

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Kompoziční geometrie gotiky



Katedra algebry a geometrie

Vedoucí bakalářské práce: **RNDr. Marie Chodorová, Ph.D.**

Vypracoval(a): **Adriana Mikešová**

Studijní program: B0114A170003

Studijní obor: Matematika – deskriptivní geometrie se zaměřením na vzdělávání

Forma studia: prezenční

Rok odevzdání: 2022

BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE

Autor: Adriana Mikešová

Název práce: Kompoziční geometrie gotiky

Typ práce: Bakalářská práce

Pracoviště: Katedra algebry a geometrie

Vedoucí práce: RNDr. Marie Chodorová, Ph.D.

Rok obhajoby práce: 2022

Abstrakt: Gotická architektura využívala spojování různých geometrických obrazců v jeden celek. Tato bakalářská práce se věnuje rozboru architektonických prvků z hlediska konstrukční geometrie a ukazuje jejich postupy při rýsování. Současně se zabývá konstrukcí rozetového okna, jehož stavba prokazovala velké znalosti geometrie.

Klíčová slova: gotika, kružba, oblouk, rozetové okno

Počet stran: 46

Počet příloh: 0

Jazyk: český

BIBLIOGRAPHICAL IDENTIFICATION

Author: Adriana Mikešová

Title: Composition geometry of Gothic

Type of thesis: Bachelor's

Department: Department of Algebra and Geometry

Supervisor: RNDr. Marie Chodorová, Ph.D.

The year of presentation: 2022

Abstract: Gothic architecture utilized the connection of various geometrical shapes into one integral whole. This Bachelor work dedicates to the analysis of architectonical components from the point of view of the structural geometry and presents their progress during their drawing. At the same time this work deals with the construction of rose window, the construction of which proved great knowledge of geometry.

Key words: Gothic, tracery, arch, rose window

Number of pages: 46

Number of appendices: 0

Language: Czech

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně pod vedením paní RNDr. Marie Chodorové, Ph.D. a všechny použité zdroje jsem uvedla v seznamu literatury.

V Olomouci dne

.....

podpis

Obsah

Úvod	7
Gotická architektura	8
<i>Charakteristika gotiky</i>	8
<i>Gotická architektura v českých zemích</i>	9
Přechodný sloh.....	9
Raná gotika	10
Vrcholná gotika	11
Pozdní gotika	12
<i>Materiál staveb</i>	13
<i>Stavební huť</i>	13
Konstrukce mnohoúhelníků.....	14
Konstrukční prvky	17
<i>Oblouky</i>	17
<i>Klenby</i>	25
<i>Kružby</i>	27
<i>Rozetové okno</i>	39
Závěr	45
Literatura	46

Poděkování

Ráda bych poděkovala své vedoucí práce RNDr. Marii Chodorové, Ph.D.
Za odborné vedení, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích této práce.

Úvod

Gotický sloh ovlivnil architekturu po mnoha desetiletí a jeho stavby prokazují velké znalosti z konstrukční geometrie. Tato bakalářská práce rozebírá jednotlivé stavební prvky a ukazuje jejich postupy při rýsování. První kapitola se věnuje gotické architektuře a jejímu vývoji. Druhá kapitola se zaměřuje na rozbor jednotlivých konstrukčních prvků a současně se zabývá konstrukcí rozetového okna.

Kapitola 1

Gotická architektura

1.1. Charakteristika gotiky

Slovo gotika vzniklo podle názvu kmene Gótů, kteří s tímto uměním neměli nic společného. Zavedli ji renesanční myslitelé, kteří gotiku neuznávali a považovali ji za barbarské umění. I přesto, že název gotika nepředstavovala reálnou tvorbu, historici slovo převzali a používá se dodnes. Ve Francii měla gotika i jiný název, a to „style ogival“ což znamená sloh lomený.

Gotický umělecký sloh vznikl po románském slohu v polovině 12. století ve Francii a odtud se rozšířil do celé Evropy, ještě ve 12. století se dostal do Anglie. Na začátku 13. století se začal projevovat v Itálii, Německu a Španělsku. První gotická stavba vznikla na severním okraji Paříže, a to ve městě Saint-Denis, kde ve 12. století nechal opat přestavět baziliku, která byla z velké části postavena do gotického slohu.

Hlavním rysem gotického slohu byl vertikalismus, stavby se stavěli s velkými prostory směrem do výšky „blíž za bohem“, měli tenké zdi, vysoká okna, aby mohli celý prostor dobře osvětlit. Dále se používá lomený oblouk, který byl nejen prvkem žebrové klenby, ale i arkád a oken, která byly zdobena kružbami. Využívala se také nosná klenební žebra, která později svoji funkci ztratila. (Gotická) katedrála je architektonický termín, který se používá pro označení

konkrétního typu velkého gotického kostela, který je vybaven minimálně třemi loděmi, opěrným systémem, věncem kaplí, triforiem, příčnou lodí atp.

1.2. Gotická architektura v českých zemích

V českých zemích se gotika objevila v 13. století a trvala do počátku 16. století. Podle odlišností ve tvaru, prostoru, konstrukci a výtvarnosti lze gotiku členit na přechodný sloh, ranou, vrcholnou a pozdní.

1.2.1. Přechodný sloh

Přechodný sloh vznikl v roce 1230-1250 prolínáním románské a gotické architektury. V českých zemích se gotika šířila rychle, takže tento sloh trval krátké období. Mezi nejvýznamnější stavby patří chrám kláštera cisterciáček v Předklášteří u Tišnova a hrad Buchlov.



Obrázek 1.1
hrad Buchlov



Obrázek 1.2.
hrad Buchlov

1.2.2. Raná gotika

Raná gotika neboli přemyslovská gotika byl přechod mezi románským a gotickým slohem. V českých zemích je datována od poloviny 13. století do počátku 14. století, za vlády rodu Přemyslovců. Byla také nazývána cistercko-burgundskou gotikou, podle řádu cisterciáků, kteří tento sloh přinesli z Burgundska.

Stavební činnost byla inspirována stavbami z jiných zemí, ale nejvíce inspirace však přicházelo z Francie. Proto dochází k syntéze různých vlivů a pestrosti rané gotiky. Stavby měli mechanickou stavebnost, což znamená, že jednotlivé prvky stavby vypadají, že jsou k sobě jen přiloženy a nevypadají jako celek. Stavby nebyly příliš komplikované, byly menší s úzkými a nízkými okny. Charakteristické znaky rané gotiky jsou jednoduché tvary, trojlaločné oblouky, křížové, šestidílné a hvězdné klenby. Kružby v této době měli těžké profily žeber. Významné stavby tohoto období jsou například brněnský hrad Špilberk, kostel sv. Mořice v Olomouci a kostel sv. Mořice v Kroměříži.



Obrázek 1.3
kostel sv. Mořice v Kroměříži

1.2.3. Vrcholná gotika

Vrcholná gotika se nazývala současně také lucemburská, protože v českých zemích, je spojována s vládou Lucemburků v letech 1310-1419. Postupně docházelo k osvojování gotiky a začali vznikat vlastní domácí tvorby, které se dostali do popředí evropského uměleckého vývoje, jak v oblasti architektury, tak i v oblasti výtvarného umění. Vznikalo velké množství staveb, byly položeny základy Nového Města pražského. Mezi hlavní rysy vrcholné gotiky patří síťové a obkročné klenby, plaménkové motivy v kružbách a dochází ke změně profilů žeber. Vývoj gotiky byl zastaven husitským hnutím. V českých zemích husitské války způsobily pokles umělecké tvorby, ale i zničily významná díla z předchozí doby. Byly bourány kostely a vypalovány kláštery. K nejvýznamnějším stavbám vrcholné gotiky patří památný klášterní kostel Nanebevzetí Panny Marie na Starém Brně, klášter ve Vyšším Brodě, kostel sv. Bartoloměje a hrady Cimburk, Starý Jičín, Bezděz a Kokořín.



Obrázek 1.4
katedrála sv. Václava



Obrázek 1.5
kostel sv. Jakuba

1.2.4. Pozdní gotika

Pozdní gotika též nazývána gotikou vladislavskou, podle svého největšího rozkvetu za vlády Vladislava II. Jagelonského. Konec pozdní gotiky byl na počátku 16. století, kdy se začala prosazovat renesance. České země byly po válce, a proto na začátku se stavby opravovaly anebo lidé čerpali z doby předhusitské. Po odeznění války začal rozvoj pozdní gotiky, hlavně na konci 15. století, díky architektům Matěje Rejska z Prostějova a Benedikta Rejta z Pístova, kdy se české země dostali do čela evropské umění. V pozdní gotice se ve velkém množství objevuje oblouk oslí hřbet a tvary sesychajících listů nebo zvadlých fiál. Žebra v pozdní gotice pomalu mizí, mají pouze dekorativní vlastnost a klenby se nejvíce objevují kroužené, hvězdné anebo sklípkové. Stavby pozdní gotiky jsou například síňový chrám sv. Jakuba, Prašná brána, hrad Pernštejn a kostel sv. Mikuláše ve Znojmě.



Obrázek 1.6
kostel sv. Mikuláše



Obrázek 1.7
kostel sv. Mikuláše

1.3. Materiál staveb

V gotické architektuře se používalo na stavbu velké množství materiálů. Nejtypičtějším materiálem byl kámen jak tesaný, tak i lomený, ale využívalo se také dřevo, cihly, hlína, sádra, sklo i kovy. Kámen se používal v každém architektonickém prvku, například římsy, sloupy a žebrové klenby. Ke stavbě se uplatňovali také cihly jako doplnění mezi kameny, kde kamenů bylo nedostatek. V interiérech vznikali omítky. Ve venkovských stavbách se nejvíce používalo dřevo, ale můžeme ho najít i ve velkých stavbách, kde měl vlastnost tepelně izolovat.

