

Geometrie v gotické architektuře



Obsah

1	Úvod	3
2	Gotika	4
2.1	Základní údaje	4
2.2	Významné evropské gotické stavby	4
2.2.1	Francie	4
2.2.2	Anglie	4
2.2.3	Itálie	4
2.3	Gotika u nás	5
2.4	Znaky gotické architektury	5
3	Oblouky	8
3.1	Lomený oblouk	8
3.1.1	Základní lomený oblouk	8
3.1.2	Lomený oblouk zvýšený	9
3.1.3	Lomený oblouk snížený	9
3.2	Půlkruhový oblouk	9
3.3	Segmentový oblouk	9
3.4	Tudorský oblouk	10
3.5	Oslí hřbet	10
3.6	Úkoly pro studenty	11
4	Klenby	12
4.1	Klenba valená	12
4.2	Klenba křížová	13
4.3	Klenba klášterní	13
4.4	Klenba hvězdová	14
4.5	Úkoly pro studenty	14
5	Kružby	15
5.1	Trojlistek, čtyřlístek a pětilístek v kruhu	15
5.2	Sférický trojúhelník a sférický čtyřúhelník	16
5.3	Mniška	17
5.4	Tři sférické trojúhelníky vepsané do kruhu	17
5.5	Úkoly pro studenty	17

6 Závěr	19
Literatura	20

Kapitola 1

Úvod

Milí učitelé matematiky,

právě v ruce držíte sbírku věnující se geometrii v gotické architektuře. Jedná se o studijní text, který můžete poskytnout svým studentům, či si podle něho připravit hodinu. Na konci každé kapitoly jsou příklady na procvičení probíraných aplikací.

Tento text si neklade za cíl dát přehled historických dat a souvislostí, ale chtěl bych ukázat, že základní architektonické prvky nejsou jen umělecká kouzla tehdejších mistrů, ale že se převážně jedná o složení několika základních geometrických konstrukcí.

Uvedené konstrukce jsou kresleny v programu GeoGebra. Za konstrukce modelů kleneb děkuji Mgr. Barboře Kutilové.

Kapitola 2

Gotika

V této kapitole si řekněme několik základních údajů o tomto architektonickém slohu a udělejme si přehled staveb v tomto slohu postavených.

2.1 Základní údaje

Gotický sloh vznikl přibližně kolem roku 1150 ve Francii v oblastech okolo Paříže. Samotný název se však ještě v době gotiky nepoužíval. Pojem gotika byl použit poprvé až v Itálii v období pozdní renesance. Ve Francii byl tento sloh nazýván sloh lomený.

Z Francie se šířila gotika prakticky do celé Evropy. Ještě ve 12. století se dostala do Anglie, o sto let později pak do Německa, Španělska a Itálie. K nám do českých zemí se gotika dostala koncem první poloviny 13. století. V té době u nás vládli Přemyslovci.

2.2 Významné evropské gotické stavby

2.2.1 Francie

Podívejme se nejprve do Francie. Mezi nejvýznamnější francouzské stavby patří katedrála Notre-Dame v Paříži či katedrála v Remesi (obr. 2.1 a 2.2).

2.2.2 Anglie

V Anglii mezi nejvýznamnější stavby patří katedrála v Salisbury a také Westminsterské opatství v Londýně (obr. 2.3 a 2.4).

2.2.3 Itálie

Z italské architektury zmiňme dvě stavby: Milánský dóm a katedrálu v Sieně (obr. 2.5 a 2.6).



Obrázek 2.1: Notre-Dame v Paříži



Obrázek 2.2: Katedrála v Remeši

2.3 Gotika u nás

U nás najdeme velké množství gotických staveb. Ukažme si ty nejvýznamnější.

1. Katedrála svatého Víta v Praze (obr. 2.7).
2. Chrám svaté Barbory v Kutné Hoře (obr. 2.8).
3. Bazilika Nanebevzetí Panny Marie v Brně (obr. 2.9).
4. Porta Coeli v Předklášteří u Tišnova (obr. 2.10)

2.4 Znaky gotické architektury

Mezi charakteristické znaky gotické architektury patří oblouky, klenby a kružby. Jednotlivé znaky si rozebereme z geometrického hlediska v dalších kapitolách. Mezi další důležité prvky patří fiály či chrlice. Charakteristická pro gotiku je vertikálnost a štíhlost.



