Pedagogická fakulta
Faculty of Education
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
University of South Bohemia in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Pedagogická fakulta
Katedra matematiky

Bakalářská práce

Geometrie v architektuře

Vypracoval: Michaela Hobzová
Vedoucí práce: Mgr. Roman Hašek, Ph.D.

České Budějovice 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma Geometrie v architektuře jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích …………… ………………………….

Michaela Hobzová

Poděkování

Děkuji panu Mgr. Romanu Haškovi Ph.D. za podnětné postřehy, za vstřícnost a pomoc při tvorbě mé bakalářské práce, kterou jsme zpracovávala pod jeho vedením.

Poděkování patří i mé rodině a partnerovi za to, že mi byli oporou.

Anotace

Díky této bakalářské práci si čtenář udělá obrázek o vztahu geometrie s každodenním životem. Vybrané křivky a tělesa jsou matematicky popsány a ilustrovány fotografiemi architektonických prvků a 3D modely vytvořenými v programu GeoGebra a SketchUp. Cílem publikace je usnadnit pochopení geometrie, použitím středu teorie s praxí, a možnost využití při výuce matematiky a geometrie.

Obsah

1 Úvod

Geometrie prostupuje celým naším životem. Je všude okolo nás, ať už se jedná o základní geometrické prvky či složitější modely.

Geometrie je mimo jiné velmi důležitá pro architekturu a to nejen v dnešní době, ale od jejího samotného počátku. Mezi nejstarší stavby můžeme zařadit například pyramidy, pro jejichž stavbu je bezpochyby geometrie nepostradatelná. Znalost geometrie uplatňovaly civilizace také při stavbě chrámů, kostelů či panství.

Z tohoto důvodu jsem se rozhodla začít psát o geometrii v architektuře. Z vlastní zkušenosti vím, že geometrie není nejoblíbenějším předmětem studentů, ale je velice důležitá. Proto jsem chtěla vytvořit práci, která by k pochopení geometrie napomohla a zpříjemnila ji.

Protože si lépe zapamatujeme a pochopíme něco, na co přijdeme sami, rozhodla jsem se připravit příklady, ve kterých si student sám vytvoří 3D modely v programu GeoGebra a SketchUp.

Oba tyto programy jsou v českém jazyce a jejich stahování je bezplatné. Program GeoGebra je ke stažení na webovém serveru www.geogebra.org, kde nalezneme také příručky, nápovědy a materiály vkládané přihlášenými uživateli.

Program SketchUp je ke stažení na webové stránce www.stahuj.centrum.cz/podnikani_a_domacnost/CAD-a-technika/sketchup/. Domovská stránka je www.sketchup.com, kde jsou umístěny manuály a podpora.

V této práci se seznámíme s vybranými geometrickými křivkami a plochami vyskytujícími se v architektuře. Kapitola 2 je věnovaná kuželosečkám. Ve třetí kapitole se čtenář dozví něco o technických křivkách, a sice šroubovici a řetězovce. Ve čtvrté a páté kapitole se budeme věnovat kvadrikám a to paraboloidu a hyperboloidu. Kapitola 6 má za úkol seznámit čtenáře s válcovou plochou a následující kapitola pojednává o ploše šroubové. Poslední kapitola věnovaná moderní architektuře poukazuje na to, že dnešní vyspělé technologie umožňují i stavby budov, které bychom matematicky popisovali jen velmi těžko.

Každý zmiňovaný architektonický prvek je upřesněn fotografií, podle níž jsou zhotovené modely, a matematickým popsáním jeho vlastností.

Fotografie jsem pořizovala sama, mimo obrázků 6 a 9, které jsem získala z portálu wikipedia.org, kde je veškerý obsah dostupný s licencí, která ho dovoluje dále publikovat.

Tato bakalářská práce může sloužit pro výuku matematiky díky tomu, že propojuje teorii s reálným světem a umožňuje poznání matematických vztahů a geometrických vlastností.

2 Kuželosečky

2.1 Kružnice

Kružnice je množina bodů v rovině, které mají stejnou vzdálenost (poloměr) od jednoho daného bodu (středu).

Kanonický tvar rovnice kružnice se středem v počátku je

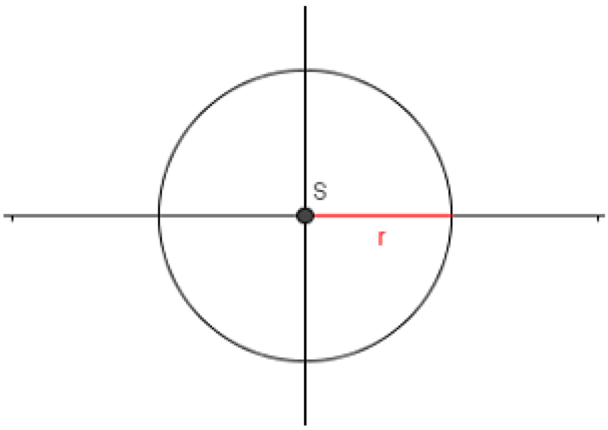
$$x^2 + y^2 = r^2, \tag{2.1.1}$$

kde r je poloměr.

Nebo parametricky

$$\begin{aligned} x &= r\,cos(t) \\ y &= r\,sin(t)\,, \end{aligned} \tag{2.1.2}$$

kde r je poloměr, $t \in \langle 0, 2\pi)$.



Obrázek 1: Kružnice (2.1.1)

2.1.1 Příklady využití kružnice v architektuře

Kružnice se v architektuře nejčastěji objevuje v podobě oken jako na obrázku 2. Není ovšem neobvyklé se s ní setkat i u půdorysů. Typickým příkladem jsou rotundy a to například Rotunda svatého Martina v Praze na Vyšehradě. Kruhový půdorys můžeme najít i na obrázku 38.

Obrázek 2: Kruhové okno

2.2 Elipsa

Elipsa je množina bodů v rovině, jejichž součet vzdáleností od dvou pevně zvolených bodů – ohnisek je konstantní, tzn.

$$|MF_1| + |MF_2| = 2a = |AB|, \tag{2.2.1}$$

kde M je libovolný bod elipsy, body F_1 a F_2 jsou ohniska, A a B jsou hlavními vrcholy elipsy, a je délka hlavní poloosy.

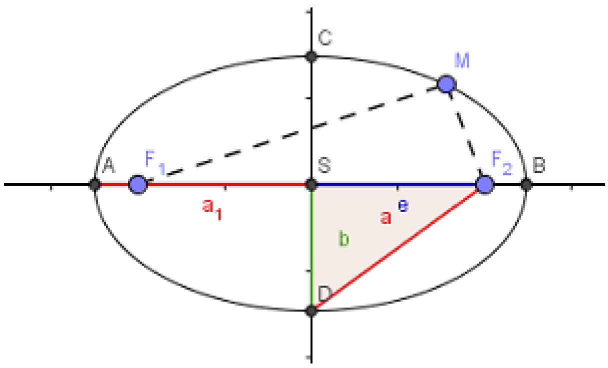
Kanonický tvar rovnice elipsy se středem v počátku je

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \tag{2.2.2}$$

nebo parametricky

$$x = a\cos(t)$$
$$y = b\,sin(t), \tag{2.2.3}$$

kde $t \in \langle 0{,}2\pi)$, a je délka hlavní poloosy a b je délka vedlejší poloosy. Vzdálenost ohniska a středu značíme e a nazýváme ho excentricita. Vztah mezi excentricitou, hlavní a vedlejší poloosou je $a^2 = b^2 + e^2$, protože $|F_1A| + |F_2A| = a - e + e + a = 2a$, a tedy $|F_1D| + |F_2D| = 2a$.



Obrázek 3: Elipsa (2.2.2)

2.2.1 Příklady využití elipsy v architektuře

V architektuře se s elipsou, stejně jako s kružnicí, můžeme setkat nejčastěji u oken. Podobu elipsy na sebe mohou brát i půdorysy budov. Zvláštností pro tyto stavby je, že pokud člověk stojí v jednom ohnisku, člověk stojící ve druhém ohnisku elipsy ho vždy a bez problému slyší ať je jakkoliv daleko. Eliptický půdorys můžeme najít například u zámku Humprecht nebo u Vlašské kaple

Nanebevzetí Panny Marie. Dále se v architektuře můžeme setkat s eliptickým obloukem, který se využívá místo oblouku kruhového. Elipsou ovšem může být i samotná budova, viz webová stránka [6].

2.3 Parabola

Parabola je množina bodů v rovině, které mají od daného bodu - ohniska F a od dané přímky - řídící přímky d stejnou vzdálenost, tzn.

$$|MF| = |Md|. \tag{2.3.1}$$

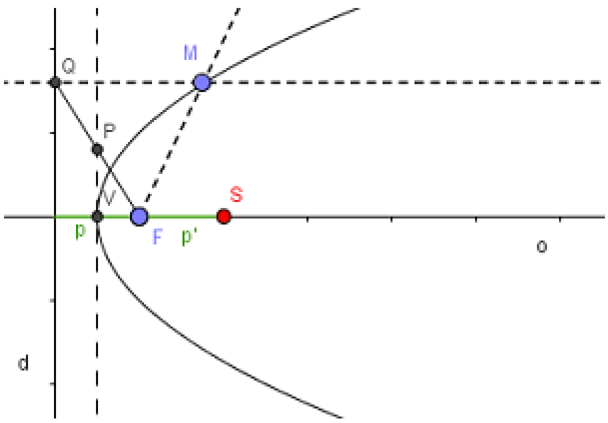
Kanonický tvar rovnice paraboly s vrcholem v počátku je

$$y^2 = 2px, \tag{2.3.2}$$

nebo parametricky

$$\begin{aligned} x &= \frac{1}{2p}t^2 \\ y &= t, \end{aligned} \tag{2.3.3}$$

kde $t \in R$.



Obrázek 4: Parabola (2.3.2)

2.3.1 Příklad paraboly objevující se v architektuře

Nejčastěji se vyskytuje u mostních konstrukcí, viz obrázek 5. Na tomto obrázku vidíme most v Českých Budějovicích, který vede přes řeku Malši. Často bývá zaměňována s jí podobnou křivkou, která se nazývá řetězovka. Této křivce se ještě budeme věnovat.