1.4. Stavební hut'

Gotická architektura měla velké výtvarné i technické nároky, proto začali vznikat stavební hutě, které byly ze začátku vázány k cisterciáckým klášterům, ale časem vznikly svobodné hutě. Stavební hut' je organizace umělců a řemeslníků, sloužila i jako umělecká škola, kde se architekti učili stereometrii, geometrii a stavební postupy. Stavební hut' se skládala z ředitele díla, mistra stavby, polířů, učňů, tovaryšů a najímali si dělníky, nosiče, podavače a kopače. Ředitel díla zajišťoval financování celé stavby. Mistr stavby řídil celou stavbu, jak technicky, tak i umělecky. Políři se starali o učně a tovaryše. Stavební hutě označovali svoje stavby kamennou značkou. Každá hut' měla jinou značku, která většinou obsahovala složité konstrukce z pravidelných mnohoúhelníků.

Stavební hutě si vyráběly vlastní výkresy a plány, které byly jejím majetkem a řemeslníci se nimi řídili při stavbě. K zakreslování využívali poměry.

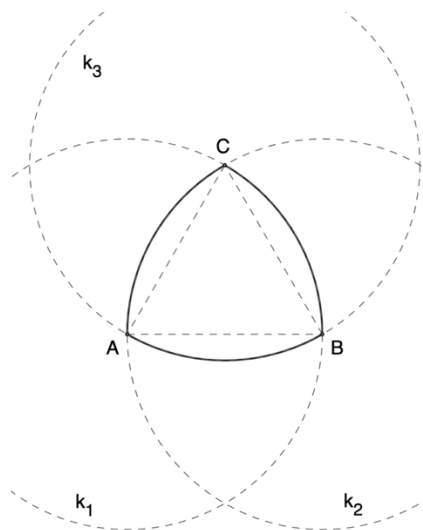
Ryté plány rydlem můžeme najít na pergamenech, na podlahách v různých stavbách, kde se rýsovali ve skutečné velikosti, ale také vznikaly rýsovný.

1.4.1. Konstrukce mnohoúhelníků

Uvedeme si některé konstrukce mnohoúhelníků, které používaly stavební hutě, ale současně jsou využívány i v kružbách. Konstrukce kružnice, trojúhelníku, čtverce i obdélníka jsou jasné, takže si uvedeme méně známé konstrukce používané v gotické architektuře. Seznam použitých matematických značek je uveden na straně 44.

Sférický trojúhelník

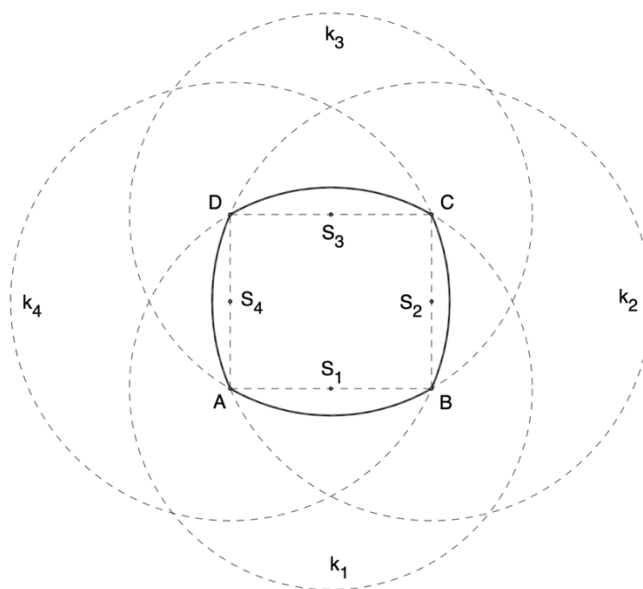
1. ΔABC ... rovnostranný
2. $k_1; k_1(A; |AB|)$
3. $k_2; k_2(B; |AB|)$
4. $k_3; k_3(C; |AB|)$
5. *sférický* ΔABC



Obrázek 1.8

Sférický čtverec

1. čtverec $ABCD$
2. $S_1; S_1 \in \overline{AB}; |AS_1| = |BS_1|$
3. $S_2; S_2 \in \overline{BC}; |BS_2| = |CS_2|$
4. $S_3; S_3 \in \overline{CD}; |CS_3| = |DS_3|$
5. $S_4; S_4 \in \overline{AD}; |AS_4| = |DS_4|$
6. $k_1; k_1(S_1; |S_1C|)$
7. $k_2; k_2(S_2; |S_2A|)$
8. $k_3; k_3(S_3; |S_3A|)$
9. $k_4; k_4(S_4; |S_4C|)$
10. sférický čtverec $ABCD$

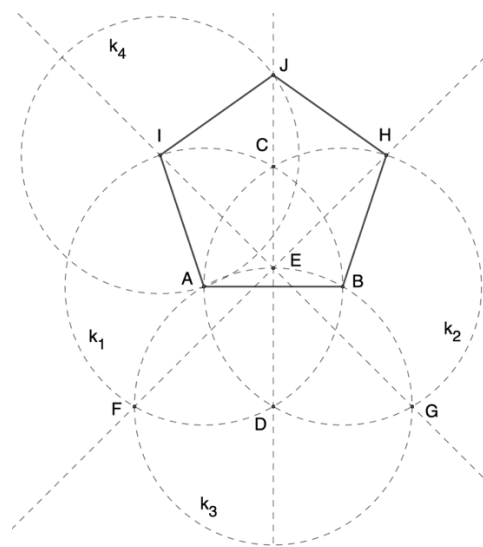


Obrázek 1.9

Pětiúhelník

1. \overline{AB}
2. $k_1; k_1(A; |AB|)$
3. $k_2; k_2(B; |AB|)$
4. $C, D; k_2 \cap k_1 = \{C, D\}$
5. $k_3; k_3(D; |AB|)$
6. $E; E = \overline{CD} \cap k_3$
7. $F; F = k_3 \cap k_1; F \neq B$
8. $G; G = k_2 \cap k_3; G \neq A$

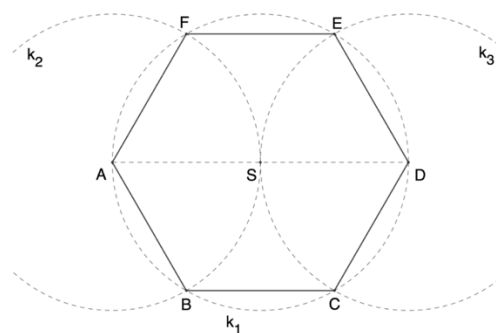
9. $H; H = \overleftrightarrow{EF} \cap k_2; H \notin \overleftrightarrow{EF}$
10. $I; I = \overleftrightarrow{EG} \cap k_1; I \notin \overleftrightarrow{EG}$
11. $k_4; k_4(I; |AB|)$
12. $J; J = \overleftrightarrow{CD} \cap k_4; J \notin \overleftrightarrow{CD}$
13. pětiúhelník $ABHJI$



Obrázek 1.10

Šestiúhelník

1. \overline{AD}
2. $S; S \in \overline{AD}; |AS| = |SD|$
3. $k_1; k_1(S; |AS|)$
4. $k_2; k_2(A; |AS|)$
5. $k_3; k_3(D; |AS|)$
6. $B, F; k_2 \cap k_1 = \{B, F\}$
7. $C, E; k_3 \cap k_1 = \{C, E\}$
8. šestiúhelník $ABCDEF$



Obrázek 1.11

Kapitola 2

Konstrukční prvky

2.1. Oblouky

Oblouky byly důležitou součástí gotické architektury. Roznášeli tlak do stran, kterým na ně působila velká tíha zdí. Používali se jak pro pevnost, tak i dekoraci.

Oblouk lomený

Nejznámějším obloukem tohoto období byl lomený oblouk, který byl hlavním prvkem gotické žebrové klenby. Žebrová klenba umožnila stavbu těžších kamenných stropů, vyšších a tenčích zdí, protože svým tvarem dokázala roznést tlak zdiva do stran. Postupem času byly lomené oblouky používány nejen pro žebrové klenby, ale také pro arkády a pro lancetová okna, což dodává stavbě jednotný vzhled.

Lomený oblouk se skládá ze dvou úseků kružnic s různými středy. Existují tři druhy lomených oblouků.

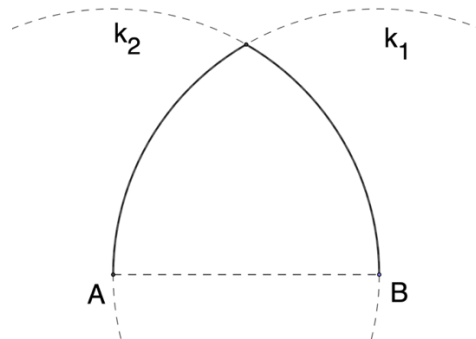
Rovnostranný

1. \overline{AB}

2. $k_1; k_1(B; |AB|)$

3. $k_2; k_2(A; |AB|)$

4. *lomený oblouk \widehat{AB}*



Obrázek 2.1

Snížený

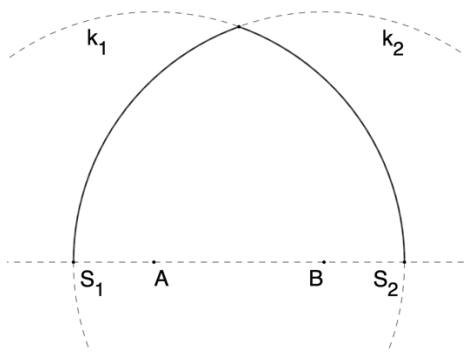
Poloměr kružnic musí být větší, jak délka úsečky AB , ozn. r .