Obrázek 2.3: Katedrála v Salisbury



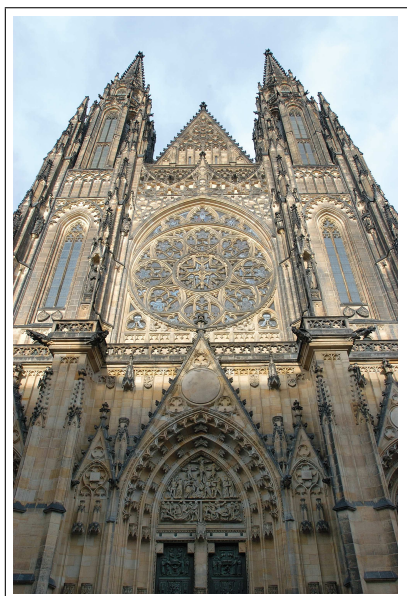
Obrázek 2.4: Westminsterské opatství v Londýně



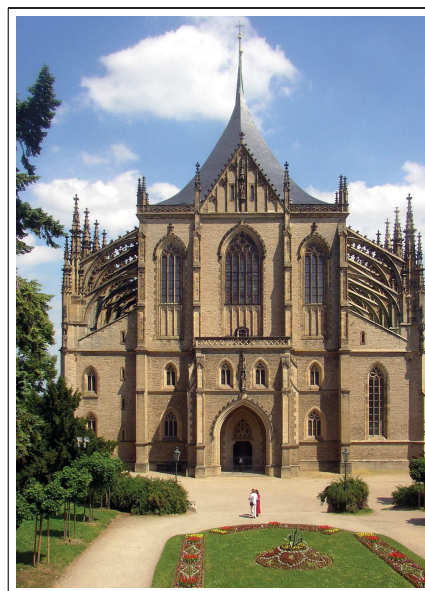
Obrázek 2.5: Milánský dóm



Obrázek 2.6: Katedrála v Sieně



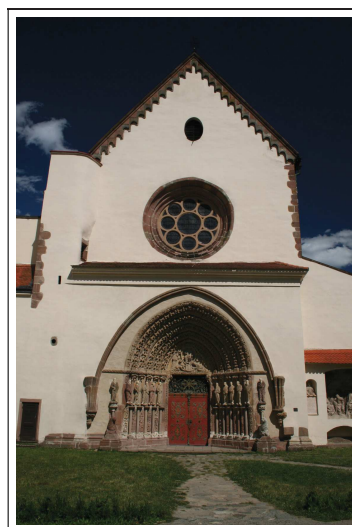
Obrázek 2.7: Katedrála svatého Víta v Praze



Obrázek 2.8: Chrám svaté Barbory v Kutné Hoře



Obrázek 2.9: Bazilika Nanebevzetí Panny Marie v Brně



Obrázek 2.10: Porta Coeli v Předklášteří u Tišnova

Kapitola 3

Oblouky

Tento konstrukční prvek nacházíme u zejména kleneb. Další využití nacházely tyto oblouky u oken, portálů či opěrných systémů.

Pojďme se podívat na jednotlivé typy oblouků z geometrického hlediska.

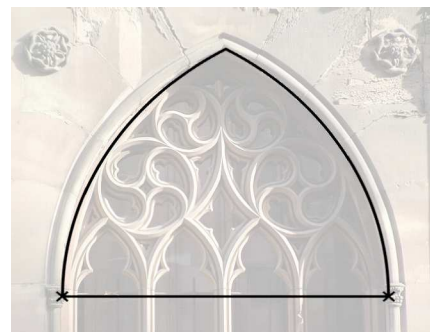
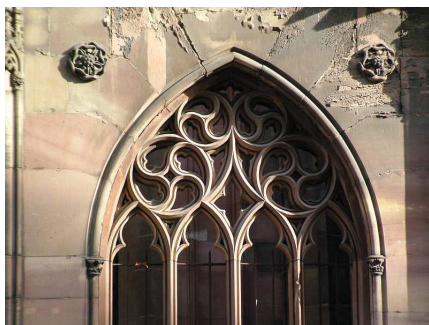
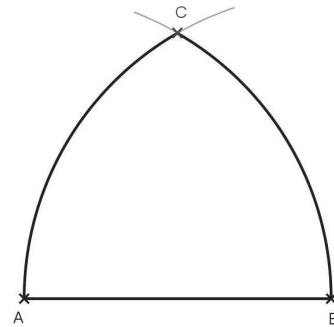
3.1 Lomený oblouk

Rozlišujeme tři typy lomených oblouků: základní, zvýšený a snížený.