Obrázek 5: Parabolická konstrukce mostu

2.4 Hyperbola

Hyperbola je množina bodů v rovině, jejichž rozdíl vzdáleností od dvou pevně daných bodů - ohnisek je konstantní, tzn.

$$|MF_1| - |MF_2| = 2a, \tag{2.3.1}$$

kde M je libovolný bod hyperboly, a jé délka hlavní poloosy a F_1, F_2 jsou ohniska.

Kanonický tvar rovnice hyperboly se středem v počátku je

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1,$$

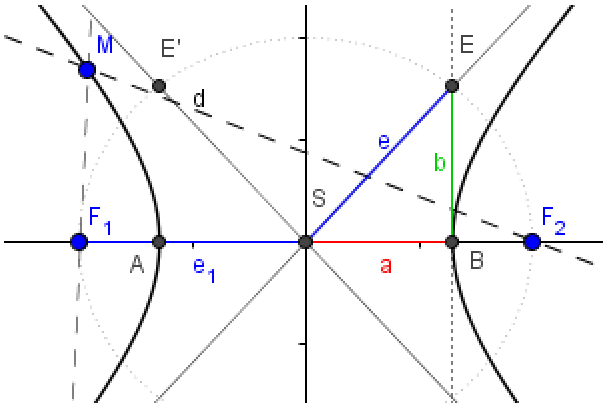
(2.3.2)

nebo parametricky

$$x = \frac{a}{cos(t)}$$
$$y = b\ tg(t),$$

(2.3.3)

kde $t \in \langle 0,2\pi)$.



Obrázek 6: Hyperbola (2.3.2)

2.4.1 Využití hyperboly

Hyperbola se v architektuře často neobjevuje. Na obrázku 7vidíme rotační hyperboloid, jehož křivky tvoří hyperboly.

Obrázek 7: Katedrála v Brazílii [4]

3 Technické křivky

Křivky jsou základním stavebním kamenem pro geometrické objekty. Každé geometrické těleso křivky obsahuje. V technické praxi potřebujeme křivky, které můžeme upravovat, ale zároveň musí být jejich matematické vyjádření jednoduché a k tomu nám slouží technické křivky. Nejznámější prostorovou křivkou je šroubovice, která je křivkou šroubových ploch o kterých se čtenář dozví níže. Další významnou křivkou, o které budeme mluvit, je řetězovka.

3.1 Šroubovice

Šroubovice je dráha bodu při šroubovém pohybu. Šroubový pohyb vzniká rovnoměrným otáčením kolem pevné přímky – osy po kružnici a zároveň posunováním ve směru této osy. Úsek, který odpovídá jednomu oběhnutí okolo kružnice (2π radiánů), se nazývá závit a vzdálenosti jeho koncových bodů říkáme výška závitu. Jestliže otočíme bod jen o jeden radián, jedná se o redukovanou výšku závitu.

Šroubovici můžeme popsat poloměrem kružnice, po které se otáčí, výškou závitu a tím, jedná-li se o šroubovici pravotočivou nebo levotočivou (tzn. směr otáčení je napravo nebo nalevo).

Parametrická rovnice pravotočivé šroubovice, jejíž osou je souřadná osa z, je

$$\begin{aligned} x &= a\cos(t) \\ y &= a\sin(t) \\ z &= bt, \end{aligned} \tag{3.1.1}$$

kde a je poloměr rotační válcové plochy, b je redukovaná výška závitu, $t \in R$.

Šroubovice se vyskytuje například v podobě šroubových pružin nebo jako zábradlí u točitých schodišť (viz obr. 8).

Obrázek 8: Točité schodiště

3.2 Řetězovka

Řetězovka vzniká zavěšením ohebného vlákna (například řetízku nebo kabelu) mezi dva body, které je taženo gravitační silou k zemi.

Řetězovka je popsána rovnicí

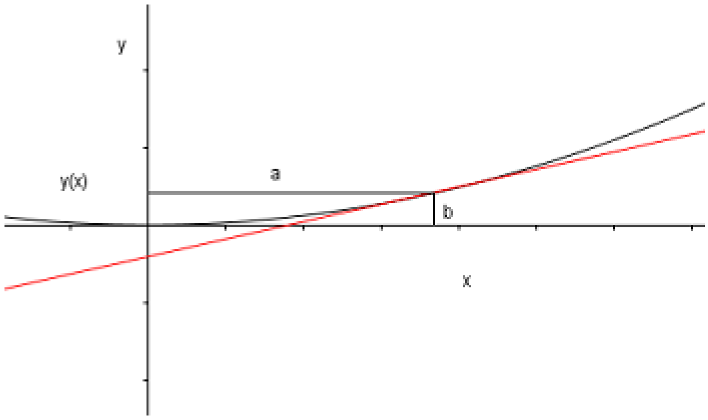
$$y = a\ cosh\left(\frac{x}{a}\right) \tag{3.2.1}$$

Obrázek 9: Řetěz před Samsonovou kašnou v Českých Budějovicích

V případě visutého mostu se ovšem o řetězovku nejedná, i když se tak na první pohled může zdát.

Hlavní nosná lana jsou, stejně jako u řetězovky, zavěšena mezi dvěma sloupy. Na rozdíl od řetězovky jsou k nim připevněna vertikální lana, která nesou lávku. Díky tomu, že lávka rovnoměrně zatíží hlavní nosná lana, nejedná se již o řetězovku, nýbrž o parabolu.

Předpokládejme, že tvar nosného lana je nějaká křivka $y(x)$s nejnižším bodem v počátku, kde $x = 0$ a $y = 0$, který je ve středu mostu.



Obrázek 10: Odvození paraboly

Sklon lana v každém bodě je b / a, kde b je tíhová síla a a je tahová síla.

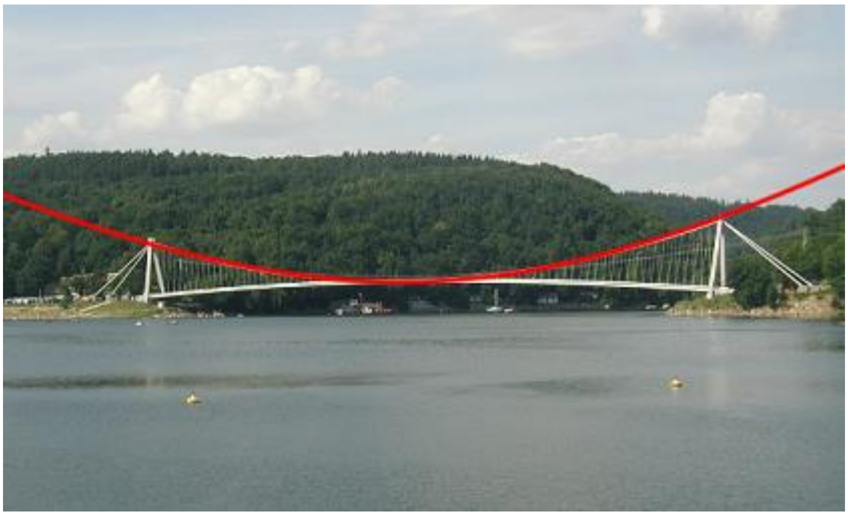
Červeně znázorněna na obrázku je tečna funkce. Hledáme její směrnici a to můžeme vyjádřit derivací *dy* / *dx*

$$\frac{dy}{dx} = \frac{bx}{a} \Rightarrow \frac{dy}{dx} = \frac{b}{a}x.$$

Použijeme integraci x s ohledem na dx. Máme rovnici paraboly v nejnižším bodě $x = 0$ a $y = 0$. Rovnice pro tvar nosného lana je

$$y = \frac{b}{2a}x^2. \tag{3.2.2}$$

Na obrázku 11 je příklad paraboly, která by, v případě neznalosti, mohla být zaměněna za řetězovku. Znázorňuje ji visutý most ve městě Vranov nad Dyjí.



Obrázek 11: Most ve Vranově nad Dyjí [5]

4 Paraboloid

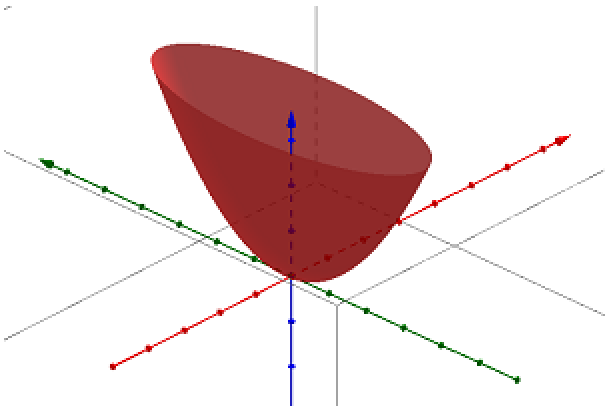
Paraboloidy jsou plochy druhého řádu neboli kvadriky. Máme dva druhy paraboloidů a to eliptický nebo hyperbolický.

4.1 Eliptický paraboloid

Eliptický paraboloid má v kartézské soustavě souřadnic kanonický tvar rovnice s vrcholem v počátku

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 2z \tag{4.1.1}$$

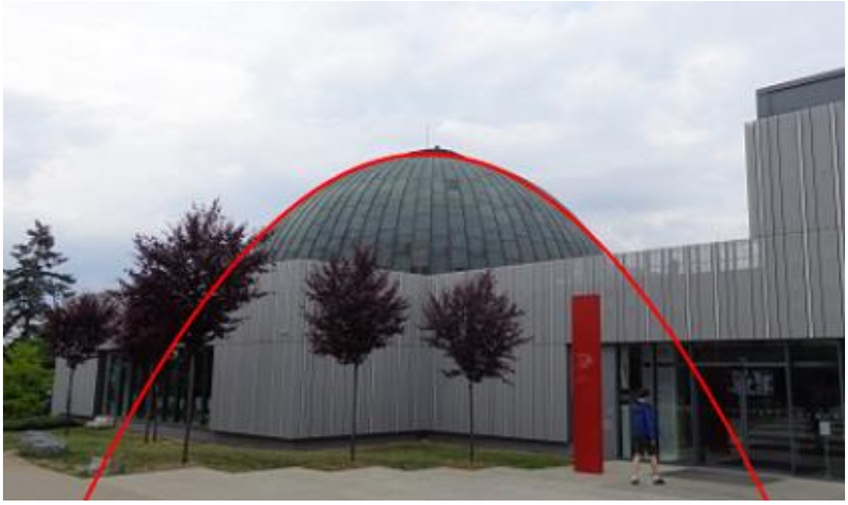
Kladná čísla a, b jsou délky os eliptického paraboloidu, pokud $a = b$ jedná se o rotační paraboloid.