1. \overline{AB}
2. $k_1; k_1(B; r)$
3. $k_2; k_2(A; r)$
4. $S_1; S_1 = k_1 \cap \overline{BA}$
5. $S_2; S_2 = k_2 \cap \overline{AB}$
6. *lomený oblouk*

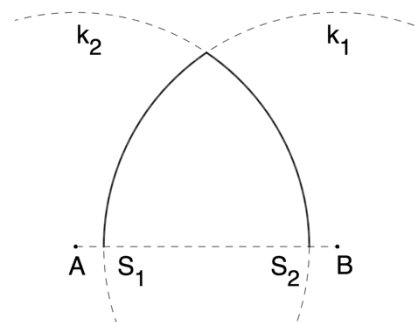
Převýšený

Poloměr kružnic musí být menší, jak délka úsečky AB , ozn. r .

1. \overline{AB}
2. $k_1; k_1(B; r)$
3. $k_2; k_2(A; r)$
4. $S_1; S_1 = k_1 \cap \overline{AB}$
5. $S_2; S_2 = k_2 \cap \overline{AB}$
6. *lomený oblouk*



Obrázek 2.2

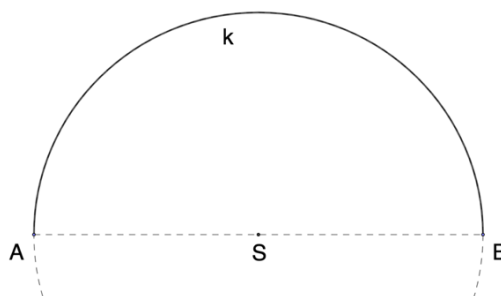


Obrázek 2.3

Oblouk půlkruhový

Půlkruhový oblouk se nejvíce objevoval v rané gotice, zejména u klenby válené.

1. \overline{AB}
2. $S; S \in \overline{AB}; |AS| = |SB|$
3. $k; k(S; |AS|)$
4. půlkruhový oblouk \widehat{AB}

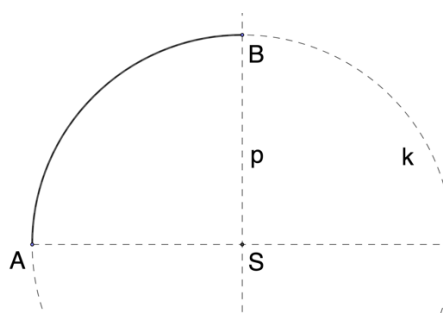


Obrázek 2.4

Oblouk čtvrtkruhový

Vychází z konstrukce půlkruhového oblouku. Používal se především v opěrném systému.

1. \overline{AS}
2. $k; k(S; |AS|)$
3. $p; p \perp \overline{AS}; S \in p$
4. $B; B = p \cap k$
5. čtvrtkruhový oblouk \widehat{AB}



Obrázek 2.5

Oblouk segmentový

Je kruhová výseč okruhu půlkruhového oblouku, který se využíval v nadedvěřním i nadokenním zdivu.

1. \overline{AB}

2. $S; S \in \overline{AB}; |AS| = |SB|$

3. $p; p \perp \overline{AB}; S \in p$

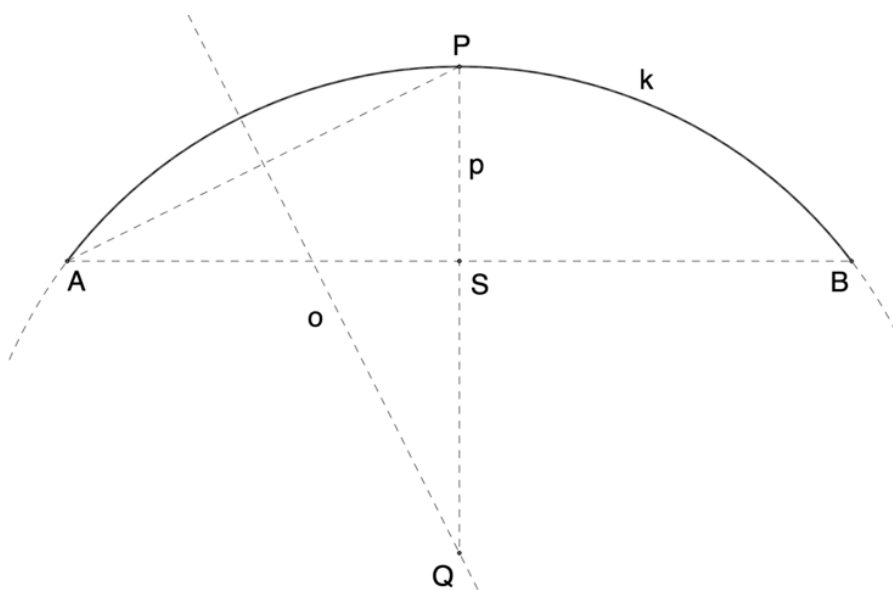
4. $P; P \in p; |AS| > |PS|$

5. $o \dots$ osa úsečky \overline{AP}

6. $Q; Q = o \cap p$

7. $k; k(Q; |QP|)$

8. segmentový oblouk \widehat{APB}



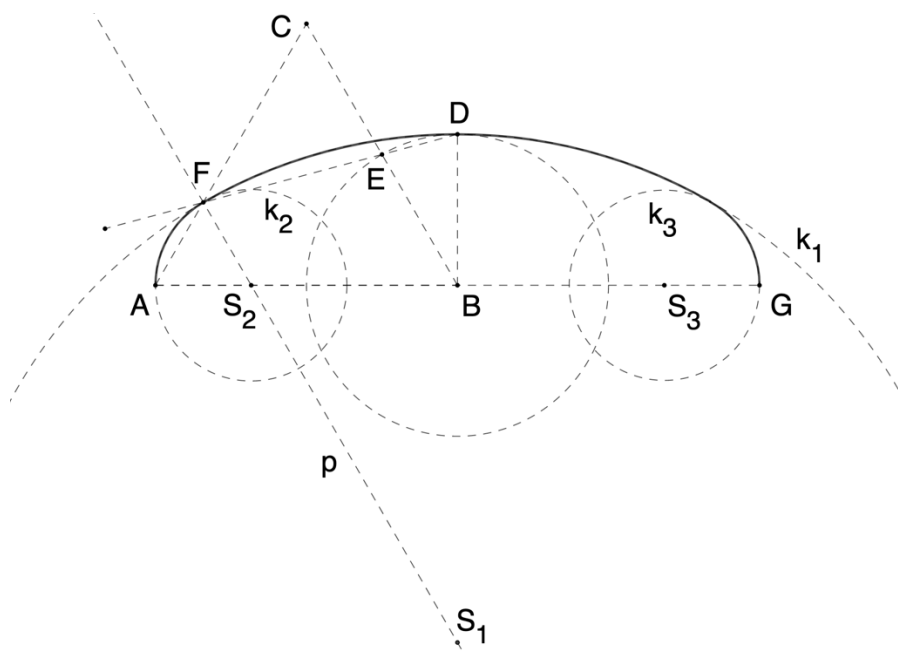
Obrázek 2.6

Oblouk eliptický

Nazývaný také stlačený nebo oválný je tvořen z části elipsy, která se konstruovala úplně jinak než dnes, a to ze 3 nebo 5 kružnic s různě navazujícími

středy. Používal se na místech, kde byl potřeba oblouk, který má výšku větší než polovinu jeho šířky. Rovnoramenný trojúhelník má základnu DE a D je vrcholem eliptického oblouku.

- | | |
|--|--|
| 1. ΔABC ... rovnostranný | 7. $S_3; S_3 \in \overleftrightarrow{AB}; BS_2 = BS_3 $ |
| 2. ΔBDE ... rovnoramenný; $ BD $
= $ BE $ | 8. $k_1; k_1(S_1; S_1D)$ |
| 3. $F; F = \overleftrightarrow{AC} \cap \overleftrightarrow{DE}$ | 9. $k_2; k_2(S_2; S_2A)$ |
| 4. $p; p \parallel \overleftrightarrow{BC}; F \in p$ | 10. $k_3; k_3(S_3; S_2A)$ |
| 5. $S_1; S_1 = \overleftrightarrow{BD} \cap p$ | 11. eliptický oblouk \widehat{ADG} |
| 6. $S_2; S_2 = \overleftrightarrow{AB} \cap p$ | |

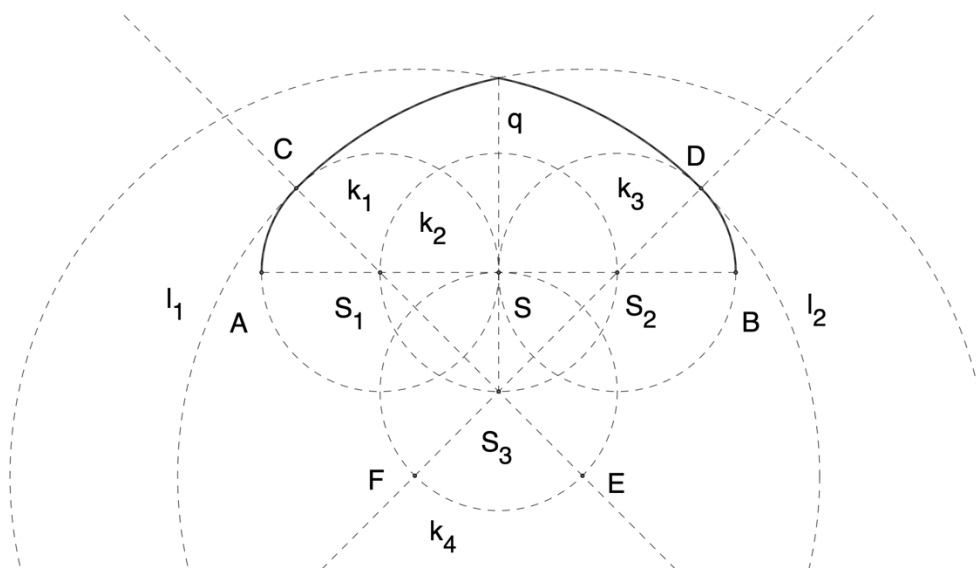


Obrázek 2.7

Oblouk tudorský

Tudorský oblouk se jmenuje podle dynastie Tudorovců, kteří vládli v Anglii v pozdní gotice. Do českých zemí se bohužel dostal až v období romantismu v 19. století. Je konstruován pomocí čtyř kruhových oblouků s odlišnými středy.