3.1.1 Základní lomený oblouk

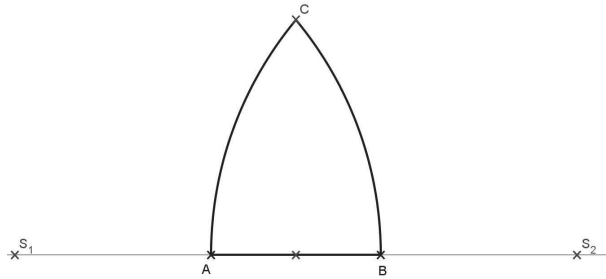
Postup konstrukce

1. AB ; $|AB| = a$
2. k ; $k(A; r = a)$
3. l ; $l(b; r = a)$
4. C ; $C \in k \cap l$



Na obrázku můžete vidět ukázkou lomeného oblouku z katedrály ve Strasbourgu.

3.1.2 Lomený oblouk zvýšený



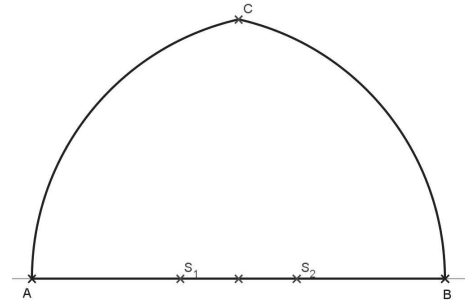
Postup konstrukce

1. AB ; $|AB| = a$
2. S_1, S_2 ; $S_1 \in \leftarrow AB$, $S_2 \in \leftarrow BA$
3. k ; $k(S_1; r = |S_1B|)$
4. l ; $l(S_2; r = |AS_2|)$
5. C ; $C \in k \cap l$

3.1.3 Lomený oblouk snížený

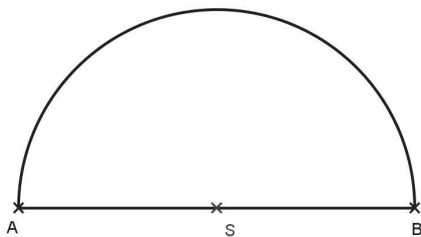
Postup konstrukce

1. AB ; $|AB| = a$
2. S ; $S = A \doteq B$
3. S_1, S_2 ; $S_1 \in \leftarrow AS$, $S_2 \in \leftarrow SB$
4. k ; $k(S_1; r = |S_1B|)$
5. l ; $l(S_2; r = |AS_2|)$
6. C ; $C \in k \cap l$



3.2 Půlkruhový oblouk

Dalším důležitým obloukem je půlkruhový. Jeho konstrukce není vůbec složitá. Jedná se o jednoduchý půlkruh.



Postup konstrukce

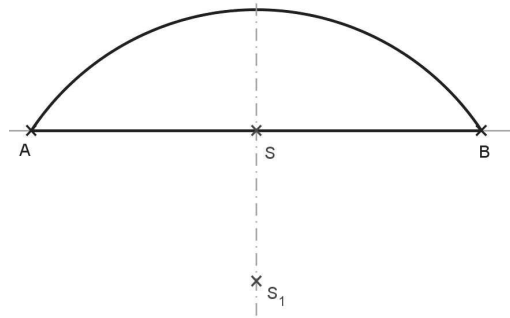
1. AB ; $|AB| = a$
2. S ; $S = A \doteq B$
3. k ; $k(S; r = |AS|)$

3.3 Segmentový oblouk

Segmentový oblouk taktéž není vůbec složitý. Jedná se pouze o kruhovou úseč.