Obrázek 12: Eliptický paraboloid (4.1.1)

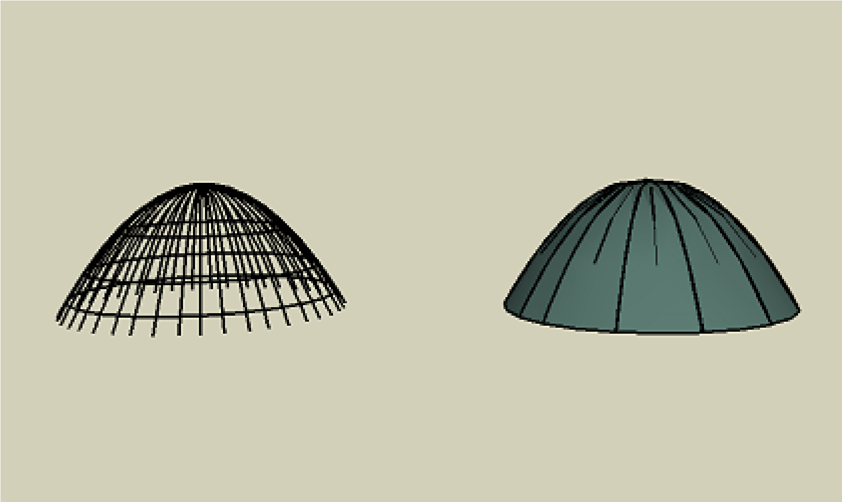
4.1.1 Příklad eliptického paraboloidu

S eliptickým paraboloidem v architektuře se nejčastěji setkáváme u zastřešení budov, ať už starších chrámů nebo moderních hvězdáren, kterou vidíte na obrázku 13. Je možné ho vidět také například jako kašnu (viz obrázek 14).



Obrázek 13: Hvězdárna v Brně

Obrázek 14: Kašna v Třebíči



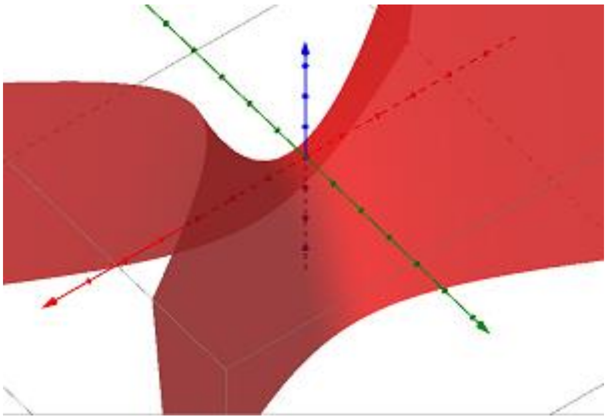
Obrázek 15: Model eliptického paraboloidu

4.2 Hyperbolický paraboloid

Kanonický tvar rovnice hyperbolického paraboloidu s vrcholem v počátku je

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 2z. \tag{4.2.1}$$

Čísla a, b jsou kladná a jsou to délky os paraboloidu.



Obrázek 16: Hyperbolický paraboloid (4.2.1)

Vice informací o paraboloidech se čtenář dozví v publikaci „Kvadratické plochy a jejich reprezentace v programu Maple", Kapitola o paraboloidech v této publikaci je dostupná na webových stránkách [7].

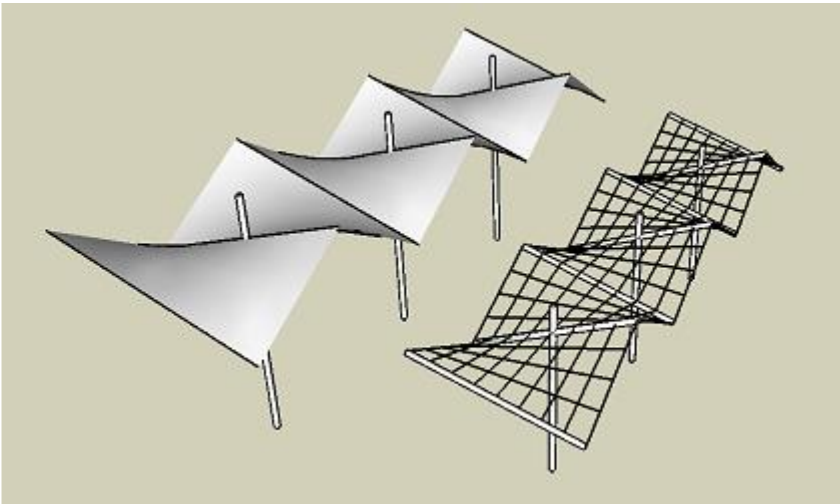
4.2.1 Příklad hyperbolického paraboloidu

Stejně jako u eliptického paraboloidu se i s hyperbolickým paraboloidem nejčastěji setkáváme v podobě zastřešení budov, viz obrázek 17. Střecha je zachycena také na obrázku 18.

Obrázek 17: Zastřešení autobusového nádraží v Českých Budějovicích[1]

[1] Fotografie byla pořízena se svolením OC Mercury.

Obrázek 18: Plavecký bazén v Českých Budějovicích

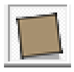


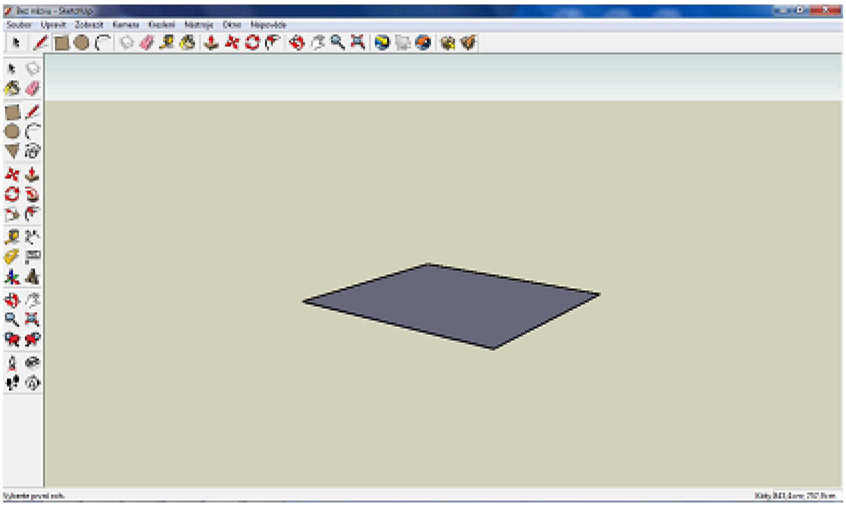
Obrázek 19: Model hyperbolického paraboloidu

4.3 Příklad

Vytvořte hyperbolický paraboloid v programu SketchUp.

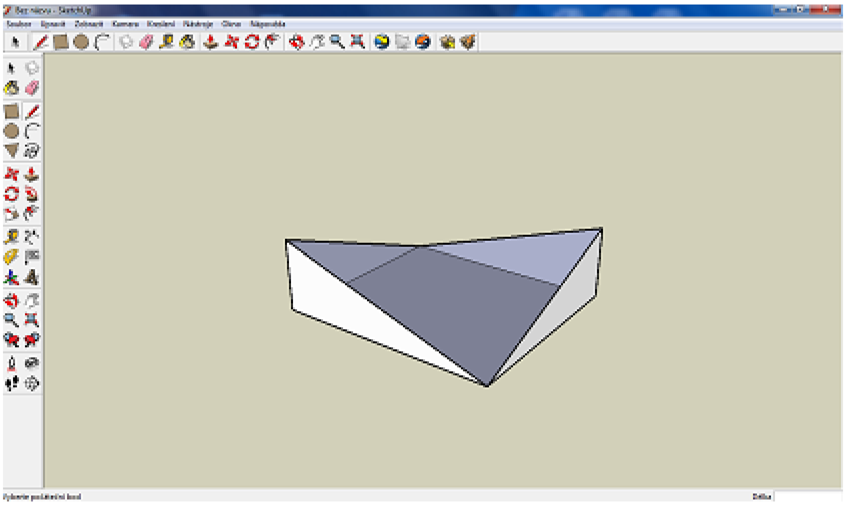
Řešení: Víme, že hyperbolický paraboloid může být zborcený čtyřúhelník nad rovnoběžníkovým půdorysem.

1) Vytvoříme si půdorys za pomoci nástroje „Obdélník“  .



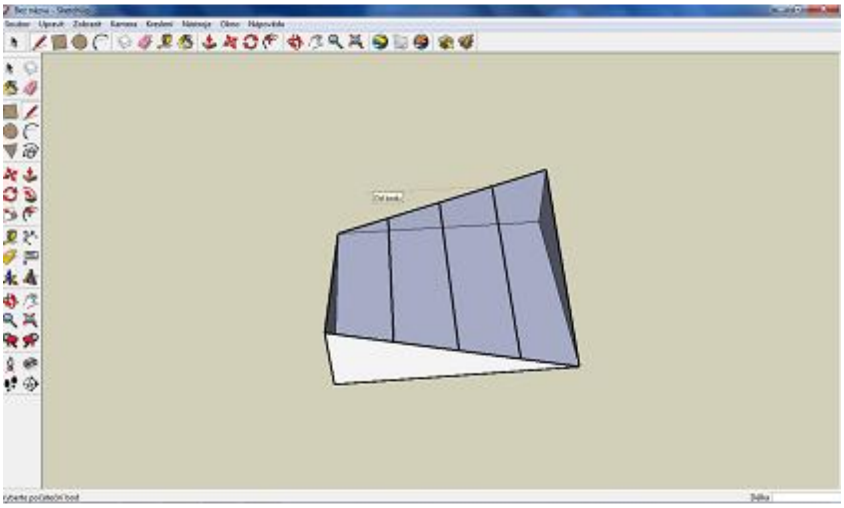
Obrázek 20: Půdorys

2) Použitím nástroje „Čára“  narýsujeme vrcholy zborceného čtyřúhelníku a to tak, že dva napříč od sebe budou ležet na půdorysu a zbylé dva nad ním.