1. \overline{AB}
2. $S; S \in \overline{AB}; |AS| = |SB|$
3. $S_1; S_1 \in \overline{AB}; |AS_1| = |SS_1|$
4. $S_2; S_2 \in \overline{AB}; |BS_2| = |SS_2|$
5. $k_1; k_1(S_1; |S_1A|)$
6. $k_2; k_2(S; |SS_1|)$
7. $k_3; k_3(S_2; |S_2B|)$
8. $q; q \perp \overline{AB}; S \in q$
9. $S_3; S_3 \in q; |S_3S| = |SS_2|$
10. $C; C = \overleftrightarrow{S_1S_3} \cap k_1; C \notin \overleftrightarrow{ABS_3}$
11. $D; D = \overleftrightarrow{S_2S_3} \cap k_3; D \notin \overleftrightarrow{ABS_3}$
12. $k_4; k_4(S_3; |S_3S|)$
13. $E; E = \overleftrightarrow{S_1S_3} \cap k_4; E \notin \overleftrightarrow{S_3S_1}$
14. $F; F = \overleftrightarrow{S_2S_3} \cap k_4; F \notin \overleftrightarrow{S_3S_2}$
15. $l_1; l_1(E; |EC|)$
16. $l_2; l_2(F; |FD|)$
17. tudorský oblouk $ACDB$



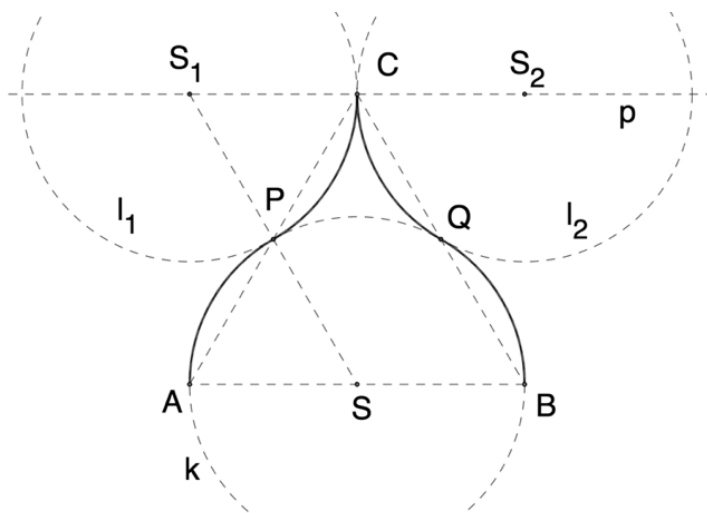
Obrázek 2.8

Oblouk oslí hřbet

Oblouk oslí hřbet se začal objevovat v pozdní gotice, byl používán jako dekorace. Neměl nosnou funkci, protože tu zastával další oblouk, který byl za ním nebo nad ním. Jsou tři druhy tohoto oblouku a to klasický, snížený a převýšený.

Klasický

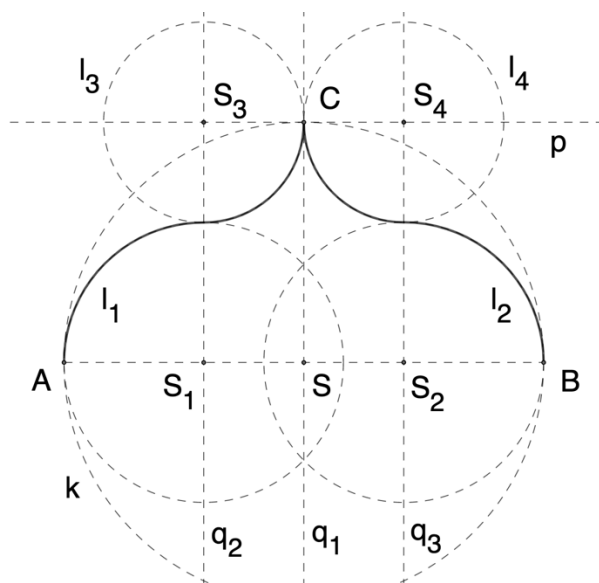
- | | |
|--|---|
| 1. ΔABC ... rovnostranný | 7. $P; P \in \overline{SS_1} \cap k$ |
| 2. $S; S \in \overline{AB}; AS = SB $ | 8. $Q; Q \in \overline{SS_2} \cap k$ |
| 3. $p; p \parallel \overline{AB}; C \in p$ | 9. $l_1; l_1(S_1; S_1P)$ |
| 4. $S_1; S_1 \in p; CS_1 = AS $ | 10. $l_2; l_2(S_2; S_2Q)$ |
| 5. $S_2; S_2 \in p; CS_2 = AS ; S_1 \neq S_2$ | 11. oblouk oslí hřbet \widehat{APCQB} |
| 6. $k; k(S; AS)$ | |



Obrázek 2.9

Snížený

1. \overline{AB}
2. $S; S \in \overline{AB}; |AS| = |SB|$
3. $S_1; S_1 \in \overline{AB}; |AS_1| = \frac{7}{12}|AS|$
4. $S_2; S_2 \in \overline{AB}; |BS_2| = \frac{7}{12}|SB|$
5. $k; k(S; |AS|)$
6. $q_1; q_1 \perp \overline{AB}; S \in q_1$
7. $C; C = k \cap q_1$
8. $p; p \parallel \overline{AB}; C \in p$
9. $q_2; q_2 \perp \overline{AB}; S_1 \in q_2$
10. $q_3; q_3 \perp \overline{AB}; S_2 \in q_3$
11. $S_3; S_3 = q_2 \cap p$
12. $S_4; S_4 = q_3 \cap p$
13. $l_1; l_1(S_1; |S_1A|)$
14. $l_2; l_2(S_2; |S_2B|)$
15. $l_3; l_3(S_3; |S_3C|)$
16. $l_4; l_4(S_4; |S_4C|)$
17. *oblouk oslí hřbet* \widehat{ACB}



Obrázek 2.10

Převýšený

1. $\triangle ABC$... *rovnostranný*
2. $S; S \in \overline{AB}; |AS| = |SB|$
3. $S_1; S_1 \in \overline{AB}; |BS_1| = \frac{2}{5}|AB|$

$$4. S_2; S_2 \in \overline{AB}; |AS_2| = \frac{2}{5}|AB|$$

$$5. p; p \parallel \overline{AB}; C \in p$$

$$6. l_1; l_1(S_1; |S_1A|)$$

$$7. l_2; l_2(S_2; |S_2B|)$$

$$8. P; P \in \overline{AC} \cap l_1$$

$$9. Q; Q \in \overline{BC} \cap l_2$$

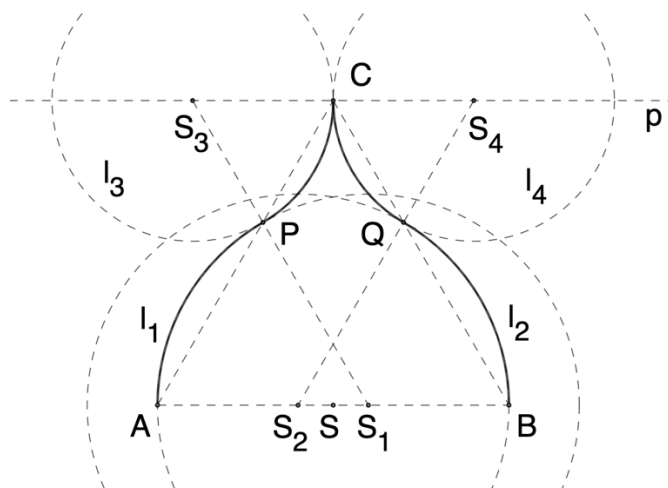
$$10. S_3; S_3 = \overleftrightarrow{S_1P} \cap p$$

$$11. S_4; S_4 = \overleftrightarrow{S_2Q} \cap p$$

$$12. l_3; l_3(S_3; |S_3C|)$$

$$13. l_4; l_4(S_4; |S_4C|)$$

$$14. \text{oblouk oslí hřbet } \widehat{APCQB}$$



Obrázek 2.11

2.2. Klenby

Klenby jsou stavební konstrukce, které se užívají na zastropení a zakrytí prostoru. V gotice se při jejich konstrukcích nejčastěji využíval lomený oblouk, který odlehčoval stěny tím, že tlaky působily dolů. Existuje několik typů kleneb, které se využívaly v architektuře.

Válená klenba ve většině případů vzniká pomocí válcové plochy a dvou protilehlých rovnoběžných zdí, ale vyskytují se i výjimky. Křivka válené klenby má tvar půlkružnice, segmentového nebo eliptického oblouku. Válenou klenbu lze dělit podle umístění, a to na přímou nebo šikmou a klesající nebo stoupající.

Křížová klenba je sestavena průnikem dvou válcových ploch se stejnou výškou, které jsou na sebe kolmé. Z válených kleneb zůstanou jen vnější části a místo podpůrných zdí můžeme zde nalézt pilíře, což jsou nosné prvky, takže prostory byly dobře osvětlené. Do křížové klenby patří i **šestidílná klenba**, která se vyskytuje hlavně v rané gotice. Boční lodě navazovaly na liché oblouky.