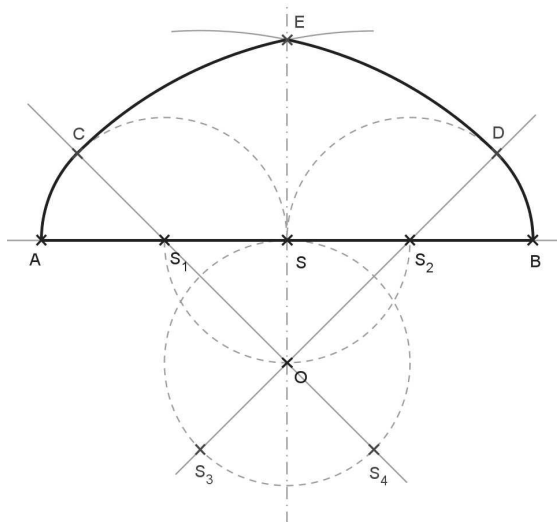
Postup konstrukce

1. AB ; $|AB| = a$
2. o ; $o = \{X; |AX| = |XB|\}$
3. S_1 ; $S_1 \in o$
4. k ; $k(S; r = |AS|)$



3.4 Tudorský oblouk

Už mírně složitějším je Tudorský oblouk. Ten se využíval převážně v období pozdní gotiky.



Postup konstrukce

1. AB ; $|AB| = a$
2. S ; $S = A \div B$
3. S_1 ; $S_1 = A \div S$, S_2 ; $S_2 = S \div B$
4. o ; $o = \{X; |AX| = |XB|\}$
5. O ; $O \in o, |OS| = |SS_1|$
6. k ; $k(O; r = |OS|)$
7. S_3 ; $S_3 \in \leftrightarrow OS_2 \cap k$
8. S_4 ; $S_4 \in \leftrightarrow OS_1 \cap k$
9. k_1 ; $k_1(S_1; r = |AS_1|)$
10. k_2 ; $k_2(S_2; r = |S_2B|)$
11. C ; $C \in k_1 \cap OS_1$.
12. D ; $D \in k_2 \cap OS_2$.
13. k_3 ; $k_3(S_3; r = |S_3D|)$
14. k_4 ; $k_4(S_4; r = |S_4C|)$
15. E ; $E \in k_3 \cap k_4$

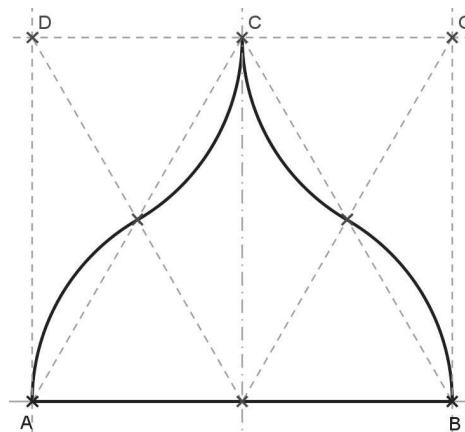
3.5 Oslí hřbet

Tento v gotice oblíbený oblouk na rozdíl od ostatních plnil pouze dekorativní funkci, nikoliv nosnou.

Postup konstrukce

1. AB ; $|AB| = a$
2. C ; $|AC| = |BC| = |AB|$
3. S ; $S = A \div B$
4. p ; $p \parallel \leftrightarrow AB; C \in p$
5. q ; $q \perp \leftrightarrow AB; A \in q$

6. $r; r \perp \leftrightarrow AB; B \in r$
7. $D; D \in p \cap q$
8. $G; G \in p \cap r$
9. $k; k(S; r = |AS|)$
10. $k_1; k_1(D; r = |AS|)$
11. $k_2; k_2(G; r = |AS|)$



3.6 Úkoly pro studenty

Příklad 1. Pokuste se najít ve svém okolí příklady uvedených oblouků.

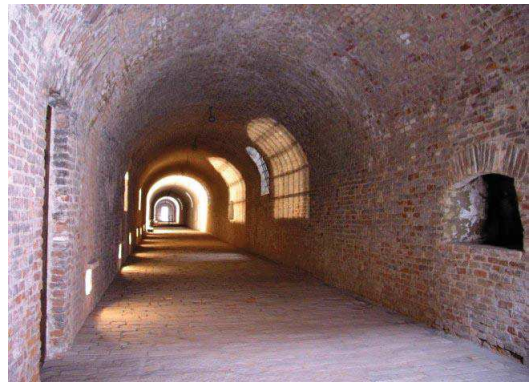
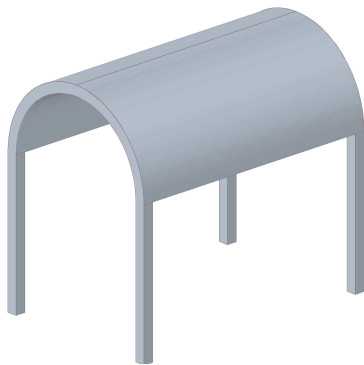
Kapitola 4

Klenby

Klenbou rozumíme nosnou konstrukci, která uzavírá část prostoru. První doložené klenby pochází již z roku okolo 3300 před naším letopočtem, nejstarší dochované pak z 12. století před naším letopočtem. My se podíváme na klenby opět z geometrického hlediska. Prakticky se nejedná o nic jiného, než o plochy či průnik více ploch.