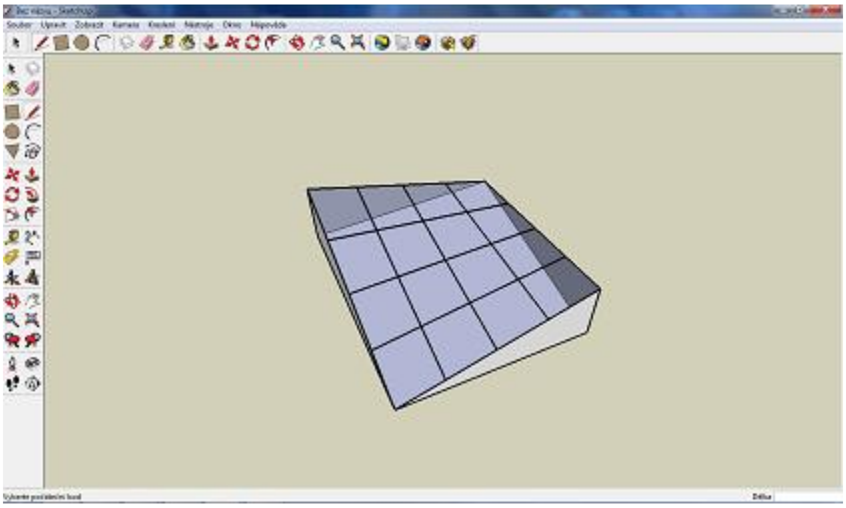
Obrázek 21: Vrcholy

3) Nyní spojujeme protilehlé stany, opět pomocí nástroje „Čára“, a to tak aby úsečky byly rovnoběžné.



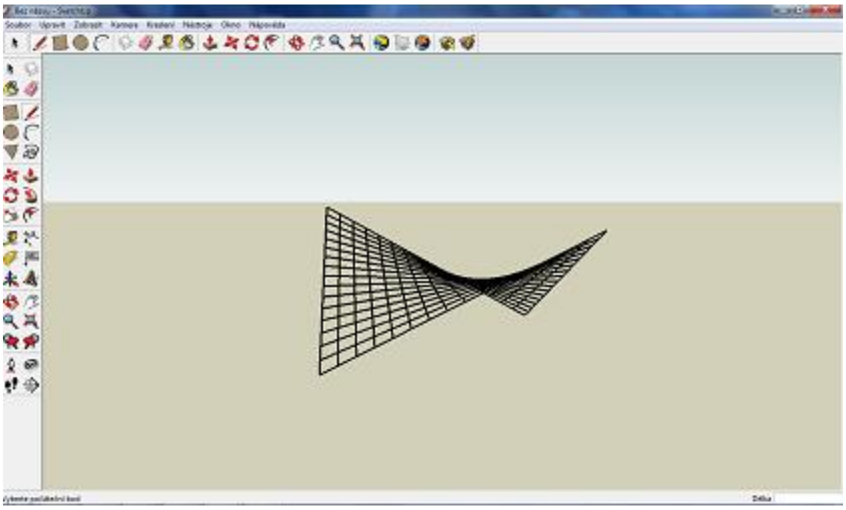
Obrázek 22: Spojení stran

4) Propojíme dvě protilehlé strany tak, aby přímky, byly rovnoběžné a to samé uděláme a se zbývajícími stranami.



Obrázek 23: Spojení druhých stran

5) Nyní můžeme pomocnou „základnu“ smazat (označíme část, kterou chceme vymazat a stiskneme klávesu „delete“). Dostaneme samostatný hyperbolický paraboloid.



Obrázek 24: Hyperbolický paraboloid

Soubor si může čtenář prohlédnout na CD pod názvem Pr.1.

5 Hyperboloid

Hyperboloidy stejně jako paraboloidy patři mezi kvadriky. Rozlišujeme dva druhy hyperboloidů, a to jednodílný a dvojdílný.

5.1 Jednodílný hyperboloid

Rovnice jednodílného hyperboloidu v kanonickém tvaru se středem v počátku je

$$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}-\frac{z^2}{c^2}=1, \tag{5.1.1}$$

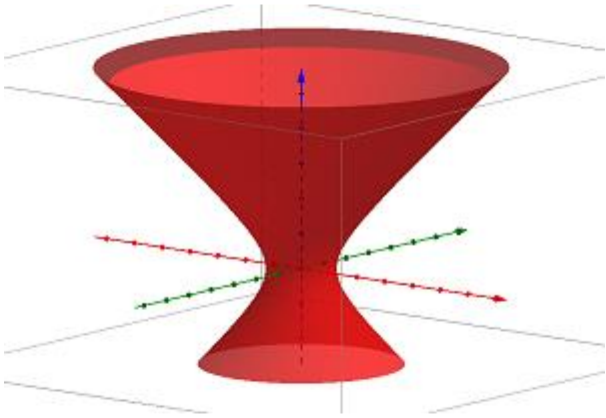
kde a, b, c jsou kladná čísla a jsou to délky os hyperboloidů.

Pokud $a = b$, jde o rotační hyperboloid, který vznikne rotací hyperboly kolem osy.

Jestliže má hyperboloid rovnici ve tvaru:

$$x^2+y^2-z^2 = r^2, \tag{5.1.2}$$

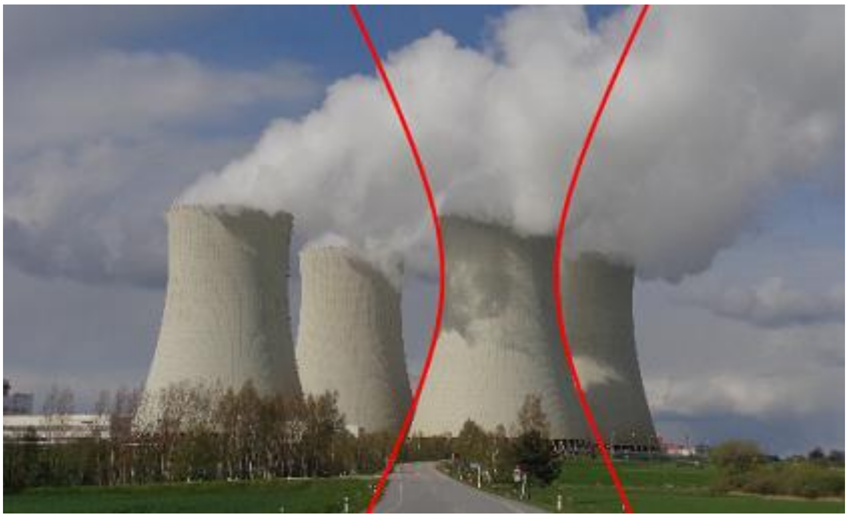
tzn., že $a = b = c = r$, hovoříme o rovnoosém rotačním jednodílném hyperboloidu.



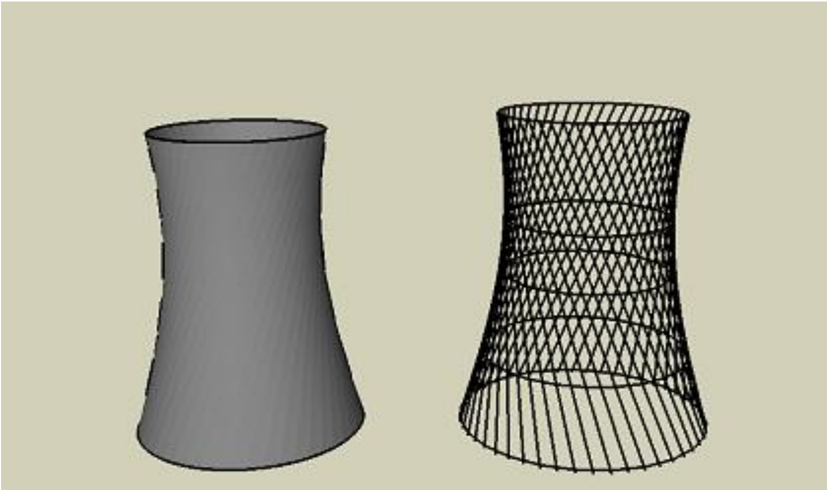
Obrázek 25: Jednodílný hyperboloid

5.1.1 Příklad jednodílného hyperboloidu

Typickým příkladem jednodílného hyperboloidu jsou chladící věže jaderných elektráren Temelín a Dukovany. V tomto tvaru lidé staví například rozhledny a další budovy, dokonce i mosty. Na jeden takový most se můžete podívat na webové stránce [8].



Obrázek 26: Chladící věže JE Temelín



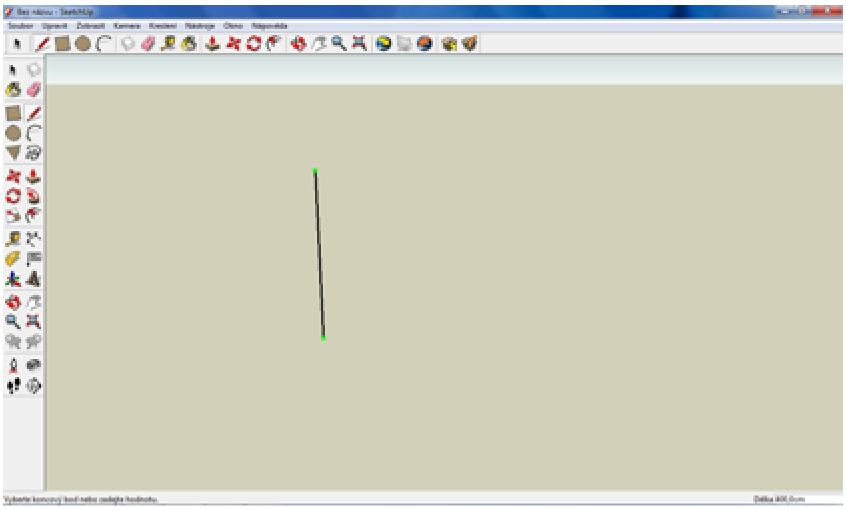
Obrázek 27: Model jednodílného hyperboloidu

5.2 Příklad

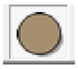
Sestrojte v programu SketchUp model jednodílného hyperboloidu.