Žebrová klenba využívala lomený oblouk a pás žeber na odlehčení tíhy zdí. Podle umístění žeber nám vznikají nové klenby. **Klenba hvězdová**, její žebra vytváří motiv hvězdy. Vzniká průnikem válených stejně vysokých kleneb. Žebra zde slouží, jako dekorace. **Sít'ová klenba** vzniká z hvězdové klenby, kde jsou úhlopříčná žebra vypuštěna. Žebra tvoří pravidelnou síť. **Klenba obkročná**, tento typ klenby je vzácný, kvůli uspořádání podpěr, které byly postaveny střídavě. **Klenba kroužená** je nejsložitější klenba, její žebra jsou tvořena prostorovou křivkou. Vytváří různé kroužené obrazce, protože se žebra proplétají od patek k vrcholům.

Klenba sklípková se také nazývá diamantová. Využívá se jako dekorace, protože zde zanikají žebra.



Obrázek 2.12
křížová klenba kostela
Panny Marie



Obrázek 2.13
Síťová klenba kostela
Panny Marie

2.3. Kružby

Kružby jsou souměrné architektonické prvky, které z větší části vycházejí z kruhů a mnohoúhelníků. Vznikaly z vytesaného kamene, aby rozčlenily příliš velká okna. Později se začaly používat jako dekorace, například na zábradlí, parapety i štíty.



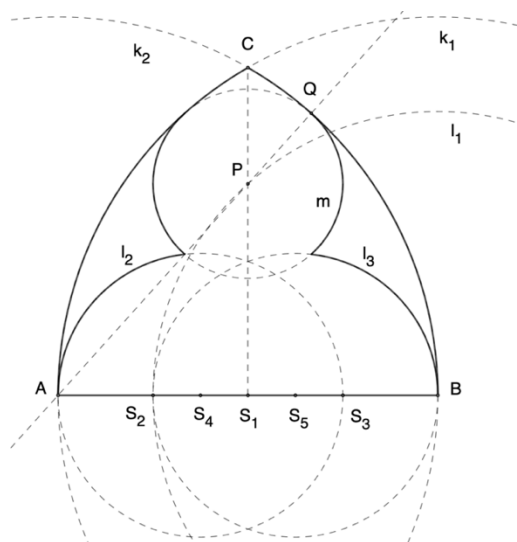
Obrázek 2.14

Jeptiška

Název architektonického prvku jeptiška připomíná obrys hlavy a ramen jeptišky.

Konstrukce:

1. \overline{AB}
2. $k_1; k_1(A; |AB|)$
3. $k_2; k_2(B; |AB|)$
4. $C; C = k_1 \cap k_2$
5. $S; S \in \overline{AB}; |AS| = |SB|$
6. $S_1; S_1 \in \overline{AB}; |AS_1| = |BS_1|$
7. $S_2; S_2 \in \overline{AB}; |AS_2| = |S_1S_2|$
8. $S_3; S_3 \in \overline{AB}; |BS_3| = |S_1S_3|$
9. $S_4; S_4 \in \overline{AB}; |S_2S_4| = |S_1S_4|$
10. $S_5; S_5 \in \overline{AB}; |S_3S_5| = |S_1S_5|$
11. $l_1; l_1(B; |S_2B|)$
12. $l_2; l_2(S_4; |S_4S_3|)$
13. $l_3; l_3(S_5; |S_5S_2|)$
14. $P; P \in \overline{S_1C} \cap l_1$
15. $Q; Q \in \overline{AP} \cap k_2$
16. $m; m(P; |PQ|)$
17. jeptiška



Obrázek 2.15

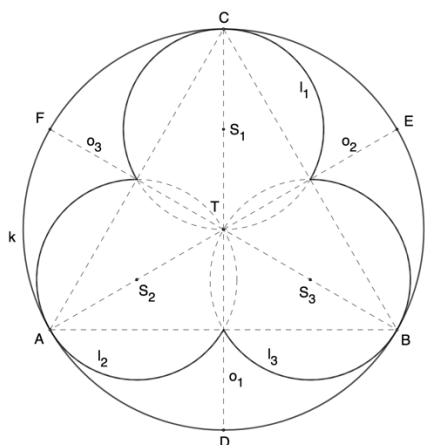


Obrázek 2.16

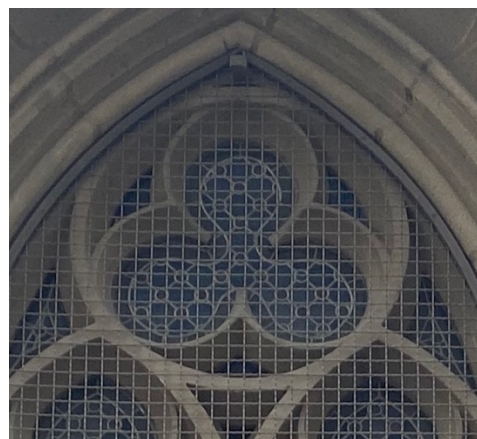
Trojlistek v kruhu

Konstrukce:

1. ΔABC ... rovnostranný
2. o_1 ... osa strany AB
3. o_2 ... osa strany BC
4. o_3 ... osa strany AC
5. T ; $T = o_1 \cap o_2$
6. k ; $k(T; |TA|)$
7. D ; $D = o_1 \cap k$; $D \neq C$
8. E ; $E = o_2 \cap k$; $E \neq A$
9. F ; $F = o_3 \cap k$; $F \neq B$
10. S_1 ; $S_1 \in o_1$; $|TS_1| = |CS_1|$
11. S_2 ; $S_2 \in o_2$; $|TS_2| = |AS_2|$
12. S_3 ; $S_3 \in o_3$; $|TS_3| = |BS_3|$
13. l_1 ; $l_1(S_1; |S_1C|)$
14. l_2 ; $l_2(S_2; |S_2A|)$
15. l_3 ; $l_3(S_3; |S_3B|)$
16. trojlístek



Obrázek 2.17



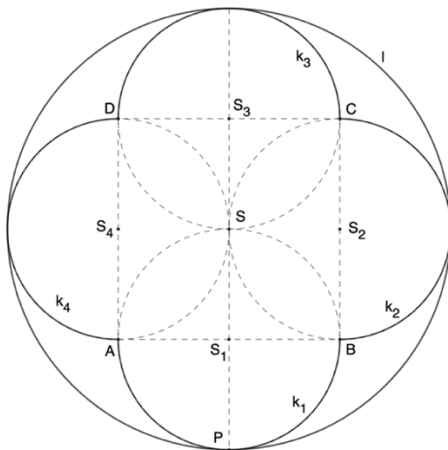
Obrázek 2.18

Čtyřlístek v kruhu

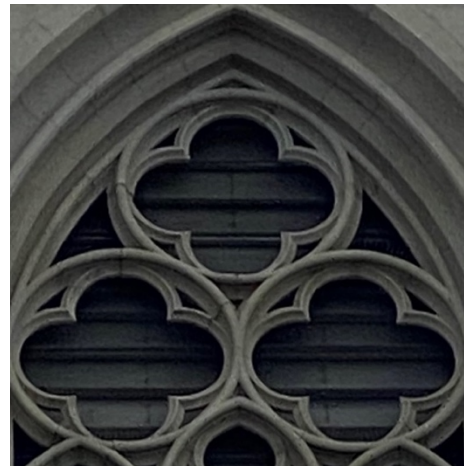
Tento architektonický prvek vychází ze čtverce. Středů příslušných kružnic jsou středy jednotlivých strany čtverce.

Konstrukce:

1. čtverec $ABCD$
2. $S; S \in \overline{AC} \cap \overline{BD}$
3. $S_1; S_1 \in \overline{AB}; |AS_1| = |BS_1|$
4. $S_2; S_2 \in \overline{BC}; |BS_2| = |CS_2|$
5. $S_3; S_3 \in \overline{CD}; |CS_3| = |DS_3|$
6. $S_4; S_4 \in \overline{AD}; |AS_4| = |DS_4|$
7. $k_1; k_1(S_1; |S_1A|)$
8. $k_2; k_2(S_2; |S_2B|)$
9. $k_3; k_3(S_3; |S_3C|)$
10. $k_4; k_4(S_4; |S_4D|)$
11. $P; P \in \overleftrightarrow{SS_1} \cap k_1; P \neq S$
12. $l; l(S; |SP|)$
14. čtyřlístek



Obrázek 2.19



Obrázek 2.20

Trojlístek ve sférickém trojúhelníku

Konstrukce:

1. sférický ΔABC
2. o_1 ... osa strany AB
3. o_2 ... osa strany BC
4. o_3 ... osa strany AC
5. $k_1; k_1\left(A; \frac{3}{4}|AB|\right)$

$$6. k_2; k_2 \left(B; \frac{3}{4} |AB| \right)$$

$$7. S_1; S_1 = k_1 \cap o_1$$

$$8. S_2; S_2 = k_2 \cap o_2$$

$$9. S_3; S_3 = k_1 \cap o_3$$

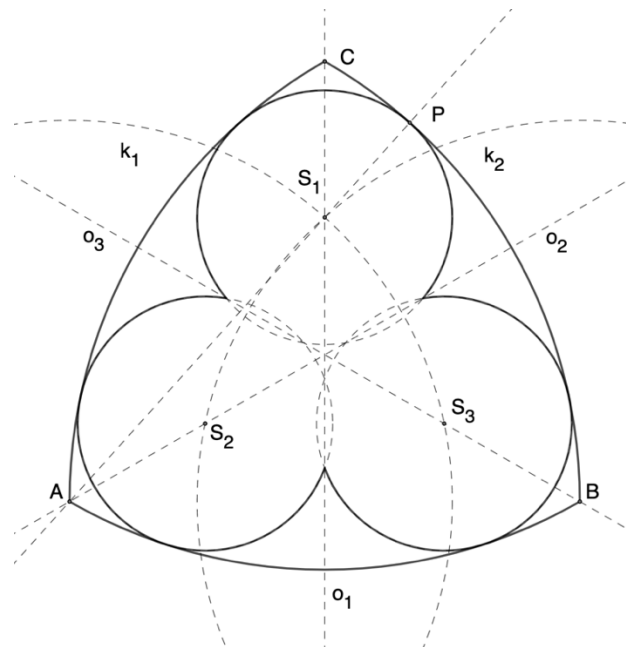
$$10. P; P \in \overrightarrow{AS_1} \cap \widehat{BC}$$

$$11. l_1; l_1(S_1; |S_1P|)$$

$$12. l_2; l_2(S_2; |S_1P|)$$

$$13. l_3; l_3(S_3; |S_1P|)$$

14. trojlístek



Obrázek 2.21

Čtyři dotýkající se kružnice

Konstrukce:

$$1. \overline{AB}$$

$$2. S; S \in \overleftrightarrow{AB}; |AS| = |SB|$$

$$3. p; p \perp \overline{AB}; S \in p$$

$$4. k; k(S; |AS|)$$

5. $C, D; p \cap k = \{C, D\}$

6. $E; E \in \overline{AC}; |AE| = |EC|$

7. $l_1; l_1(A; |AE|)$

8. $l_2; l_2(B; |AE|)$

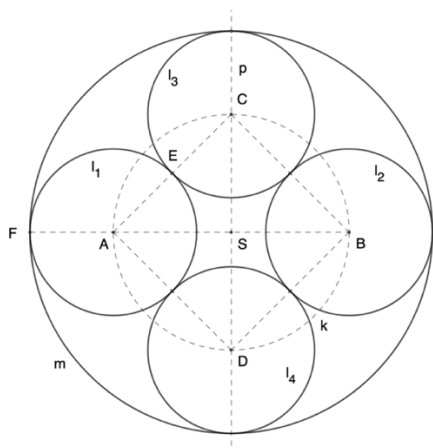
9. $l_3; l_3(C; |AE|)$

10. $l_4; l_4(D; |AE|)$

11. $F; F \in \overline{BA} \cap l_1$

12. $m; m(S; |SF|)$

13. čtyři kružnice



Obrázek 2.22



Obrázek 2.23

Tři dotýkající se kružnice v kruhu

Konstrukce:

1. ΔABC ... rovnostranný

2. $S_1; S_1 \in \overline{AB}; |AS_1| = |BS_1|$

3. $S_2; S_2 \in \overline{BC}; |BS_2| = |CS_2|$

4. $S_3; S_3 \in \overline{AC}; |AS_3| = |CS_3|$

5. $l_1; l_1(A; |S_1A|)$

6. $l_2; l_2(B; |S_2B|)$

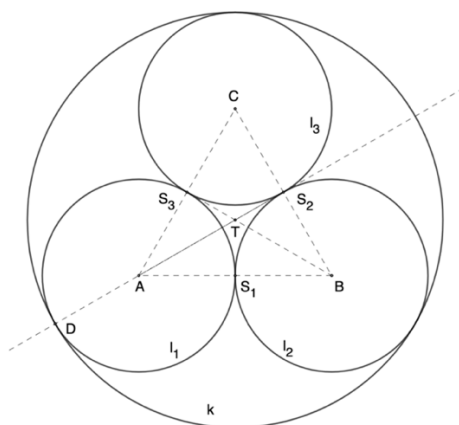
7. $l_3; l_3(C; |S_3C|)$

8. $T; T \in \overline{AS_2} \cap \overline{BS_3}$

9. $D; D \in \overline{S_2A} \cap l_1; D \notin \overline{AS_2}$

10. $k; k(T; |TD|)$

11. tři kružnice



Obrázek 2.24

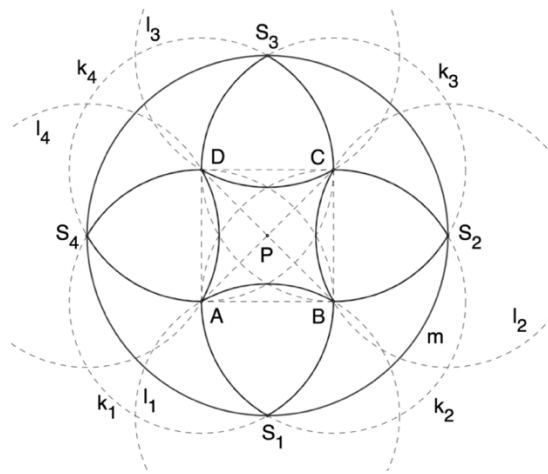


Obrázek 2.25

Čtyři sférické trojúhelníky v kruhu

Konstrukce:

1. čtverec $ABCD$
2. $k_1; k_1(A; |AB|)$
3. $k_2; k_2(B; |BC|)$
4. $k_3; k_3(C; |CD|)$
5. $k_4; k_4(D; |AD|)$
6. $S_1; S_1 = k_1 \cap k_2$
7. $S_2; S_2 = k_2 \cap k_3$
8. $S_3; S_3 = k_3 \cap k_4$
9. $S_4; S_4 = k_1 \cap k_4$
10. $l_1; l_1(S_1; |S_1A|)$
11. $l_2; l_2(S_2; |S_2B|)$
12. $l_3; l_3(S_3; |S_3C|)$
13. $l_4; l_4(S_4; |S_4D|)$
14. $P; P \in \overleftrightarrow{AC} \cap \overleftrightarrow{BD}$
15. $m; m(P; |PS_1|)$
16. čtyři sférické trojúhelníky



Obrázek 2.26



Obrázek 2.27

Tři sférické trojúhelníky v kruhu

Konstrukce:

1. \overline{AB}

2. $S_1; S_1 \in \overline{AB}; |AS_1| = |BS_1|$

3. $S_2; S_2 \in \overline{AB}; |AS_2| = |S_2S_1|$

4. $S_3; S_3 \in \overline{AB}; |BS_3| = |S_3S_1|$

5. $k; k(S_1; |AS_1|)$

6. $p; p \perp \overline{AB}; S_2 \in p$

7. $q; q \perp \overline{AB}; S_3 \in q$

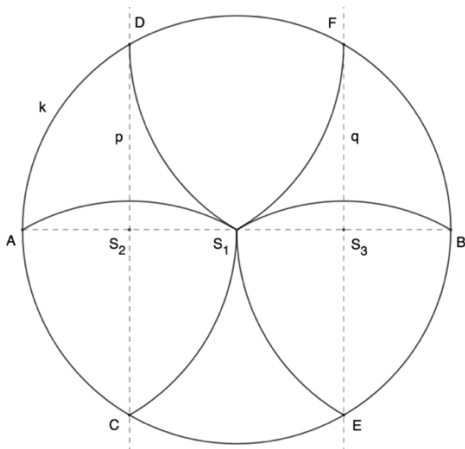
8. $C, D; p \cap k = \{C, D\}$

9. $E, F; q \cap k = \{E, F\}$

10. *sférický* ΔAS_1C

11. *sférický* ΔS_1BE

12. *sférický* ΔDFS_1



Obrázek 2.28

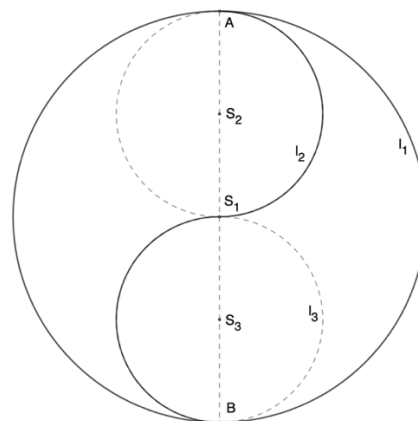


Obrázek 2.29

Dva jednoduché plaménky v kruhu

Konstrukce:

1. \overline{AB}
2. $S_1; S_1 \in \overline{AB}; |AS_1| = |BS_1|$
3. $S_2; S_2 \in \overline{AB}; |AS_2| = |S_2S_1|$
4. $S_3; S_3 \in \overline{AB}; |BS_3| = |S_3S_1|$
5. $l_1; l_1(S_1; |S_1A|)$
6. $l_2; l_2(S_2; |S_2S_1|)$
7. $l_3; l_3(S_3; |S_3S_1|)$



Obrázek 2.30

Dva plaménky v kruhu

Konstrukce:

1. konstrukce dvou jednoduchých plaménku vepsaných v kruhu

2. $|\sphericalangle S_2 S_1 X| = 20^\circ$

3. $C; C \in \overrightarrow{XS_1} \cap l_1$

4. o ... osa úsečky $\overline{CS_1}$

5. $D; D = o \cap l_2$

6. $O_1; O_1 \in \overline{CS_1}; |CO_1| = \frac{1}{4}|CS_1|$

7. $O_2; O_2 \in \overline{CS_1}; |S_1O_2| = \frac{1}{4}|CS_1|$

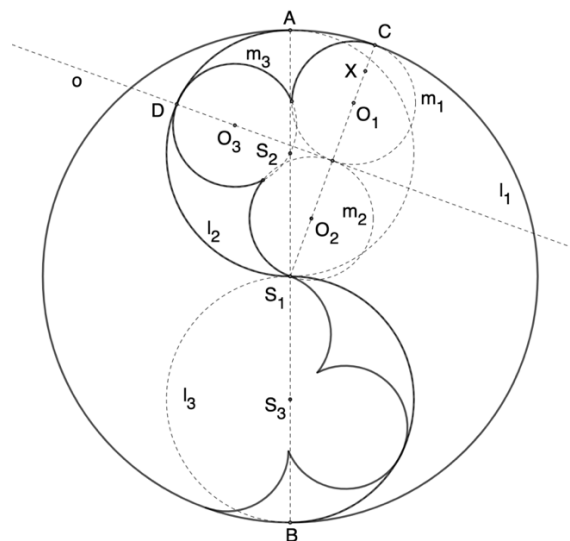
8. $O_3; O_3 \in o; |DO_3| = \frac{1}{4}|CS_1|$

9. $m_1; m_1(O_1; |O_1C|)$

10. $m_2; m_2(O_2; |O_2S_1|)$

11. $m_3; m_3(O_3; |O_3D|)$

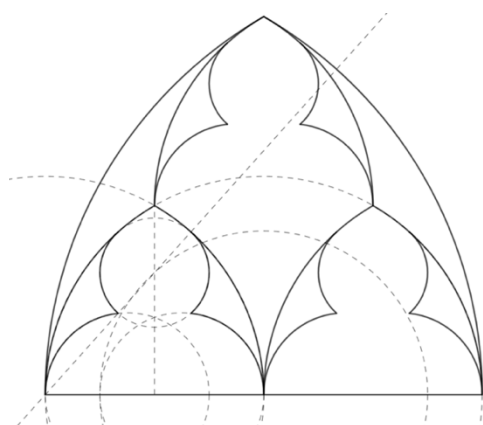
12. stejný postup i v kružnici l_3



Obrázek 2.31

Tři jeptišky v rovnostranném lomeném oblouku

Dvě stejně velké jeptišky, narýsujeme vedle sebe a třetí na jejich vrcholy. Poté sestrojíme lomený oblouk.