4.1 Klenba valená

Valená klenba je nejjednodušší klenbou a jedná se o polovinu válcové plochy.



Na obrázku vidíme ukázkou valené klenby z hradu Špilberk.

4.2 Klenba křížová

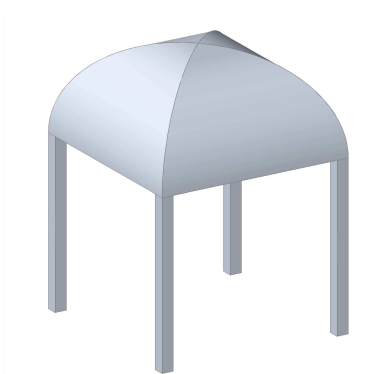
Křížová klenba vznikne průnikem dvou válcových ploch, kde se zachovávají vnější části válcových ploch.



Na obrázku vidíme ukázkou křížové klenby v katedrále v Remeši.

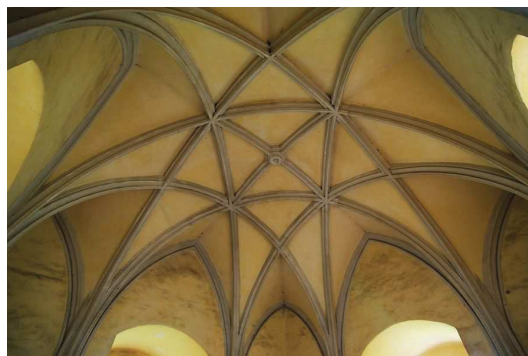
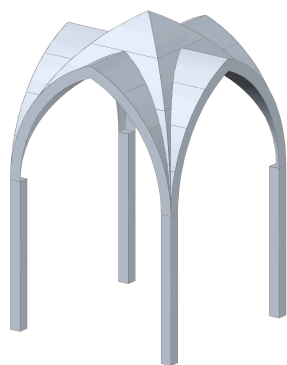
4.3 Klenba klášterní

Klášterní klenba vznikne podobně jako klenba křížová průnikem dvou válcových ploch, kde se ale tentokrát zachovávají vnitřní části válcových ploch.



4.4 Klenba hvězdová

Hvězdová klenba je již o něco složitější. Vznikne opět jako průnik válcových ploch, které však mají lomené oblouky jako své podstavy.



Na obrázku vidíme ukázkou hvězdové klenby u hradu Tochuraz u Českého Brodu.

4.5 Úkoly pro studenty

Příklad 2. Vyhledejte ve svém okolí stavby, ve kterých se vyskytují uvedené klenby.

Příklad 3. Znáte i další druhy kleneb? Pokuste se určit, jakým způsobem jsou konstruovány.

Kapitola 5

Kružby

Posledním konstrukčním prvkem, který si ukážeme, jsou kružby. Ty mají nejen zdobnou funkci, ale řeší i čistě technický problém. Pro gotickou architekturu jsou typická velká okna, ovšem bylo problémem vyrobit tak velká skla. To vyřešily právě kružby.