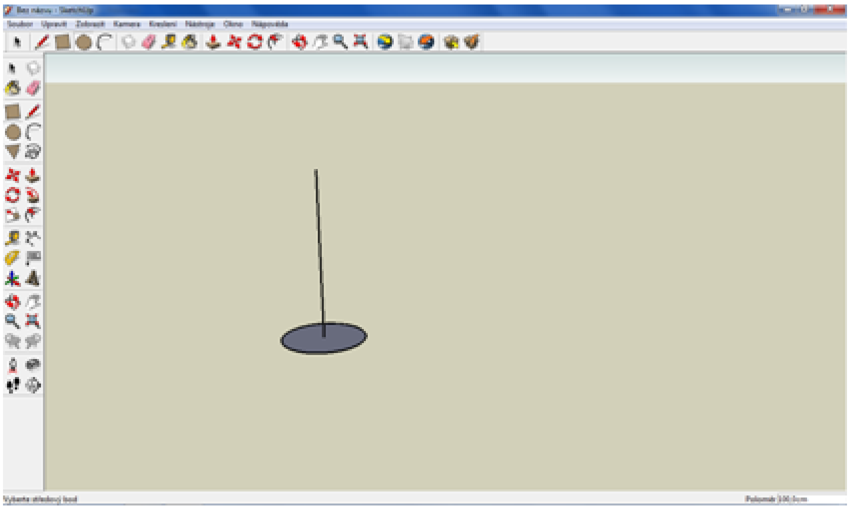
Řešení: Víme, že jednodílný hyperboloid vzniká rotací přímky po kružnici. Přímka je mimoběžná s osou hyperboloidu.

1) Použijeme nástroj „Čára“  a narýsujeme přímku (osu hyperboloidu).



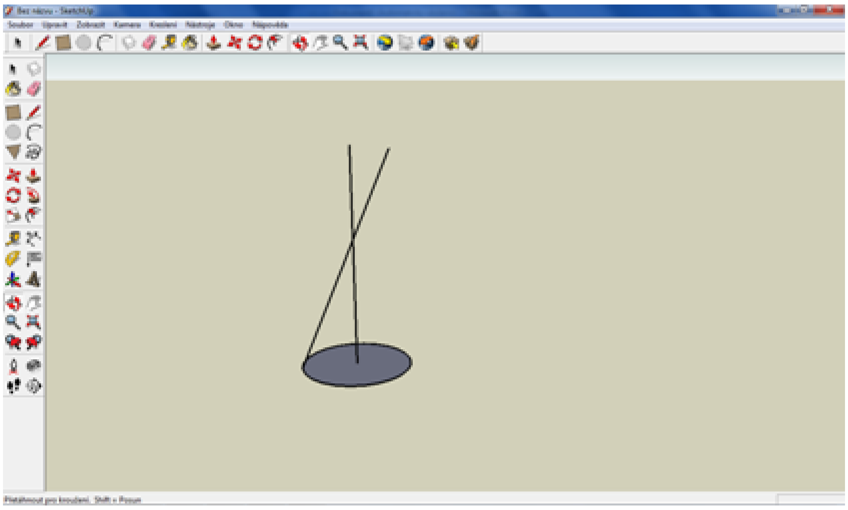
Obrázek 28: Osa

2) Kružnici, po které bude přímka rotovat, vytvoříme pomocí nástroje „Kruh“.  Střed kružnice náleží ose.



Obrázek 29: Kružnice

3) K narýsování mimoběžné přímky s osou použijeme opět nástroj „Čára“.

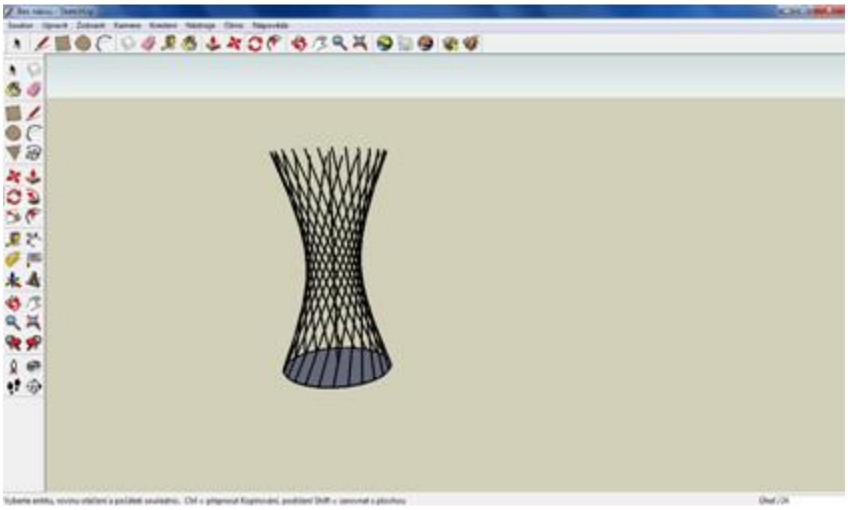


Obrázek 30: Mimoběžná přímka

4) Začneme rotovat přímkou po kružnici okolo osy. To uděláme tak, že mimoběžku označíme pomocí nástroje „Výběr“  a poté použijeme funkci „Otočit“  a to tak, že klikneme na osu a poté na mimoběžku.

5) Nyní zmáčkneme klávesu „ctrl“, což znamená, že přímku zkopírujeme, zadáme do pravého spodního rohu úhel, o který chceme přímku posunout po kružnici Úhel 360 a potvrdíme klávesou „Enter“ (Do políčka neklikáme, začneme rovnou psát).

6) Teď si zobrazíme přímky vzniklé rotací. Dejme tomu, že jeden díl posunutí má velikost 15°, počet přímek bude 24, tj. 360/15. Zobrazíme je tak, že do pravého spodního rohu napíšeme lomítko „/“ a za něj počet kopií přímek Úhel /24 a opět potvrdíme klávesou „Enter“.



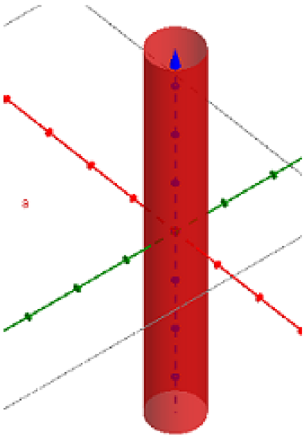
Obrázek 31: Rotační hyperboloid

Celý soubor si může čtenář otevřít na CD pod názvem Pr.2.

6 Válcová plocha

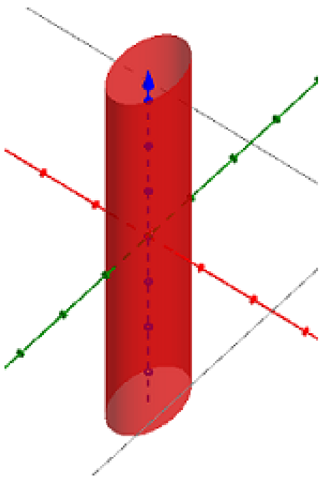
Rotační válcová plocha je generována rotací přímky rovnoběžné s osou rotace kolem osy rotace. Uvažujme přímku rovnoběžnou s osou *z* procházející bodem *r* na ose *x* [2].

- kruhová válcová plocha $x^2 + y^2 - r^2 = 0$ (6.1.1)



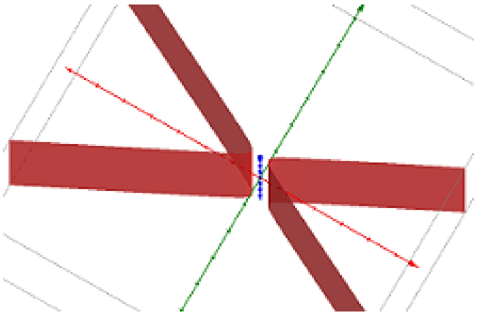
Obrázek 32: Kruhová válcová plocha

- eliptická válcová plocha $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - 1 = 0$ (6.1.2)



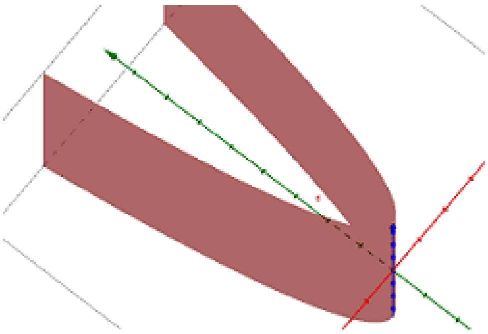
Obrázek 33: Eliptická válcová plocha

- hyperbolická válcová plocha $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} - 1 = 0$ (6.1.3)



Obrázek 34:Hyperbolická válcová plocha

- parabolická válcová plocha $x^2 - 2ky = 0,\ k \neq 0$ (6.1.4)



Obrázek 35: Parabolická válcová plocha

6.1 Zastoupní válcových ploch v architektuře

Nejčastěji se vyskytující válcové plochy jsou sloupy. Ty prostupují celou architekturou. Sloupy najdeme téměř v každé církevní budově, ale i u běžných domů. Hledat ji můžeme také v podobě okapů nebo jako rozvinutou válcovou poluchu u podloubí, vchodů (viz obrázek 36) či výkledků ve zdech. Válcová plocha vzniká rotováním křivky podél zadané trajektorie.

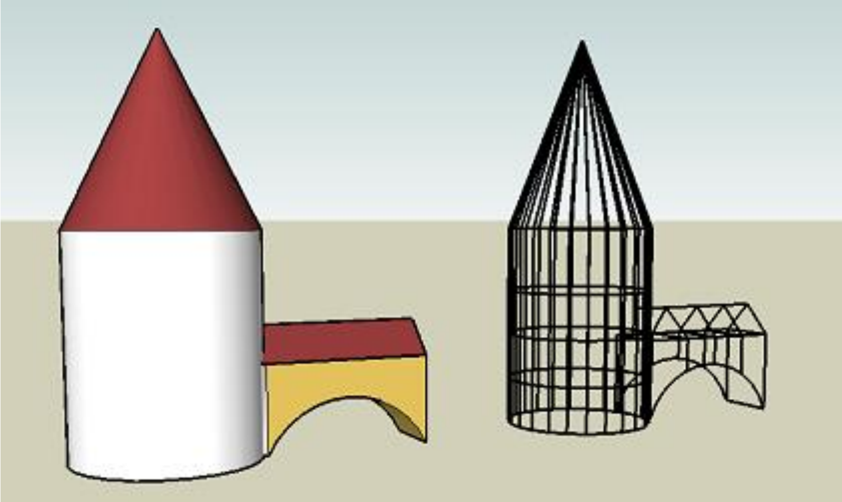
Na obrázku 37 vidíme sloupy (tvořené kruhovou válcovou plochou), které jsou spojené pomocí rozvinutého válce.