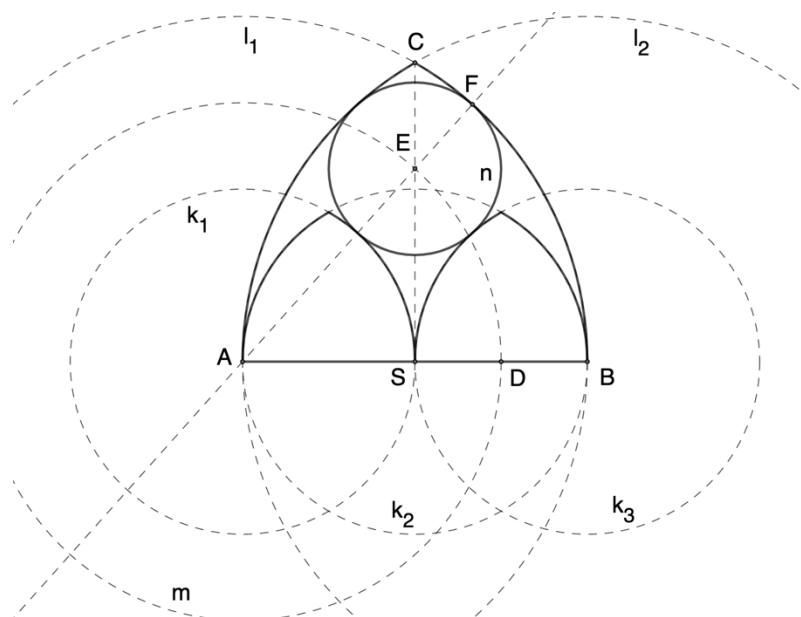
Obrázek 2.31



Obrázek 2.32

Konstrukce dvou lomených oblouků a kružnice v rovnostranném lomeném oblouku

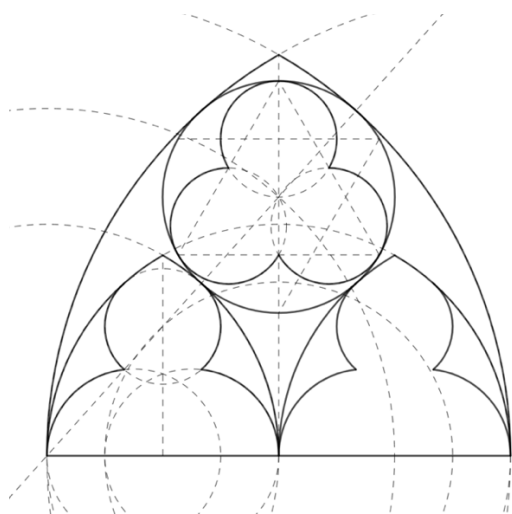
1. \overline{AB}
2. $S; S \in \overline{AB}; |AS| = |SB|$
3. $l_1; l_1(A; |AB|)$
4. $l_2; l_2(B; |AB|)$
5. $C; C = l_1 \cap l_2$
6. $k_1; k_1(A; |AS|)$
7. $k_2; k_2(S; |AS|)$
8. $k_3; k_3(B; |AS|)$
9. $D; D \in \overline{AB}; |DS| = |DB|$
10. $m; m(A; |AD|)$
11. $E; E \in \overline{SC} \cap m$
12. $F; F \in \overline{AE}; |EF| = \frac{1}{4}|AB|$
13. $n; n(E; |EF|)$



Obrázek 2.33

Dvě jeptišky a trojlístek v rovnostranném lomeném oblouku

Využijeme zde konstrukci viz. obrázek 2.15 a 2.17 vepsaných do konstrukce viz. obrázek 2.33.



Obrázek 2.34



Obrázek 2.35

2.4. Rozetové okno

Rozetové okno je velké kruhové okno bohaté na architektonické prvky, které je typické pro katedrály.

Pro popis konstrukce rozetového okna jsem si vybrala rozetu katedrály v Chartres.

Tvoří ji velká kružnice a ve středu rozetového okna je dvanáctilist v kruhu.

Konstrukce dvanáctilistu a dalších prvků.

1. $k; k(S, r)$

2. $p; S \in p$

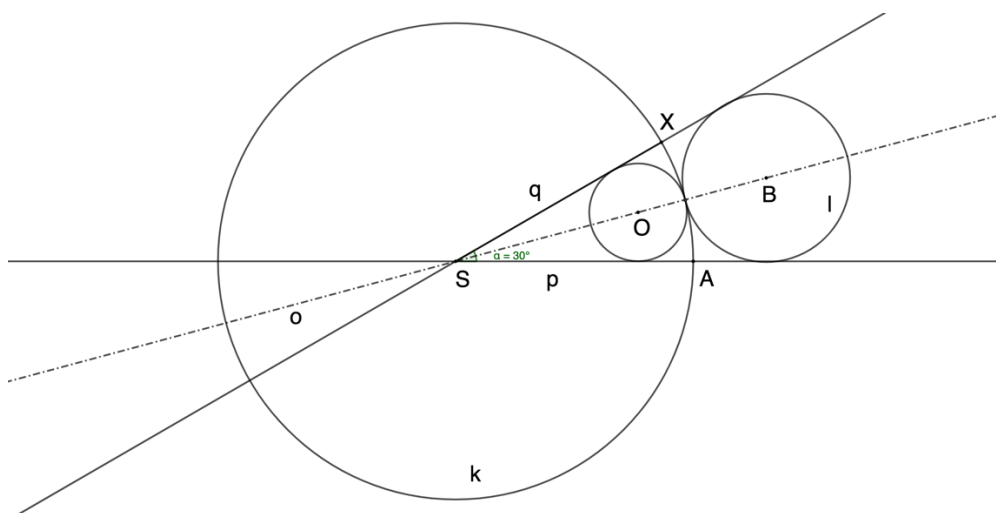
3. $A; A = p \cap k$

4. $\sphericalangle ASX; |\sphericalangle ASX| = 30^\circ$

5. $\overleftrightarrow{SX} = q$

6. $o \dots$ osa úhlu ASX

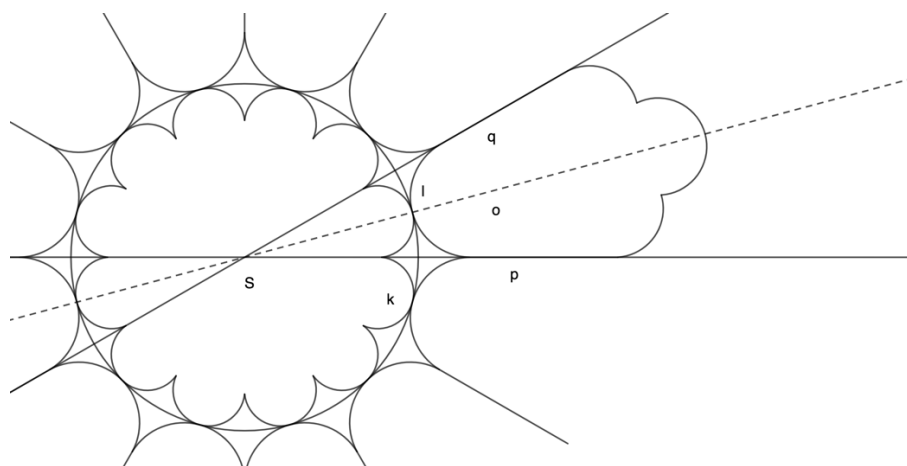
Pomocí stejnolehlosti narýsujeme kružnice ležící na ose úhlu o , které se dotýkají kružnice k , a dvou přímk p, q , uvnitř i vně kružnice.