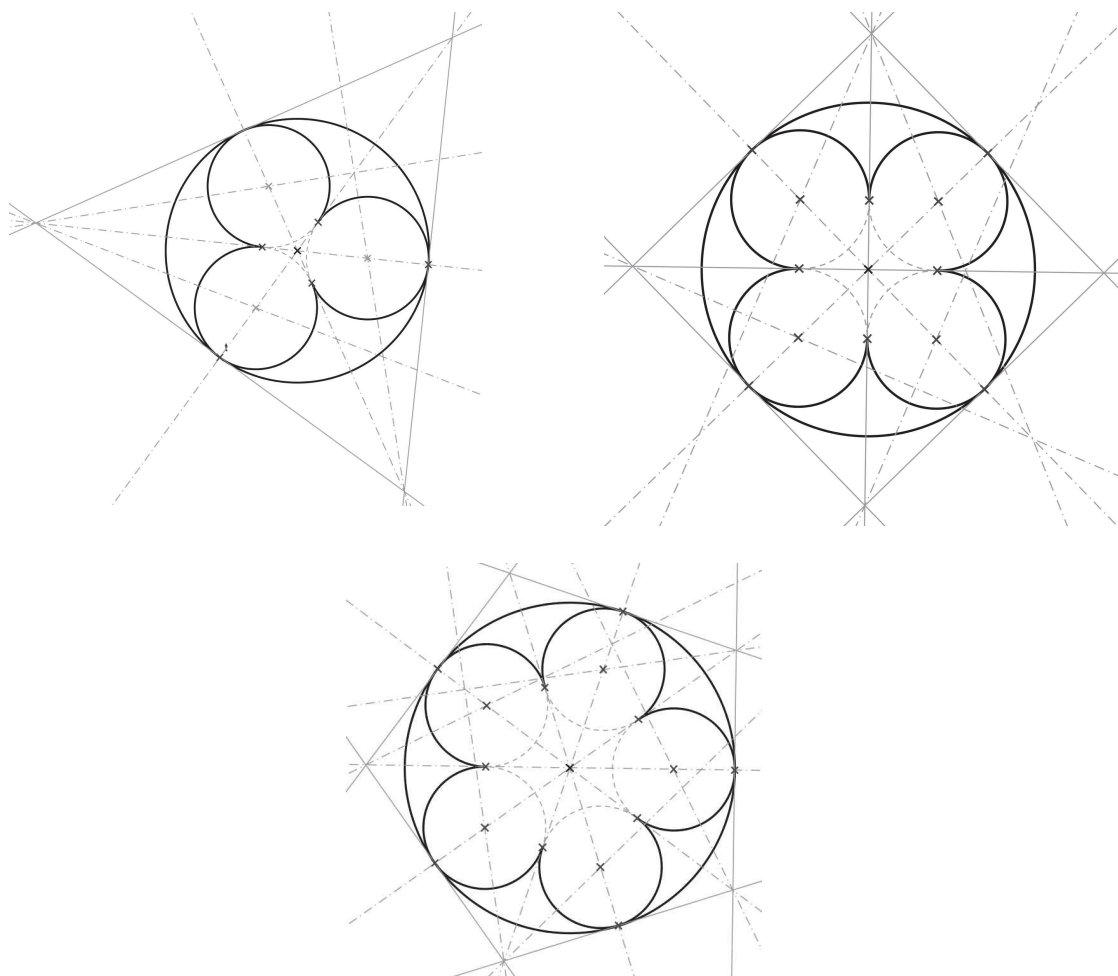


Pojďme se nyní podívat na konstrukce kružeb. Nejprve si ukážeme konstrukce některých základních prvků, které se v kružbách vyskytují.

Prvními prvky budou trojlístek, čtyřlístek a pětílístek vepsaný do kruhu. Tyto prvky jdou konstruovat dvěma způsoby. V prvním se využije stejnolehlosti, ve druhém vlastnosti kružnice vepsané trojúhelníku. Touto cestou se vydáme i my. Protože je uvedena konstrukce téměř stejná pro všechny tři prvky, uvedme si ji hned na začátku další sekce.

5.1 Trojlístek, čtyřlístek a pětílístek v kruhu

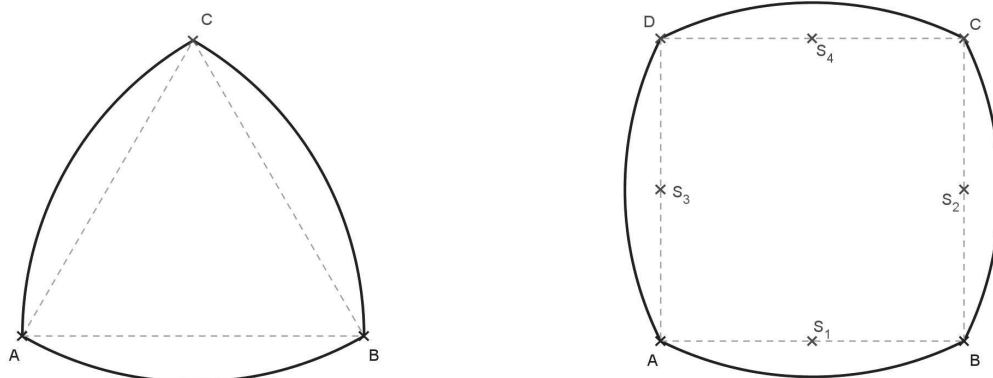
Nejprve rozdělíme kruh na tři (čtyři resp. pět) stejné výseče. Sestrojíme rovnoramenné trojúhelníky, jejichž ramena budou ležet na polopřímkách vymezujících jednotlivé výseče a jejichž přepony se budou dotýkat základní kružnice. Nyní již stačí do těchto trojúhelníků vepsat kružnice.



