími nebo většími úpravami, jak bude u jednotlivých kleneb uvedeno.

Valená klenba se v našich zemích užívala ve slohu románském, gotickém, pozdně gotickém, renesančním a barokním.

Klášterní klenba

Vznikne průnikem dvou nebo více stejně vysokých valených kleneb. Z nich se ponechají jen vnitřní, pateční části, které složením podél stran půdorysu vytvoří klášterní klenbu.

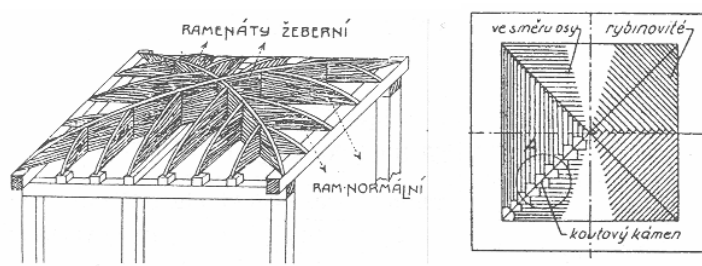
V místech průniků vzniknou hrany, takzvaná dutá (koutová) žebra, která se sbíhají ve vrcholu klenby. Plochy mezi nimi jsou kápě. Klášterní klenba se dá provést nad každým půdorysem, a musí být podepřena po celém obvodu. Je to klenba zavřená. Bývá vyklenuta z kamene nebo cihel.



Obr. č. 3.18 - Klášterní klenba – Axonometrie a Vznik klášterní klenby

Vyklenuje se vždy na plné zaskružení, které se skládá ze žebních ramenátů, do nichž se opírají tzv. normální ramenáty. Žební ramenáty se sbíhají ve vrcholu klenby, kde jsou podporovány sloupkem, takzvaným „mnichem“. Způsob vyklenování je dvojí: cihelné vrstvy se kladou buď rovnoběžně s patkami nebo diagonálně. Klášterní klenby z kamene se klenuly zpravidla rovnoběžně s patkami kvůli jednoduššímu kamenorezu. V místech koutových, dutých žebířů nesmí být souvislá spára, proto se vrstvy převazují, nebo se používal upravený koutový, takzvaný „žební kámen“.

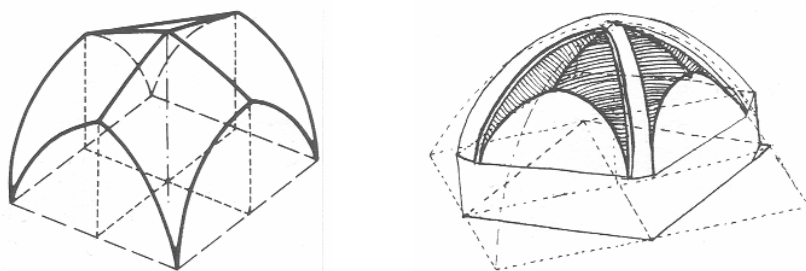
Klenba klášterní byla užívána ve slohu románském, velmi oblíbená byla ve slohu renesančním a barokním.



Obr. č. 3.19 - Podskružení nízké klášterní klenby a Způsoby vyzdívání klášterní klenby

Klášterní klenba otevřená

Vznikne z klášterní klenby zavřené seříznutím jejích rohových částí svislými rovinami. Tím zůstane konstrukce klenby zachována, mění se však způsob podepření a klenba je podporována pouze v rozích. Tím se změní na klenbu otevřenou.



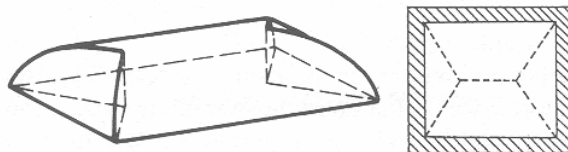
Obr. č. 3.20 - Klášterní klenba otevřená (Axonometrie) a Klášterní klenba otevřená s okosenými rohy a výztužnými pasy nad čtvercovým půdorysem

Způsob vyzdívání je stejný jako u klenby klášterní zavřené s přihlédnutím ke konstrukci oblouků mezi patkami.

Rozdíl mezi klášterní klenbou otevřenou a klenbou křížovou na jedné straně, a plackovou na straně druhé, je často velmi nepatrný. Klášterní klenba otevřená se pohybuje mezi těmito dvěma krajnostmi a pokud je z líce omítnutá, není často rozeznatelná. Rozdíl určíme pouze z rubu klenby.

Necková (rovová) klenba

Je to valená klenba uzavřená v čelech částmi stejně vysoké klenby valené, takzvanými „bočnicemi“. Podepřena musí být po celém obvodu. Tvarově je podobná klenbě klášterní, rozdíl je jen v tom, že koutová žebra se nesbíhají v jednom, ale ve dvou bodech, mezi kterými je přímka.

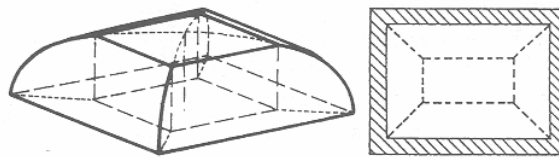


Obr. č. 3.21 - Necková klenba – Axonometrie a Půdorys

Vyzdívání se provádí nejčastěji dvěma způsoby jako klenba valená. Buď se provede plné podskenzení a vyzdívá se rovnoběžně s patkami, anebo se podskenzí pouze čela klenby, ostatní část se vyzdívá na posuvný ramenát kolmo k patkám. Třetím způsobem je klenutí kolmo na žebra (diagonálně, tzv. na rybinu). Klenba necková se používala ve slohu renesančním a barokním.

Zrcadlo (tabulová) klenba

Vznikne z klášterní klenby odříznutím její horní části vodorovnou rovinou, která vytvoří strop místnosti a nazývá se zrcadlo (tabule). Na bočních stranách klenby zůstávají části klenby valené zvané „vouty“ nebo „náběhy“. Podepřena je po celém obvodu.