Obrázek 38 propojuje jak rozvinutý válec, tak kruhovou válcovou plochu, která má navíc střechu rotačního jehlanu.

Obrázek 36: Lázně Kalithea, Řecko

Obrázek 37: Kostel ve Faliraki, Řecko

Obrázek 38: Stavba u soutoku řek v Pasově



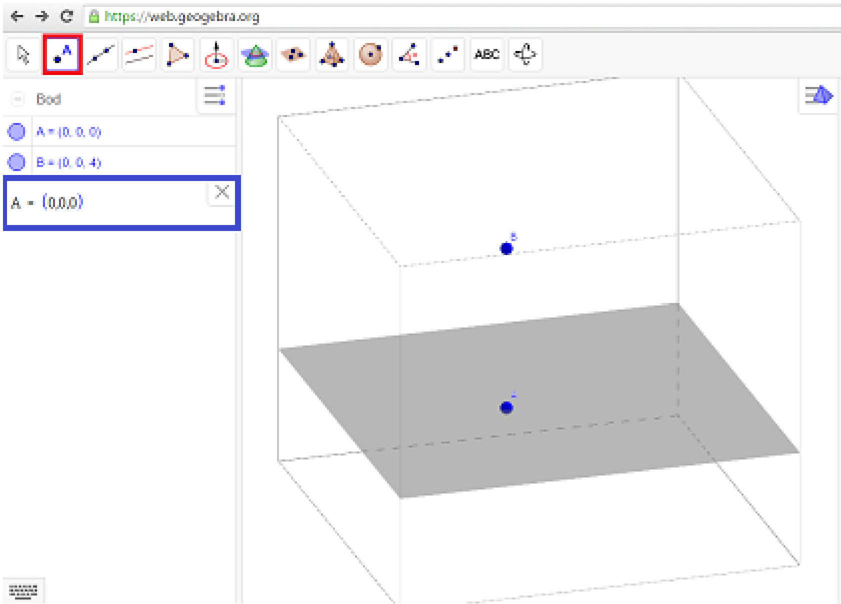
Obrázek 39: Model válce, rozvinutého válce a jehlanu

6.2 Příklad

Vytvořte v programu GeoGebra model válce.

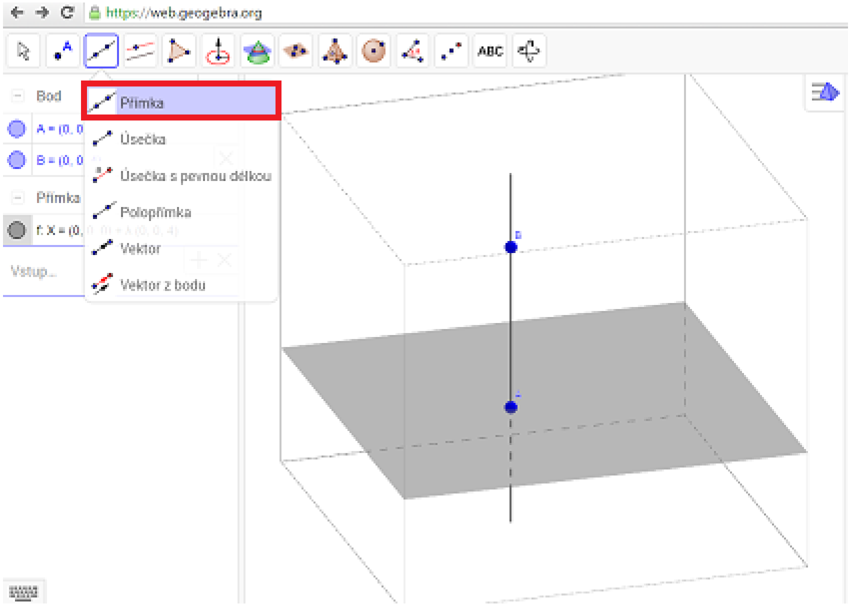
Řešení: Víme, že válec vzniká rotací přímky po kružnici okolo osy, kde přímka je rovnoběžná s osou válce.

1) Vytvoříme osu pomocí dvou bodů.



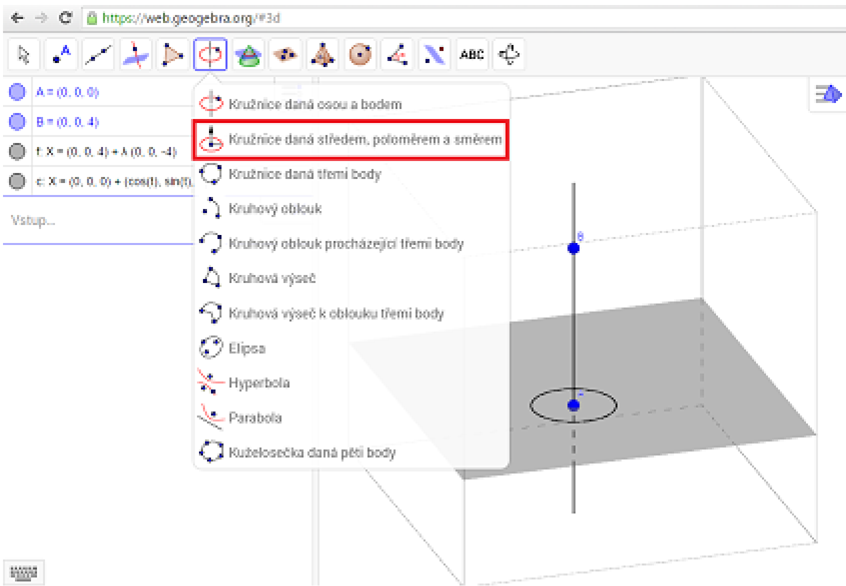
Obrázek 40: Body

Body vytvoříme buď přes tlačítko, které je zvýrazněno červeně na obrázku nebo je rovnou zapíšeme do rámečku „Vstup“, který je zvýrazněn modře. Nyní přes nástroj „Přímka“ narýsujeme osu propojením připravených bodů.



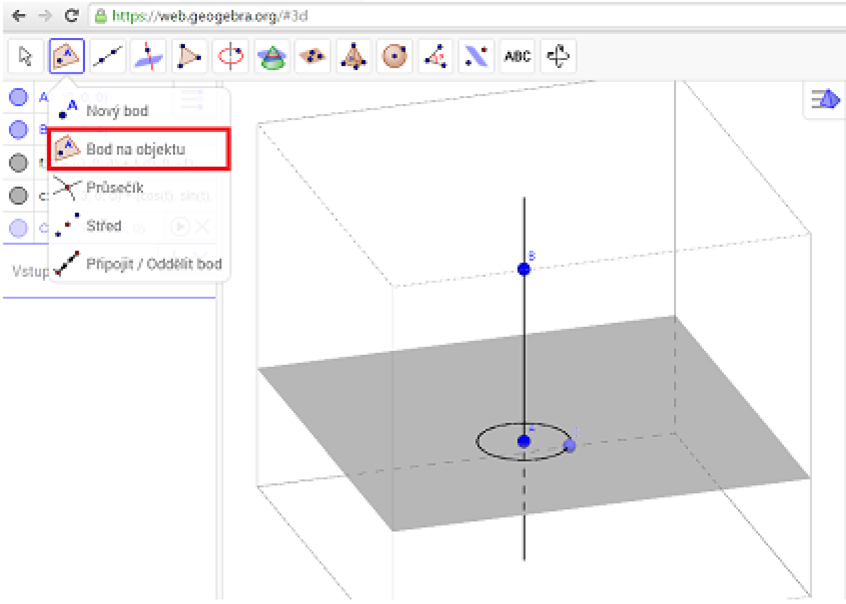
Obrázek 41: Přímka

2) Zavedeme přímku rovnoběžnou s osou. Trajektorie její rotace musí opisovat kružnici, proto si ji připravíme, a to pomocí nástroje „Kružnice daná středem, poloměrem a směrem“. Za střed dosadíme jeden z bodů, které již máme k dispozici a zvolíme poloměr.



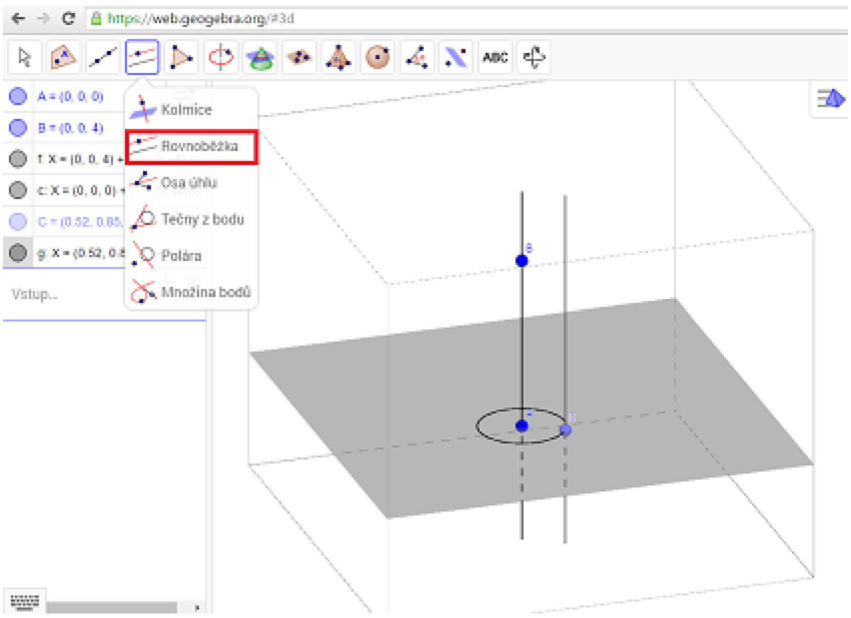
Obrázek 42: Kružnice

Teď upevníme na kružnici bod, kterým posléze povede rovnoběžka. Bod použijeme přes funkci „Bod na objektu“.