5.2 Sférický trojúhelník a sférický čtyřúhelník

Sférický trojúhelník a sférický čtyřúhelník jsou častými prvky. Konstrukce sférického trojúhelníku je snadná. Stačí sestrojít oblouky nad stranami rovnostranného trojúhelníku se středy v protějšících vrcholech.

Konstrukce sférického čtyřúhelníku je podobná. Stačí sestrojít oblouky nad stranami čtverce se středy ve středech protějšících stran.



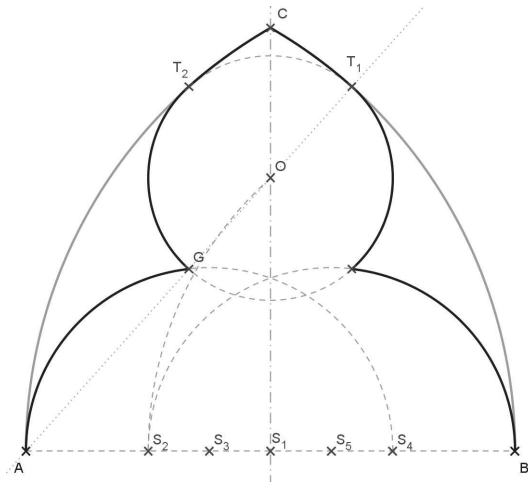
5.3 Mniška

Dalším zajímavým prvkem je mniška. Konstrukce je poněkud složitější. Výchozí konstrukcí je lomený oblouk. Vycházejme tedy z něho.

Postup konstrukce

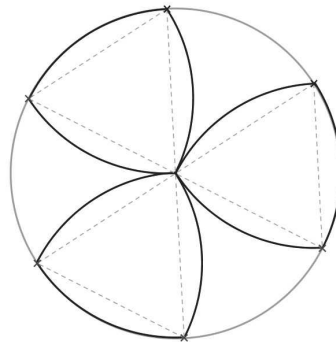
1. S_1 ; $S_1 = A \doteq B$
2. S_2 ; $S_2 = A \doteq S_1$
3. S_3 ; $S_3 = S_2 \doteq S_1$
4. S_4 ; $S_4 = S_1 \doteq B$
5. S_5 ; $S_5 = S_1 \doteq S_4$
6. o ; $o = \{X \mid |AX| = |BX|\}$
7. O ; $O \in o$; $|OS_1| = |BS_2|$
8. k_1 ; $k_1(S_3; r = |AS_3|)$
9. k_2 ; $k_2(S_5; r = |S_5B|)$
10. $\leftrightarrow p$; $p = \leftrightarrow AO$

11. T_1 ; $T_1 \in p \cap$ lomený oblouk
12. k ; $k(O; r = |OT_1|)$



5.4 Tři sférické trojúhelníky vepsané do kruhu

Poslední konstrukcí, na kterou se podíváme, jsou tři sférické trojúhelníky vepsané do kruhu. Rozdělme kruh na šest stejných výsečí. Každá z nich reprezentuje rovnostranný trojúhelník. Z každého druhého potom uděláme sférický trojúhelník.



5.5 Úkoly pro studenty

Příklad 4. Dokázali byste navrhnout ještě další konstrukci trojlístku, čtyřlístku a pětilístku?

Příklad 5. Sestrojte šestilístek vepsaný do kruhu.

Příklad 6. Vyhledejte ve svém okolí příklad nějaké kružby. Podívejte se na základní prvky, ze kterých je složena. Dokážete ji sestrojít?

Kapitola 6

Závěr

Věřím, že vám tento text bude užitečný při výuce geometrie. Tento text nám dal přehled základních konstrukčních prvků, ze kterých se skládají prvky obtížnější a které tak obdivujeme u gotické architektury.

Literatura

- [1] Hylská, B.: *Geometrie českých gotických katedrál*, Masarykova univerzita, 2010.
- [2] Tesařová, A.: *Geometrie v gotické architektuře*, Masarykova univerzita, 2008.
- [3] <http://www.wikipedia.org>