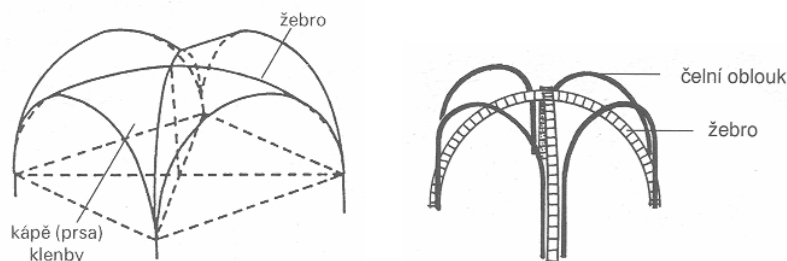
Obr. č. 3.22 - Zrcadlová klenba - Axonometrie a Půdorys

Tato klenba se prováděla jako pravá klenba zrcadlová nebo se imitovala – jako takzvaná falešná klenba zrcadlová. U této je potřeba dát pozor při dodatečných stavebních pracích – nelze na ní nic zavěšovat, a při prosekávání se může poškodit. Nepravá klenba zrcadlová, tzv. falešná, byla často používána a může se provádět různým způsobem. Tak například se vyklene nad celou místností klenba klášterní nebo zrcadlová s nízkým obloukem, a zrcadlo se docílí buď vrstvou silnější omítky, nebo zavěšeným rovným podhledem. Nebo se mohou k rovnému stropu nad celou místností zkonstruovat bočnice z rabičových částí.

Pravá klenba zrcadlová se provádí na plně zašalované skruži. Boční části se klenou jako klenba klášterní, zrcadlo se klene buď diagonálně z rohů (na rybinu), nebo na posuvný ramenát jako klenba valená s malým vzepětím – asi jedna třicetina délky úhlopříčky zrcadla. Boční části je možné vyzdít také nepravou, přečnělkovou klenbou. Klenba zrcadlová se používala ve slohu renesančním a barokním.

Křížová klenba

Vznikne v nejjednodušším případě průnikem dvou nebo více stejně vysokých valených kleneb. Z nich se ponechají jen vnější, čelní části, které složením podél stran půdorysu vytvoří křížovou klenbu. V místech průniku vzniknou ostré hrany, žebra, která se sbíhají ve vrcholu klenby. Plochy mezi žebry jsou kápě, nebo také prsa klenby. Křížová klenba může být provedena nad každým úhelníkovým i kruhovým půdorysem.

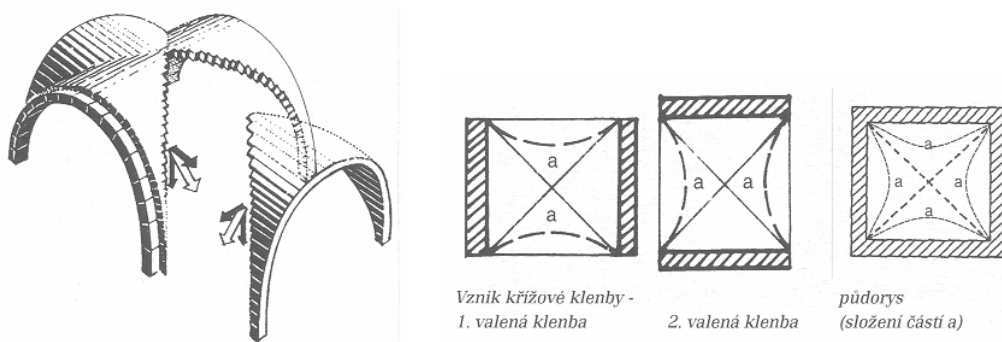


Obr. č. 3.23 - Křížová klenba (axonometrie) a Křížová klenba s nosnými diagonálními žebry

Klenba křížová se u nás vyskytuje od konce desátého století. Podle konstrukce ji dělíme na klenbu křížovou jednoduchou (bez žeber), a žebrovou. Jednoduchá klenba křížová je původní románská klenba, která nemá žebra. Materiálem pro její stavbu byl kámen, i neopracovaný. Prováděla se na plně bednění z cihel, kamene a litého dřeva.

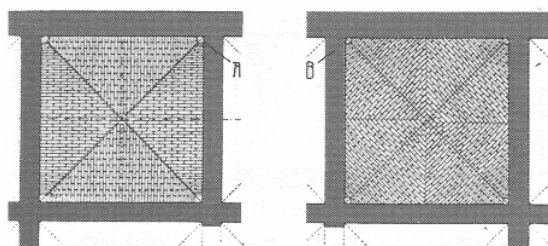
Vývojem, který vrcholí v gotice patnáctého století, se jednoduchá klenba křížová mění na žebrovou klenbu křížovou. Tlaky z kápí se přenášejí do úhlopříčně položených žeber a jimi do rohů půdorysu, takže klenba nepotřebuje souvislou podporu po obvodu, a může být podporována pouze pilíři v rozích. Tím se vytváří otevřené klenbové oblouky, které

prosvětlují prostor a klenba působí lehce. Mezi pilíři se vyklenují pasy zesilující čelní oblouky.



Obr. č. 3.24 - Křížová klenba – složení z částí valené klenby, přenos tlaků z kápí do žebër a Vznik křížové klenby

Zaklenutí křížové klenby může být provedeno kterýmkoliv ze základních způsobů: rovnoběžně s osami jednotlivých kápí, pásově i diagonálně. Cihelné klenby se klenuly nejčastěji diagonálně, kolmo k žebřům, ale i kolmo k čelním obloukům (rovnoběžně s osami kápí). Kamenné klenby s ohledem na jednodušší kamenořez se klenuly rovnoběžně s osami kápí.



Obr. č. 3.25 - Klenutí kolmo k čelním obloukům a Klenutí diagonální

Žebra jsou provedena buď jako prosté zesílení o půl cihly, nebo samostatně jako silné nosné pasy, často z tesaného kamene bohatě profilovaného. Žebra mohou být pod klenbou pouze podvlečena, mohou jí prorůstat nebo mohou být vytažena do rubu klenby.

Skupina kleneb žebrových

Dalším vývojem křížové klenby vznikají klenby žebrové. Nejsou tedy nově vzniklým klenebním tvarem, ale konstrukčně a výtvarně zdokonalenou alternativou křížové, klášterní nebo jiné klenby. Žebra může mít také například kopule.

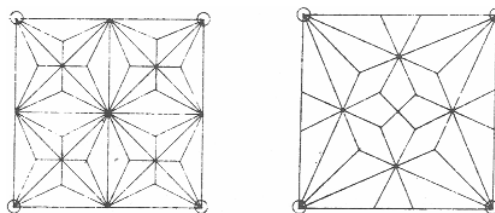
Principem žebrového systému bylo vytvoření vysoce nosného kamenného skeletu, a tím i dosažení podstatného vylehčení zdiva. Zesílení ostrých hran křížové klenby kamennými žebry vedlo ke svedení tlaků z kápí do poměrně lehkých podpor. Žebra se podobají prutům ohnutým do oblouků, které se kříží nad úhlopříčkami klenebních polí ve svornících. Do připravené staticky pevné kostry se pak zaklenují kápě jako poměrně tenké ztužující cihelné klenby.