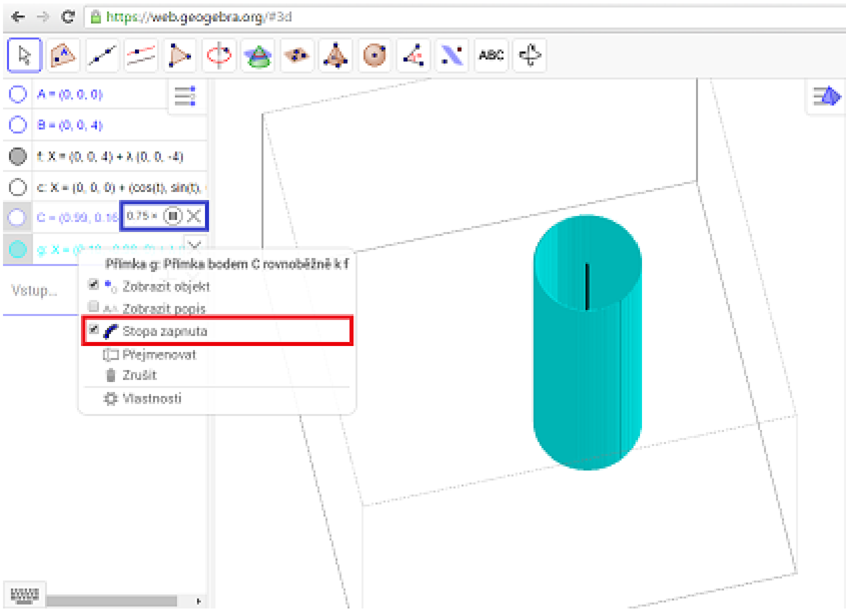
Obrázek 43: Bod na objektu

Pokračujeme natažením rovnoběžky, tak, že vybereme možnost „Rovnoběžka“. Přímka je rovnoběžná s osou a prochází bodem ležícím na kružnici.



Obrázek 44: Rovnoběžka

3) Provedeme posledních pár estetických úprav a u rovnoběžky zapneme stopu (označeno červeně) a spustíme pohyb bodu ležícího na kružnici (modře zvýrazněno).



Obrázek 45: Rotační válec

Soubor je k vidění na CD pod názvem Pr.3.

7 Šroubové plochy

Šroubové plochy vznikají šroubovým pohybem. Ten, jak již bylo řečeno v kapitole 3.1 Šroubovice, je otáčením kolem osy po kružnici a současně posouváním ve směru osy.

Rozlišujeme dva typy šroubových pohybů, a to pravotočivý a levotočivý. Podle toho dělíme také šroubové plochy na pravotočivé a levotočivé.

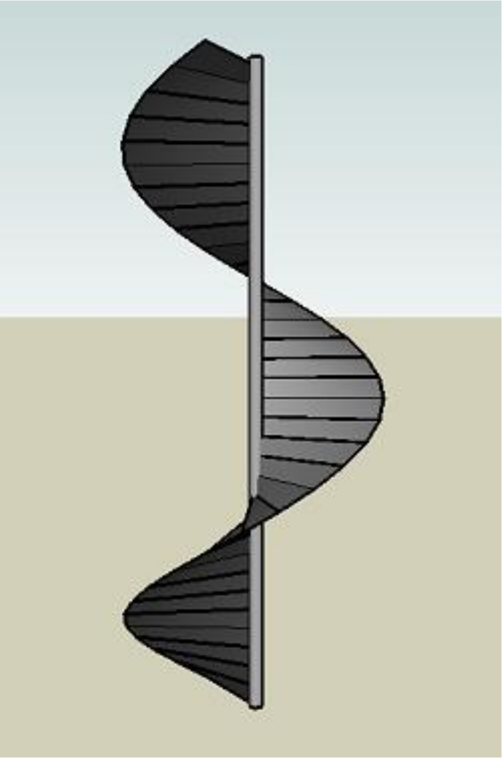
7.1 Příklady šroubových ploch

Šroubové plochy se vyskytují například v podobě točivých schodišť jako přímý šroubový konoid. To znamená, že řídící přímka (přímka, která rotuje okolo osy) je kolmá k ose šroubového pohybu. Další ukázkou jsou tobogány jako osová cyklická šroubová plocha. Tu získáme zvolením kružnice v rovině obsahující osu šroubového pohybu. Oba tyto jevy obsahuje obrázek 46.

Geometrii využívají také zahradní architekti, což dokazuje obrázek 47, na němž vidíme šroubovou plochu.

Obrázek 46: Cesta korunami stromů, Lipno

Obrázek 47: Osová cyklická šroubová plocha



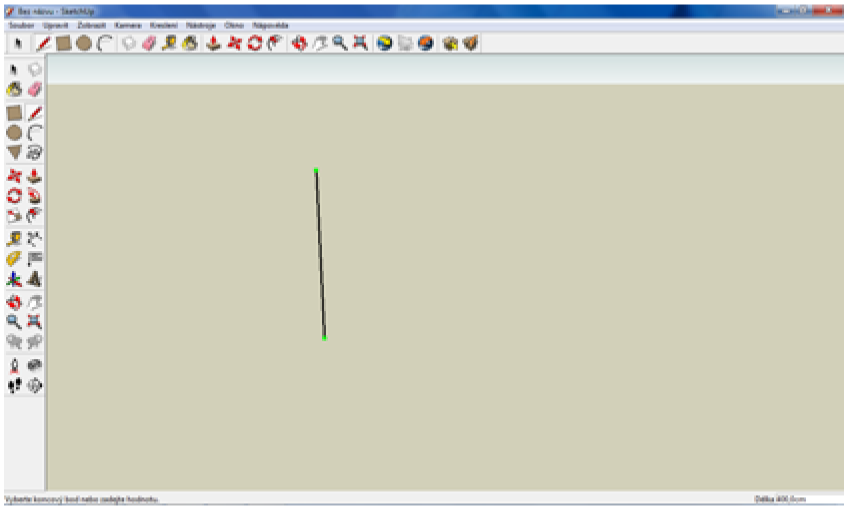
Obrázek 48: Model schodiště

7.2 Příklad

Sestrojte v programu SketchUp model levotočivého schodiště.

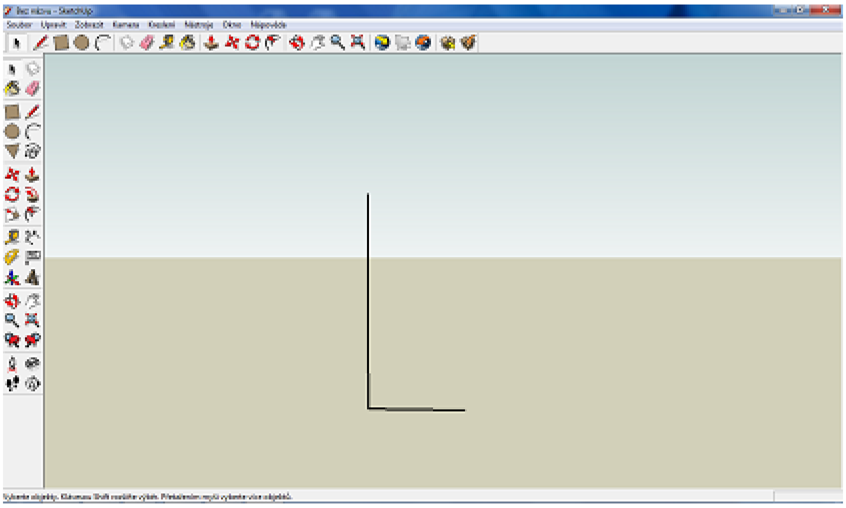
Řešení: Víme, že točité schodiště je přímý šroubový konoid, který vzniká rotací a posouváním přímky, která je kolmá k ose rotace.

1) Použijeme nástroj „Čára“  a narýsujeme přímku, která bude osou hyperboloidu.

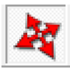


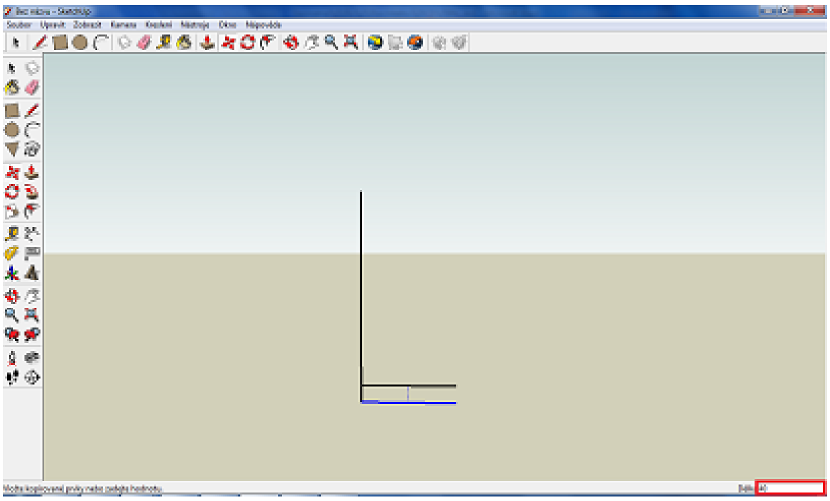
Obrázek 49: Osa hyperboloidu

2) Použijeme opět nástroj „Čára“ a narýsujeme kolmici k ose.

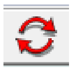


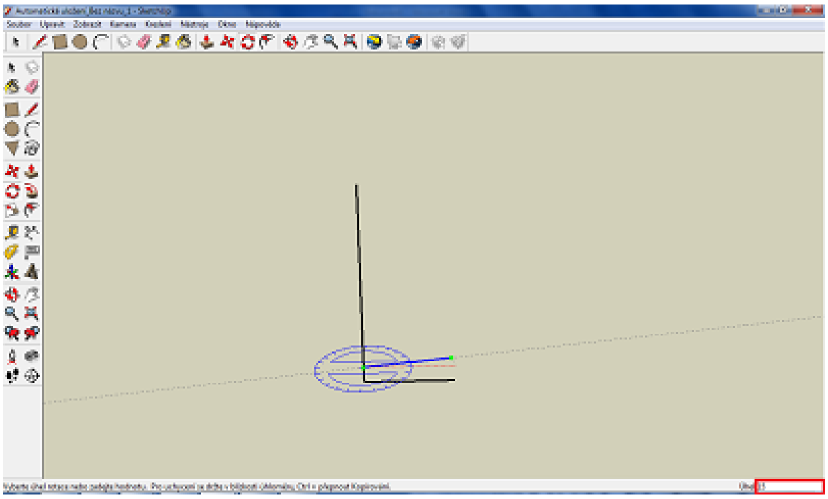
Obrázek 50: Kolmice

3) Nástrojem „Posunout“  posuneme přímku o 40 cm nahoru po ose a stiskneme počítačovou klávesu „ctrl“ aby se nám zkopírovala.