Obrázek 2.36

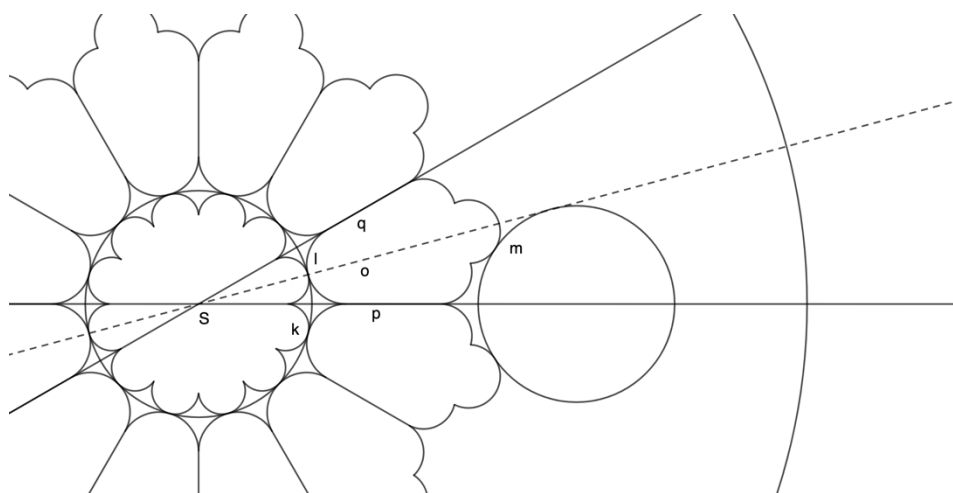
Poté využijeme středovou a osovou souměrnost, kde střed souměrnosti je S a osy souměrnosti jsou přímky po 30° . A tím sestojíme dvanáctilist.

Kružnice l , kterou jsme sestrojili vně kružnice k , se navazuje na přímky p, q . Na ose úhlu o leží střed čtyřlístku dotýkající se přímk p a q . Konstrukce čtyřlístku viz. obrázek 2.19



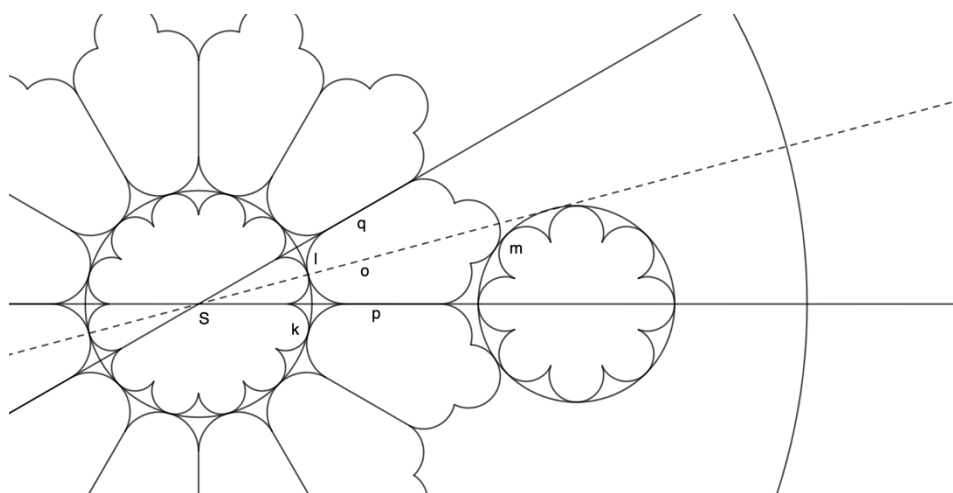
Obrázek 2.37

Opět použijeme středovou a osovou souměrnost. Na přímce p leží střed kružnice m , která se dotýká dvou čtyřlístků. Pomocí středové a osové souměrnosti narýsujeme zbylé kružnice.



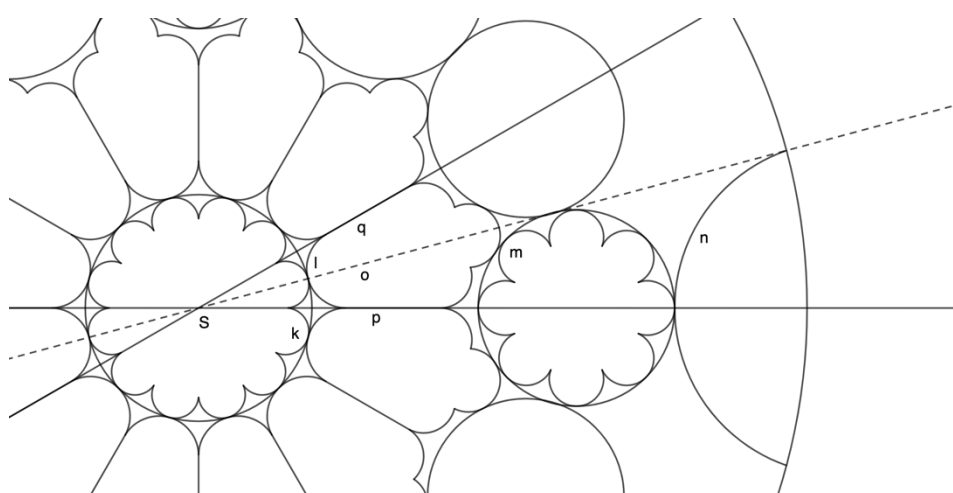
Obrázek 2.38

Čtyři kružnice nahoře, dole, vlevo a vpravo tvoří osmilst, který má konstrukci stejnou, jak dvanáctilist až na úhel, který je 45° .



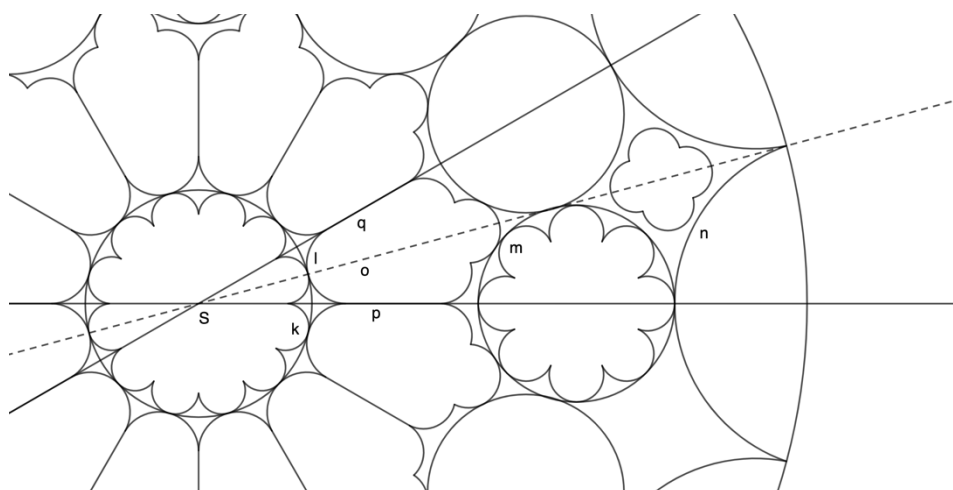
Obrázek 2.39

Kružnice n jejíž střed náleží přímce p a velké kružnice se dotýká kružnice m .



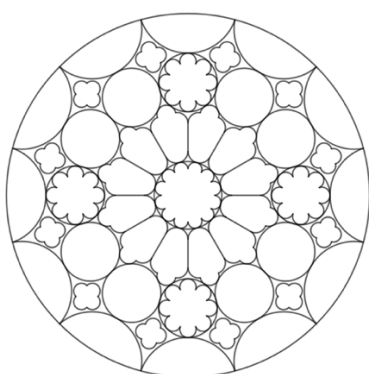
Obrázek 2.40

Čtyřlísty mezi kružnicemi m a n jsou sestrojeny pomocí konstrukce viz. obrázek 2.19 a leží na ose úhlu o .



Obrázek 2.41

Znovu využijeme středovou a osovou souměrnost. Výsledná konstrukce viz. obrázek 2.42.



Obrázek 2.42



Obrázek 2.43
katedrála v Chartres

Seznam použitých matematických značek

A	bod A
p	přímka p
k	kružnice k
\overline{AB}	úsečka AB
\overleftrightarrow{AB}	přímka určená body A, B
\overrightarrow{AB}	polopřímka AB
$\overrightarrow{ABS_3}$	polorovina ABS_3
\widehat{AB}	oblouk AB
$ AB $	délka úsečky AB
$p \parallel q$	přímka p je rovnoběžná s přímkou q
$p \perp q$	přímka p je kolmá k přímce q
$p \cap k$	průnik přímky p a kružnice k
$A \in p$	bod A náleží přímce p
$A \notin p$	bod A nenáleží přímce p
$\sphericalangle ASX$	úhel ASX
$ \sphericalangle ASX $	velikost úhlu ASX
ΔABC	trojúhelník ABC

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo ukázat architektonické prvky gotiky z pohledu konstrukční geometrie a vysvětlit jejich postup při rýsování. Konstrukce, které obsahuje, byly vytvořeny v programu GeoGebra, který je volně přístupný na www.geogebra.org. V bakalářské práci byla použita z větší části vlastní fotodokumentace. V případě, že se nejedná o vlastní fotodokumentaci je zdroj uveden v kapitole Literatura.

Literatura

[1] A. Sutton, Pravitko a kružítko, Dokořán, 2017.

[2] M. Lundyová, Posvátná geometrie, Dokořán, 2013.

[3] ŠKABRADA, Jiří. Konstrukce historických staveb. Praha: Argo, 2003. ISBN 80-7203-548-7.

[4] OWEN, Painton. The Rose Window: Splendour and Symbol. Londýn: Thames & Hudson, 2005. ISBN 978-05-0051-174-9.

[5] Křížová klenba. In: *Wikimedia* [online]. San Francisco: Pko, 2006 [cit. 2022-06-12]. Dostupné z:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7d/Chelmno_fara_sklepienie_nawy_pn.jpg

[6] Sít'ová klenba. In: *Wikimedia* [online]. San Francisco: SteveK, 2006 [cit. 2022-06-12]. Dostupné z:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/72/Lienzingen-Liebfrauenkirche_1.jpg

[7] Rozeta v Chartres. In: *Tania's secret* [online]. Tábor, 2018 [cit. 2022-06-12]. Dostupné z: <https://www.taniassecret.cz/zlata-koruna-klaster/cisterciacke-klastery/situovani-klasteru-a-goticka-architektura/tajupnost-gotickych-chramu/goticke-katedraly-a-stavby/katedrala-v-chartres>