Hlavní typy žebrových kleneb:

Hvězdová klenba

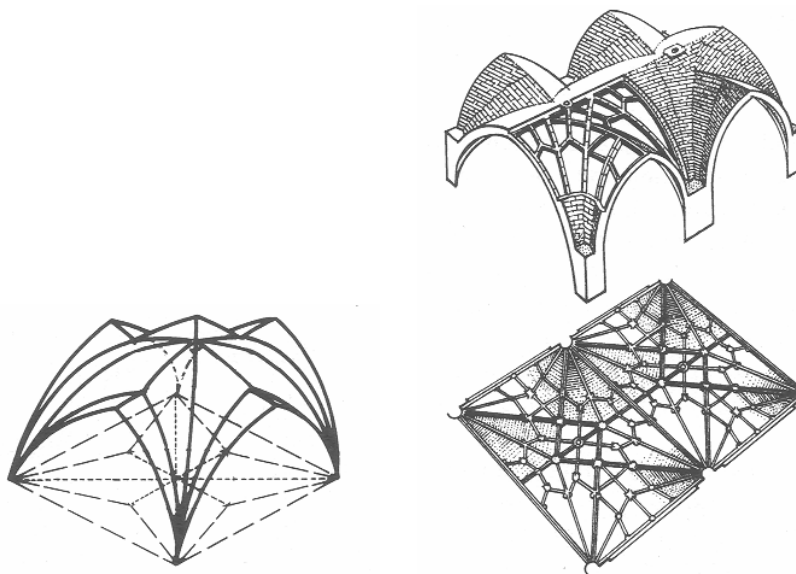
Sít'ová klenba

Obě tyto klenby se uplatňují na líci křížové klenby nebo na jiných plochách vzniklých pronikou valených kleneb rovných nebo stoupajících podle přímky i oblouku. Žebra – která mají již jen



Obr. č. 3.26 - Hvězdová klenba – příklad půdorysu a Sít'ová klenba – příklad půdorysného tvaru

dekorativní účel – se splétají do pravidelných geometrických vzorců. Sít'ová žebra je husté a je obvykle rozloženo po celém líci klenby. Hvězdová klenba má vždy diagonálně vedená průběžná žebra, u sít'ové klenby tato diagonálně průběžná žebra chybí.

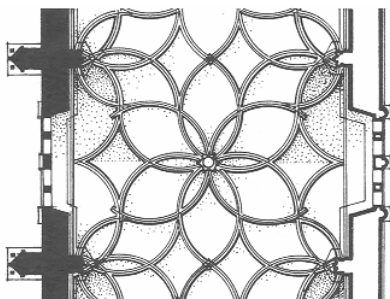


Obr. č. 3.27 - Hvězdová klenba – axonometrie a Sít'ová klenba – kamenný žebrový skelet s cihelnou výplní

Kroužená klenba

Kroužená klenba je nosná prostorová konstrukce, po které se od patek k vrcholům proplétají žebra – zpravidla kamenná v prostorových křivkách. Tato žebra vytvářejí v pohledu nejrůznější geometrické obrazce. V půdorysu jsou žebra křivková na rozdíl od klenby hvězdové a sít'ové, jejichž žebra jsou v půdorysu přímková.

Tyto klenby spolu s klenbami, které kombinují žebra přímková a křivková, jsou vrcholem klenebního žebrového umění. Posledně uváděné klenby žebrové se vyskytují ve slohu pozdně gotickém.

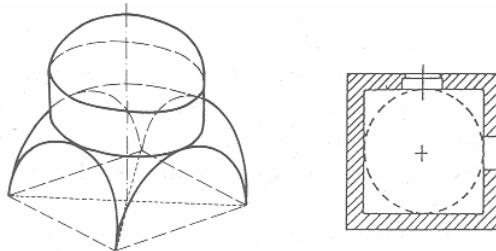


Obr. č. 3.28 - Kroužená klenba – příklad kresby v půdorysu

3.3.2 Skupina kleneb sférických

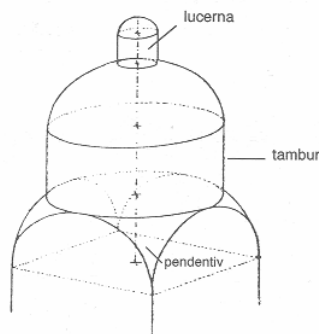
Kopule (báň, kupole)

Je to klenba sférická, může být otevřená nebo zavřená. Podpory musí být souvislé po celém obvodu (zdi nebo pasy). Plná kopule má tvar polokoule, půlelipsoidu, půlovoidu a půlparaboloidu. Kopule plochá, takzvaná „kalota“, je úseč vyjmenovaných tvarů.



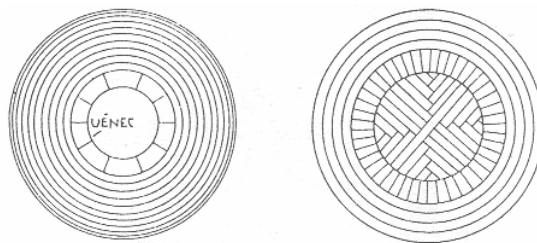
Obr. č. 3.29 - Kopule – axonometrie a Půdorys

Kopule plné nebo ploché mohou být sestaveny nad půdorysem křivkovým nebo přímkovým. Je-li půdorys přímkový, jsou kopule doplněny vyzděnými cípy (sférickými trojúhelníky) – pendetivy, které zprostředkují přechod úhelníkového půdorysu na křivkový; podobnou úlohu mají trompy. Na vrchol bání bývá usazena často ještě takzvaná lucerna, která slouží k prosvětlení prostoru. Pro docílení mohutnějšího prostorového dojmu a většího osvětlení prostoru se používal ještě tambur, svislý válec o stejném průměru jako kopule. Vkládal se mezi kopuli a podporu.