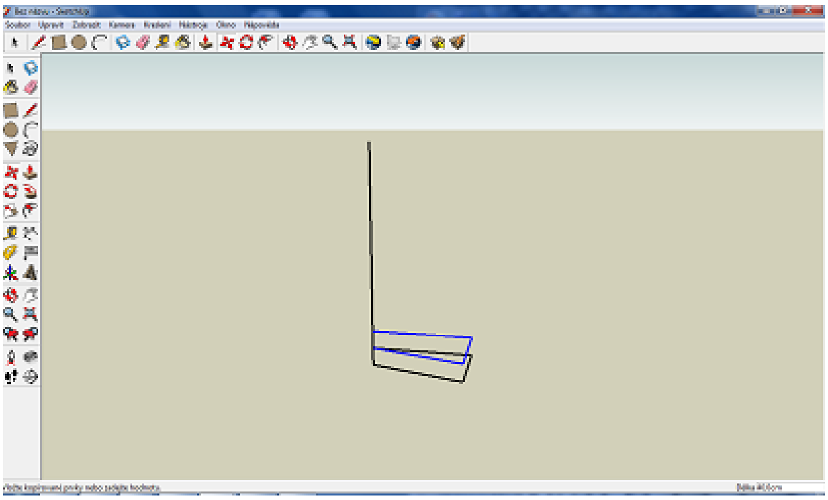
Obrázek 51: Posunutí

4) Nově vzniklou přímku označím, vyberu nástroj „Otočit“  a otočíme ji o 15 stupňů.



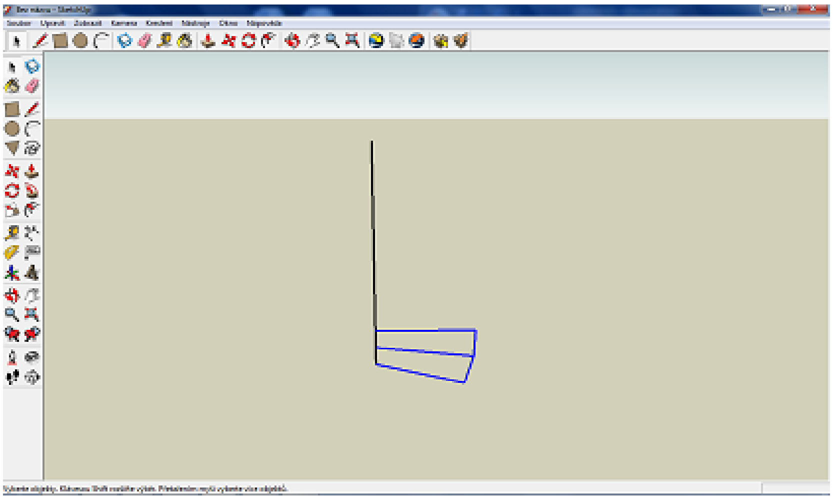
Obrázek 52: Otočení

5) Obě kolmice spojíme a označíme.
6) Nyní vzniklou část posuneme o 40 cm nahoru za použití nástroje „Posunout“ a stisknutím klávesy „ctrl“.



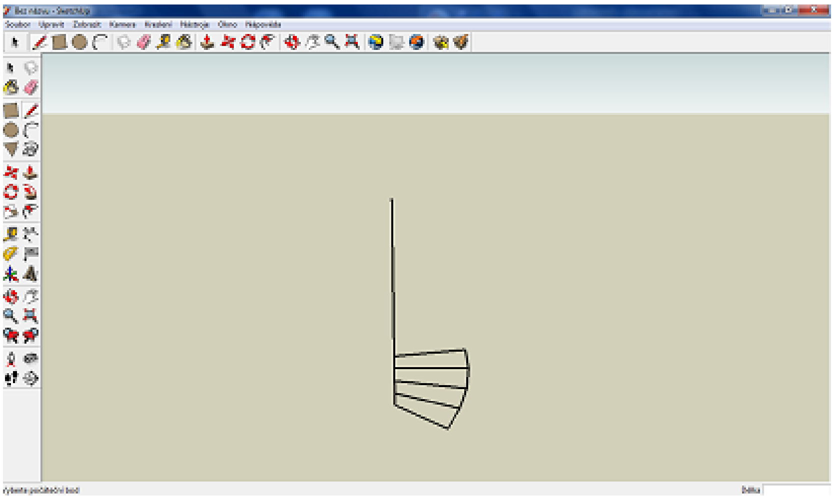
Obrázek 53: Posunutí dvou

7) Opět otočíme o 15 stupňů a obě části označíme.



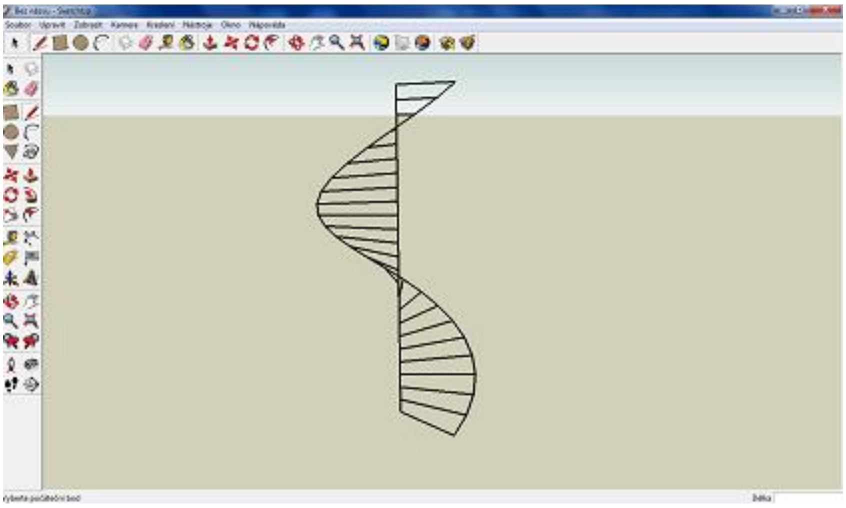
Obrázek 54: Otočení dvou

8) Označené dvě části posuneme, tentokrát o 80 cm, protože posunujeme dvě a délka se nám zdvojnásobuje a zase otočíme a o dvakrát více než v prvním kroku, tedy o 30 stupňů.



Obrázek 55: Otočení a posunutí

9) Tímto způsobem pokračujeme, dokud schodiště není dostatečně vysoké.



Obrázek 56: Levotočivé schodiště

Soubor čtenář nalezne na CD pod názvem Pr.4.

8 Moderní architektura

Veškerý vývoj a věda jdou neustále kupředu a jinak tomu není ani v architektuře. Současné technologie otevírají architektům nové obzory. Nynější moderní technologie umožňují návrhy, a posléze i stavby, neuvěřitelně složitých budov.

Ovšem ne vždy se setkává s pozitivními reakcemi. Typickým příkladem je vítězný návrh Národní knihovny České republiky pana Jana Kaplického. Stavba knihovny se sice neuskutečnila, nicméně podle tohoto návrhu byla vybudována autobusová zastávka městské hromadné dopravy v Brně, viz fotografie 57.

Za další moderní stavbu je považován Tančící dům v Praze na Rašínově nábřeží 80, který navrhl Vlado Milunić spolu s Frankem O. Gehrym. I tento objekt vyvolal řadu diskuzí mezi odpůrci a zastánci tohoto projektu. Moderní budova v historické Praze je zachycena na obrázku 58.

Moderní architekturu již reprezentují i církevní stavby. Jednou z nich je například modlitebna Církve bratrské v Černošicích (obrázek 59).

Obrázek 57: Autobusová zastávka v Brně

Obrázek 58: Tančící dům

Obrázek 59: Modlitebna Církve bratrské

Podle Voráčové a kol. (2012) současní architekti stále častěji opouštějí obvyklé kánony klasické architektury. Tradiční stavby jsou založené na eukleidovské geometrii a většinou zachovávají horizontální a vertikální směr a pravé úhly. Novými postupy vznikají nové tvary a plochy, které pomocí eukleidovské geometrie popsat nelze, mají však stejné nebo lepší vlastnosti než tradiční stavební plochy. Toto tvrzení se uvádí v knize Atlas geometrie.

9 Závěr

Tuto bakalářskou práci jsem vytvořila jako pomůcku pro účely výuky matematiky a geometrie.

Dle mého názoru je studium geometrie na školách pro studenty častým problémem. Proto jsem se snažila názorně uvést vybrané základní křivky a tělesa tak, aby bylo co možná nejsnazší si je představit. K tomu mi pomohl program GeoGebra ve kterém jsem, pro lepší znázornění, do vybraných fotografií vkládala křivky a program SketchUp, kde jsem vytvářela 3D modely.

Programy GeoGebra i SketchUp jsou pro uživatele velice příjemné a snadno ovladatelné. Výstupy v podobě křivek a 3D modelů jsou přehledné a názorné, proto se hodí právě při výuce matematiky a geometrie.

Při psaní bakalářské práce jsem si více začala všímat toho, jak moc nás geometrie obklopuje. Můžeme ji pozorovat ve veškeré architektuře a nejen v ní. Proto se domnívám, že je důležité jí porozumět a myslím si, že tato publikace je k tomu vhodným nástrojem.

Seznam zdrojů

[1] HAŠEK, Roman a Pavel PECH. *Kvadratické plochy a jejich reprezentace v programu Maple*. Vyd. 1. v Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, 2010, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-7394-271-7.

[2] LINKEOVÁ, Ivana. *Aplikovaná geometrie* [online]. Praha, 2015, [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: http://www.linkeova.cz/skripta/ApGeom/AppGeom.pdf#page=53

[3] VORÁČOVÁ, Šárka. *Atlas geometrie: geometrie krásná a užitečná*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2012. Atlas (Academia). ISBN 978-80-200-1575-4.

[4] https://en.wikipedia.org/wiki/Cathedral_of_Bras%C3%ADlia#/media/File:The_cathedral_metr_galleryfull.jpg

[5] https://cs.wikipedia.org/wiki/Vranov_nad_Dyj%C3%AD#/media/File:SwissBayBridge.jpg

[6] http://www.arup.com/projects/mcb_ebene/mauritius_commerical_bank

[7] http://home.pf.jcu.cz/~kvadriky/kapitola2/Kap_2_3.pdf

[8] http://www.manchestereveningnews.co.uk/news/greater-manchester-news/safety-fears-shut-arndale-bridge-854142

Seznam obrázků