Obr. č. 3.30 - Kopule s lucernou a tamburem na pendentivech

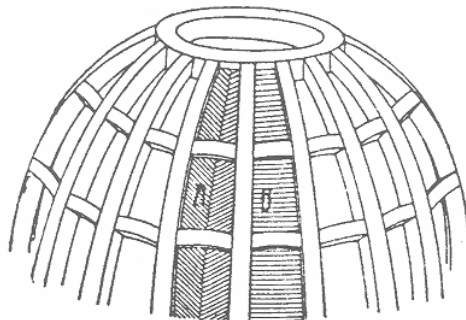
Vyklenování se provádí z vrstev klenáků nebo cihel v prstencových kruzích, rovnoběžných s pateční čarou kopule. Ty jsou po uzavření samonosné, proto se ve vrcholu může ponechat otvor pro lucernu, který se obroubí věncem. Pokud není kupole uzavřena lucernou, vyzdí se v místě ukončení, kde se prstence již nedají provést, věnec. Ten se uzavře vrstvou cihel kladených úhlopříčně (na rybinu). Menší bání, do rozpětí 5 metrů se běžně prováděly bez skruže.



Obr. č. 3.31 - Kopule s lucernou a Kopule bez lucerny

K dodržení správného tvaru kulové plochy se používá buď otáčivý ramenát, nebo dřevěná tyč upevněná uprostřed kupole v otáčivém kloubu. Pokud není celá prstencová vrstva uzavřena, přidržuje se první klenák šňůrou. Ta je upevněna na rubu klenby skobou a z líce zatížena převázanou cihlou.

Velké bání je nutno podskružit. Nejprve se vyklenou ve směru poledníků silnější žebra (meridiánové pasy), která se vyztuží vodorovnými pasy a vniklá pole se vyplní lehkými slabými klenbami. Žebra a pasy vystupují buď na rub nebo líc klenby a mohou dekorativně vyzdobit interiér.



Obr. č. 3.32 - Velká bání se žebry a výplňovým zdivem

Kopule se používaly ve slohu románském, renesančním a barokním, kopule na pendetivech v renesančním a barokním slohu.

Česká klenba, česká placka

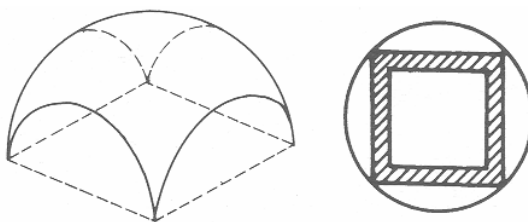
Jsou to klenby sférické, které vzniknou odříznutím bočních stran polokopule čtyřmi svislými rovinami. Jestliže tyto svislé roviny procházejí stranami rovnoběžníka:

a) vepsaného základně polokopule vznikne klenba česká (takzvaná plná česká klenba), oblouky vzniklé řezem jsou půlkružnice

b) vepsaného úseči polokopule vznikne česká placka (takzvaná „plochá česká klenba“, oblouky vzniklé řezem jsou kruhové segmenty.)

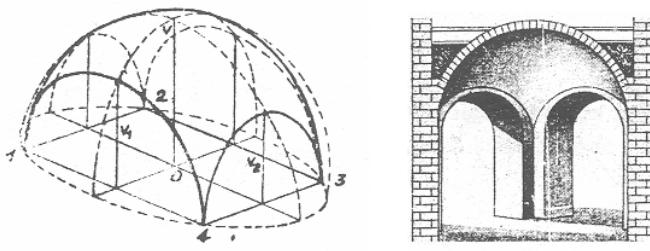
Česká klenba

Zaklenuje pravidelné půdorysy: čtverec, obdélník a mnohoúhelník. Podporována musí být po celém obvodu zdmi nebo pasy. Materiálem k její stavbě jsou pouze cihly.



Obr. č. 3.33 - Česká klenba –axonometrie a Půdorys

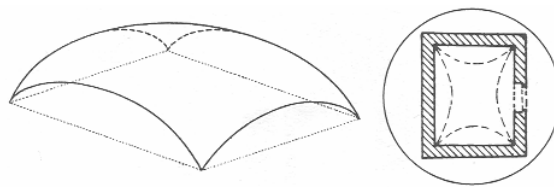
U velkých pravidelných českých kleneb jsou vrstvy provedeny jako u bání: tvoří uzavřené prstence a jejich pravidelnost se zajišťuje pomocí tyče. Menší české klenby se klenou úhlopříčně v obloukových pruzích, které se ve styku nad čelem klenby střídavě překládají (diagonální způsob).



Obr. č. 3.34 - Schéma české klenby a Česká klenba nad čtvercovým půdorysem..

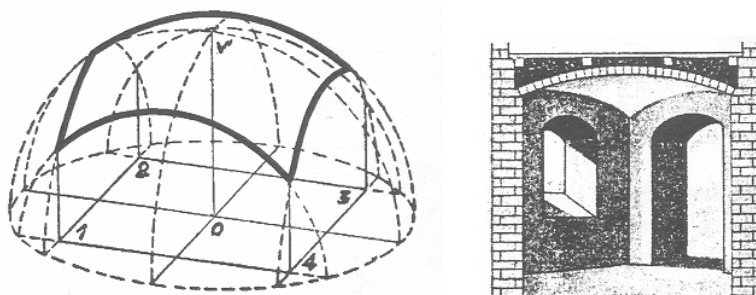
Česká placka

Může zaklenuvat pravidelný i nepravidelný půdorys. Svým tvarem se blíží klenbě křížové a klášterní klenbě otevřené. Po omítnutí se tyto tři klenby někdy neliší, rozeznání je možné pouze z rubu klenby.



Obr. č. 3.35 - Česká placka – axonometrie a půdorys

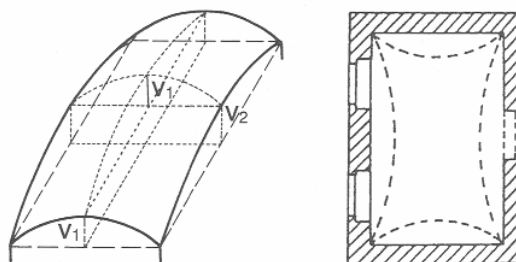
Česká placka se vyzdívá jako česká klenba, způsob diagonální je velmi častý. Česká klenba a česká placka se užívaly v barokním stavitelství.



Obr. č. 3.36 - Schéma České placky a Česká placka nad čtvercovým půdorysem..

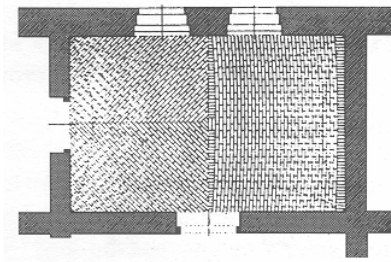
3.3.3 Klenba pruská

Je to otevřená, poměrně plochá klenba, čelní oblouky jsou segmentové. Vznikne posunem kratšího svislého ramenátu (oblouk tvořící) po dvou dalších ramenátech (oblouky řídící). Klenba pruská je plocha translační, nikoliv rotační – tak jí také rozeznáme od jiných plochých kleneb nad obdélníkovým půdorysem (zaměňuje se s českou plackou, ale ta je plochou rotační..). způsob vyklenování je dvojitý, jako u klenby valené: buď je klenuta diagonálně z rohů („na rybinu“) nebo z vrstev kolmých k patkám se třemi rozpěrnými pasy.



Obr. č. 3.37 - Pruská klenba – axonometrie a půdorys

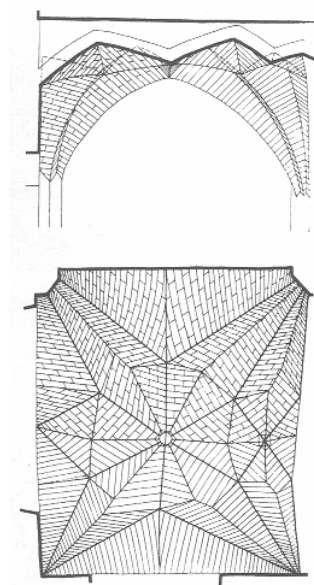
Pruská klenba se používala v renesanci a v baroku, jak na stavbách zámeckých, tak i v lidovém stavitelství. Často se používala na podklenování schodiště – jako klenba stoupající. Byla používána ještě v devatenáctém století.



Obr. č. 3.38 - Způsoby vyzdívání české klenby

3.3.4 Sklípková klenba

Sklípková klenba je samonosná prostorová konstrukce. Jejím základem je tvar některé klenby dříve uvedené – například valené, křížové, hvězdové nebo síťové. Tento základní tvar je v půdorysu rozdělen na pravidelné geometrické obrazce. Mezi hranami obrazců jsou duté prostorové protáhlé útvary – sklípky, vyzděné z cihel.

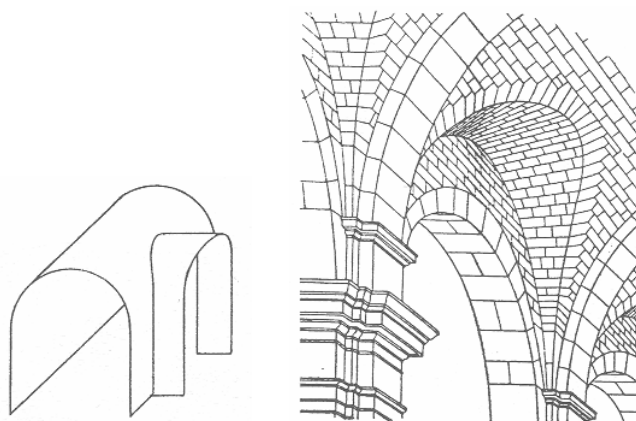


Obr. č. 3.39 - Sklípková klenba – řez a půdorys

Způsob provádění je následující: V hranách základního obrazce se postaví ramenáty (případně doplněné prkny). Tím je vytvořeno prostorové podskružení. Na něm se klene z cihel „od ruky“, po celém obvodu klenby najednou. Hraný sklípku, u nás vždy bez žeber, jsou vytvořeny nárožní vazbou cihel, takže svírají pravý úhel. Je však možné použít i cihly přisekané, nebo tvarovky, potom je úhel v hranách menší než devadesát stupňů a hrany ostřejší. Vyzdívání sklípkových kleneb bylo již mistrovským stavebním uměním. Sklípková klenba k nám byla zavedena jako hotový stavební útvar ze Saska (Míšeň) a vyskytuje se u nás místně, například v Chomutově, Jáchymově, Bechyni a Slavonicích. Nacházíme ji v období pozdní gotiky, od devadesátých let patnáctého století až do poloviny šestnáctého století.

3.3.5 Klenba s lunetami

Je kterákoliv klenba doplněná lunetami. Ty prosvětlují prostor, odlehčují hmotu klenby, dovolují zřít otvory a mají i architektonický význam. Lunety se prováděly hlavně u kleneb zavřených, jako je klenba valená, klášterní, zrcadlová a necková. Luneta vznikne průnikem dvou kleneb: menší valené klenby do větší klenby hlavní, překrývající celý prostor. Lícní plochy lunet jsou válcové, kuželové, oválné nebo kulové. Lunety mohou být přímé, stoupající nebo klesající.

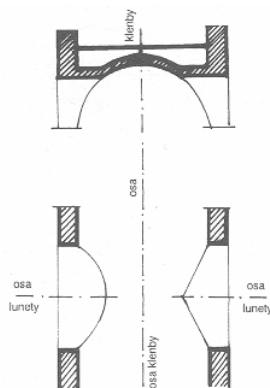


Obr. č. 3.40 - Vznik lunety prostupem dvou kleneb a Pohled do klenby s lunetou

Podle půdorysného tvaru žebra rozeznáváme dva druhy lunet. U prvního volíme čelný oblouk lunety (kruhový, eliptický apod.) a sestavujeme žebra pomocí povrchových přímk. V tomto případě je půdorys žebra křivka.

Jednodušší je volit půdorys proniku jako přímku a vyšetřit čelní oblouk lunety. V tomto případě je žebro křivkou druhého stupně (rovinnou) a lépe se vyšetřuje. Proniky jsou ostré, přímé a příznivěji působí. Tyto lunety byly užívány v místnostech obytných, reprezentačních, sálových a podobně.

Vyzdívají se jako klenby valené: Menší lunety se klenou bez bednění od ruky do hlavní klenby po jejím dokončení. Klenou se do předem připravených otvorů ohraničených pasy. Větší lunety se klenou současně s hlavní klenbou na samostatné bednění: zaskruží se hlavní klenba, potom se osadí čelní oblouk lunety a podle druhu vrcholové čáry se zhotoví bednění. U lunety, jejíž půdorys je přímka, stačí průběh žebra na hlavním bednění vyznačit provazcem.



Obr. č. 3.41 - Řez a půdorys lunety se žebrem křivkovým a přímkovým

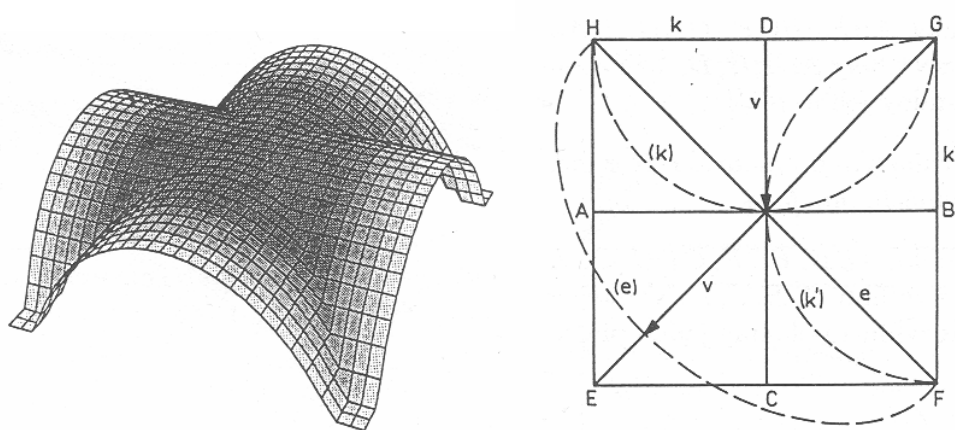
Lunetové klenby (klenby s lunetami, nebo také výsečemi) byly užívány v renesančním a barokním stavitelství a výrazně obohatily architekturu této doby. Patří sem také značně vyložené lunetové římsy na průčelí domů i paláců. Tento přehled byl opět částečně převzat z [1].

3.4 Druhy křížových kleneb

Klenby nejsou jen tvořené sférickými nebo válcovými plochami. Další plochy budou popsány v této kapitole a to jako součásti klenby křížové, která je zde chápána oproti předchozí kapitole 3.3 jako průnik dvou obecných ploch (ne pouze válcových). Následující plochy se v mnoha případech vyskytují u ostatních druhů kleneb zmíněných v 3.3. Informace o rozdělení křížových kleneb na následující druhy byly čerpány z [5].

3.5.1 Křížové klenby objevující se již u starých staveb

Vnější část pláště průniku dvou rotačních válců se stejným poloměrem a s kolmými osami ve společné rovině tvoří, jak již víme z 3.3.1, **válcovou křížovou klenbu**.

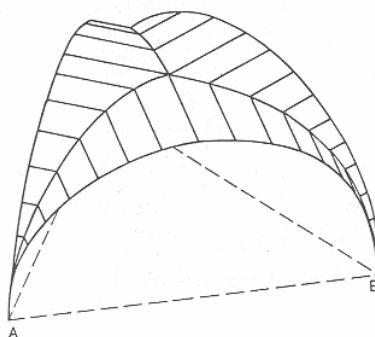


Obr. č. 3.42 – Křížová klenba

Nyní pár řádek k tomu, jak se klenby zobrazují ve 2D. Klenby se obvykle zobrazují v kolmém promítání na půdorysnu. Ke kolmému průmětu se přidávají řezy klenby svislými rovinami, obr. 3.42 vpravo, příčné řezy k nad HG a k' nad FG, diagonální řez nad FH. Diagonální řez se nazývá žebro (jiná definice než v předchozích kapitolách), vodorovný kříž AB, CD vrcholnice. Sklopené řezy se v průmětu vyznačují čárkovaně. Jednodušší obrázky kleneb v kolmém promítání na půdorysnu se nacházejí průběžně v celé kapitole 3.3.

Tvar křížové klenby byl znám již v antice, v praxi bývá nazývána románskou klenbou. K největšímu rozmachu křížové klenby došlo u nás v období předhusitské gotiky a v tvorbě řady stavitelů, např. Petra Parléře. Nejstarší křížové klenby u nás najdeme v kryptě kláštera v Břevnově.

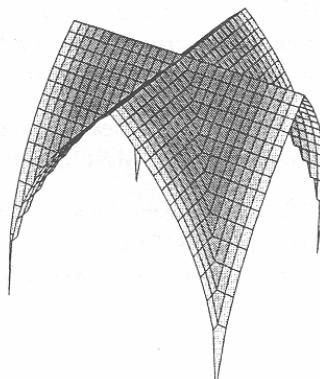
Křížové klenby se neuvažují pouze nad čtvercovým, resp. obdélníkovým půdorysem. Křížová klenba nad trojúhelníkovým půdorysem ABC je průnikem tří válcových ploch, jejichž osy jsou osami rovnostranného trojúhelníku ABC, obr. 6.89a). Byla použita v současnosti např. v areálu čističky odpadních vod v Pelhřimově.



Obr. č. 3.43 – Křížová klenba nad trojúhelníkovým půdorysem

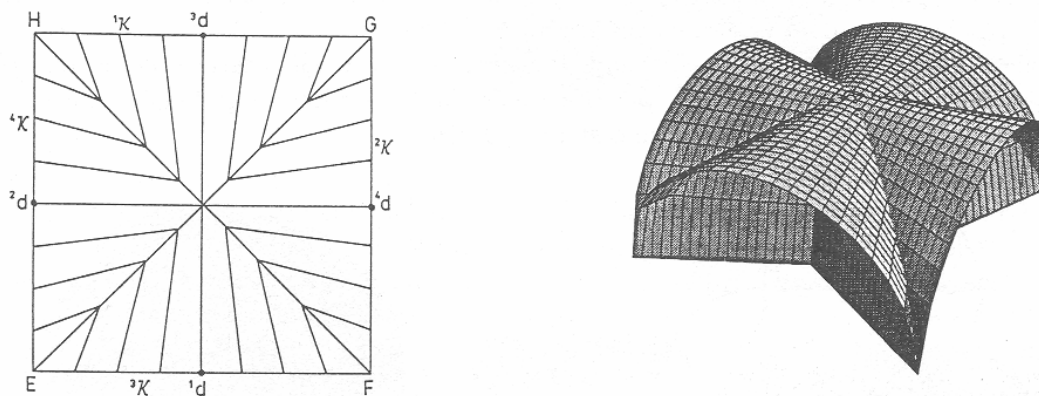
Křížová klenba má řadu modifikací, které si vynutila praxe vzhledem k vážným tvarovým a konstrukčním nevýhodám. Slabým článkem zde byla vrcholová část klenby. Diagonální eliptické oblouky z rohů půdorysu velice rychle stoupají, ale ve vrcholu klenby mají malou křivost. Na starých stavbách tak můžeme sledovat prolomení klenby právě v těchto místech.

Stavitelé čelili tomuto nedostatku mnoha způsoby. Jedním z nich byla **lomená křížová klenba**, obr. č. 3.44. Objevuje se ve 13. stol. např. v kostele v Brandýse nebo ve Chvojně.



Obr. č. 3.44 – Lomená křížová klenba

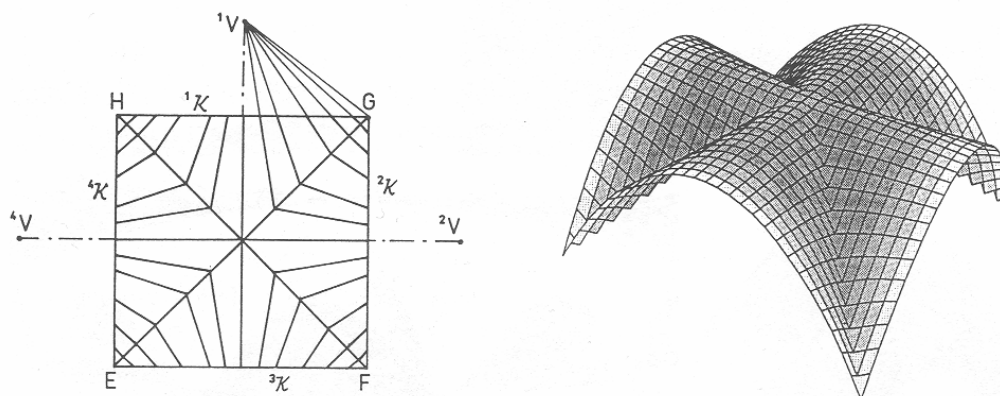
Další možností bylo zvětšení křivosti diagonálních oblouků právě ve vrcholu klenby, a to při zachování vodorovných vrcholnic a vrstevnic klenby. Tomuto požadavku vyhovuje **křížová klenba konoidální**, tvořená průnikem čtyř přímých kruhových konoidů. Najdeme ji např. v kostele sv. Petra Na poříčí. Její vytvoření je možno sledovat na obr. č. 3.45.



Obr. č. 3.45 – Křížová klenba konoidální

Nad stranami čtvercového půdorysu EFGH zvolíme půlkruhové oblouky iK (čelní oblouky). Středů stran čtverce EFGH zvolíme přímky id kolmé na rovinu čtverce. Potom každý konoid je určen kruhovým obloukem iK a protějším přímkou. Řídící rovinou všech konoidů je rovina čtverce.

Zvětšení křivosti diagonálních oblouků bylo dosaženo i použitím čtyř rotačních kuželových ploch s velice vzdálenými vrcholy od čelních kruhových oblouků. Princip vytvoření **kuželové křížové plochy** je možno sledovat na obr. č. 3.46.



Obr. č. 3.46 – Kuželová křížová klenba

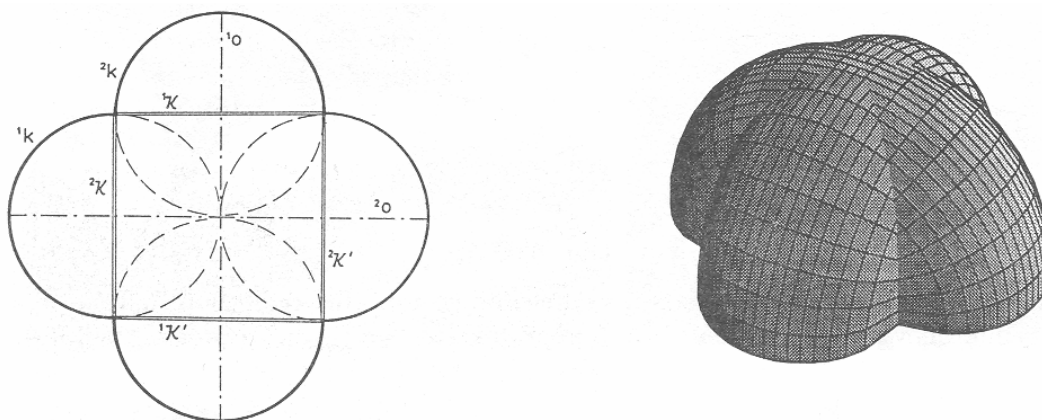
Nad čtvercovým půdorysem EFGH jsou kuželové plochy určeny osami v jeho středních příčkách a půlkruhovými oblouky iK (čelní oblouky) nad jeho stranami. Vrcholnice klenby stoupají od čelních oblouků k vrcholu klenby. Vrstevnicemi jsou hyperboly. Takovou klenbu najdeme např. v biskupském domě v Roudnici.

Nebudeme-li trvat na tom, aby na ploše byl systém přímek pro snadné šalování, dosáhneme zvětšení křivosti diagonálních i čelních oblouků pomocí rotačních (i

nerotačních) ploch. Často používanou takovou plochou, jak u raně gotických staveb (hrad Zvíkov, Prádlo u Nepomuku, Bezděz), tak u současných staveb, je anuloid.

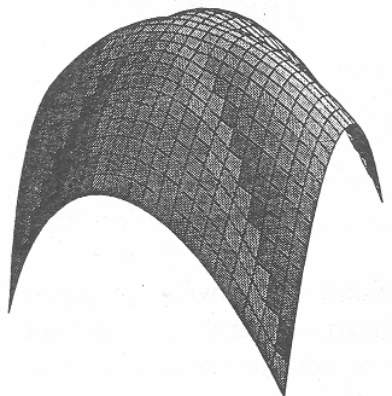
3.5.2 Křížové klenby používané převážně v současnosti

Anuloidální křížová klenba byla použita v současné době k zastřešení haly obchodního centra v Honolulu. Základem anuloidální klenby jsou dva anuloidy (axoidy) s kolmými osami, obr. č. 3.47, které jsou tečnami meridiánů. Čelní oblouky jsou části kráterových iK , ${}^iK'$ $i = 1, 2$, anuloidů. První anuloid vzniká rotací kružnice 1k kolem osy 1o a druhý rotací kružnice 2k kolem osy 2o . Pro vytvoření klenby použijeme pouze vnější části anuloidů nad půdorysnou. K zastřešení haly byla použita část průniků anuloidů s poloměry meridiánů 39,01 m nad čtvercovým půdorysem o straně 39,01 m.



Obr. č. 3.47 – Anuloidální křížová klenba

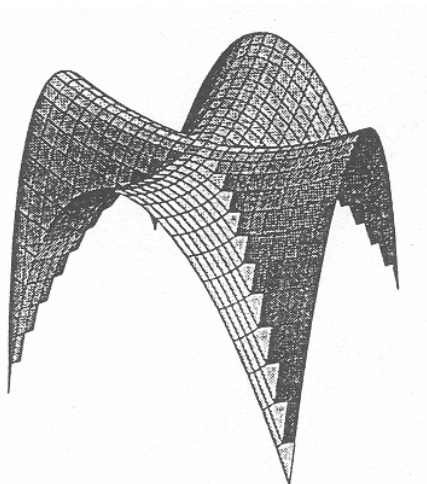
Průnikem dvou rotačních paraboloidů s osami kolmými na půdorysnu vytvoříme nad čtvercovým půdorysem křížovou klenbu s čelními i vrcholnicovými parabolickými oblouky, obr. č. 3.48.



Obr. č. 3.48 – Průnik dvou rotačních paraboloidů

Tato klenba byla základem pro střešní konstrukci obchodního centra v Royan ve Francii. Konstrukci tvoří průnik třinácti eliptických paraboloidů se svislými osami jejichž kraje jsou „protaženy“ do hraniční sinusoidy.

Průnik dvou hyperbolických paraboloidů se společnou svislou osou vytváří křížovou klenbu nad čtvercovým (nebo obdélníkovým) půdorysem, obr. č. 3.49. Čelní oblouky i vrcholnice jsou opět paraboly. Tři za sebou umístěné takové průniky zastřešují kostel v San Antoniu, Tacuba, Mexico.



Obr. č. 3.49 – Průnik dvou hyperbolických paraboloidů

3.5 Matematické vyjádření testovaných ploch

Plochy jsou regulární a definovány implicitně, tj. $g(x, y, z) = 0$. Pro potřeby knihovny SPATFIGu bylo ještě nutné vyjádřit následující výrazy pro každou plochu:

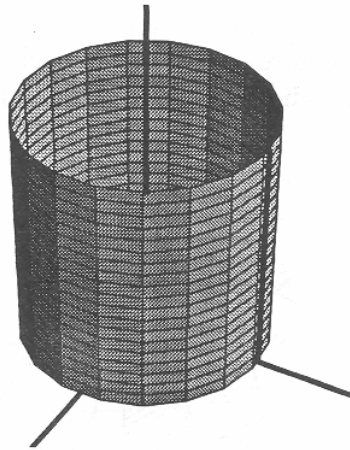
$$\begin{aligned} \text{a) } \nabla f &= \left(\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z} \right) & \text{b) } \frac{\partial \nabla f}{\partial x} &= \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}, \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y}, \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial z} \right) & \text{c) } \frac{\partial f}{\partial p}, \text{ kde } p \text{ je parametr} \\ \text{d) } \frac{\partial \nabla f}{\partial p} &= \left(\frac{\partial^2 f}{\partial p \partial x}, \frac{\partial^2 f}{\partial p \partial y}, \frac{\partial^2 f}{\partial p \partial z} \right) \end{aligned}$$

Následující 3 plochy (válnová a kuželová plocha a sféra) patří mezi rotační plochy a také mezi rotační kvadriky. Konoid patří mezi zborčené přímkové plochy. Následující údaje a další informace lze opět najít v [5].

3.5.1 Válková plocha

$$\begin{aligned} \text{a) podstava elipsa} & \quad \text{b) podstava kruhová} \\ \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - 1 &= 0 & x^2 + y^2 - r^2 = 0 \text{ nebo } \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2} - 1 &= 0 \end{aligned}$$

Kde a a b je hlavní resp. vedlejší poloosa elipsově podstavy, r je poloměr kružnice.



Obr. č. 3.50 – Obecná válcová plocha

3.5.2 Kuželová plocha

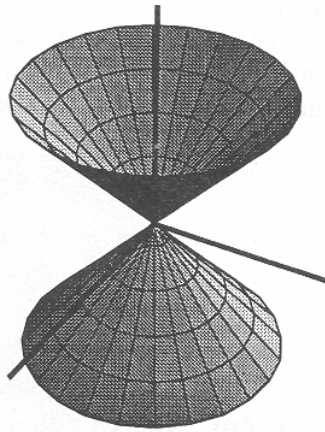
a) podstava elipsa

b) podstava kruhová

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - z^2 = 0$$

$$x^2 + y^2 - r^2 z^2 = 0 \text{ nebo } \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2} - z^2 = 0$$

Kde a a b je hlavní resp. vedlejší poloosa elipsovité podstavy, r je poloměr kružnice.

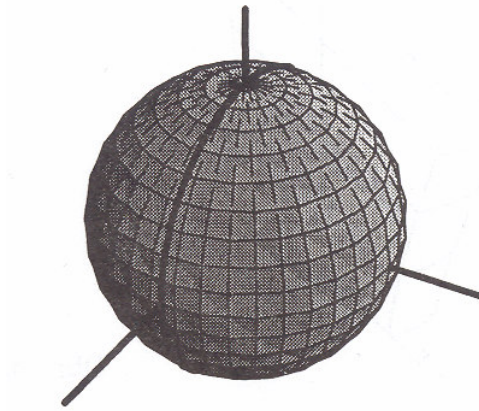


Obr. č. 3.51 – Obecná kuželová plocha

3.5.4 Sférická plocha (Koule)

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2} + \frac{z^2}{a^2} - 1 = 0, \text{ nebo } x^2 + y^2 + z^2 - r^2 = 0$$

Kde a nebo r je poloměr.

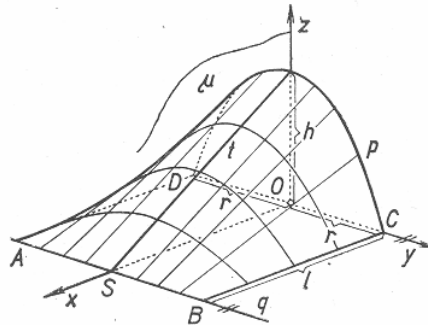


Obr. č. 3.52 – Obecná kulová plocha

3.5.3 Konoid

Konoid je zborcená přímková plocha určená křivkou a dvěma přímkami, z nichž jedna je nevlastní. Nakonec na testování použit nebyl, přesto zmínku o něm zde ponechám protože byl zakomponován do SPATFIG.

$z = h \left(1 - \frac{y^2}{r^2} \right) \left(1 - \frac{x}{l} \right)$, tedy $0 = -z + h - \frac{xh}{l} - \frac{y^2h}{r^2} + \frac{y^2xh}{r^2l}$ kde h , r a l jsou parametry (viz obr. níže).



Obr. č. 3.53 – Obecný konoid