



**MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ
FAKULTA**
Univerzita Karlova

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Martin Kukučík

Zobrazovací metody pro technickou praxi

Katedra didaktiky matematiky

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Petra Surynková, Ph.D.

Studijní program: Matematika

Studijní obor: Učitelství matematiky - Učitelství deskriptivní geometrie

Praha 2022

Velké poděkování patří RNDr. Petře Surynkové, Ph.D. za množství času, trpělivosti a pomoci, kterou mi nejen během psaní práce věnovala. Také děkuji rodině a všem přátelům, kteří mě podporovali.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Univerzita Karlova má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

V Praze dne.....

Obsah

Úvod		1
1	Promítání	3
1.1	Mongeovo promítání	3
1.2	Promítání na šest průmětů	8
1.3	Axonometrie	11
1.4	Analytické vyjádření axonometrie	13
2	Speciální typy axonometrií	16
2.1	Zadání elementárních těles	18
2.2	Vojenská perspektiva	20
2.2.1	Zobrazení krychle a kvádrů ve vojenské perspektivě	21
2.2.2	Zobrazení čtyřbokého jehlanu ve vojenské perspektivě	22
2.2.3	Zobrazení rotačního válce a kužele ve vojenské perspektivě	23
2.2.4	Zobrazení koule ve vojenské perspektivě	24
2.3	Planometrie	25
2.4	Kavalírní perspektiva	30
2.4.1	Zobrazení krychle a kvádrů v kavalírní perspektivě	30
2.4.2	Zobrazení čtyřbokého jehlanu v kavalírní perspektivě	31
2.4.3	Zobrazení rotačního válce a kužele v kavalírní perspektivě	32
2.4.4	Zobrazení koule v kavalírní perspektivě	33
2.5	Technická izometrie	34
2.5.1	Zobrazení krychle a kvádrů v technické izometrii	35
2.5.2	Zobrazení čtyřbokého jehlanu v technické izometrii	36
2.5.3	Zobrazení rotačního válce a kužele v technické izometrii	37
2.5.4	Zobrazení koule v technické izometrii	38
2.6	Technická dimetrie	39
2.6.1	Zobrazení krychle a kvádrů v technické dimetrii	40
2.6.2	Zobrazení čtyřbokého jehlanu v technické dimetrii	40
2.6.3	Zobrazení rotačního válce a kužele v technické dimetrii	41
2.6.4	Zobrazení koule v technické dimetrii	42
2.7	Kabinetní axonometrie	43
2.7.1	Zobrazení krychle a kvádrů v kabinetní axonometrii	43
2.7.2	Zobrazení čtyřbokého jehlanu v kabinetní axonometrii	44
2.7.3	Zobrazení rotačního válce a kužele v kabinetní axonometrii	45
2.7.4	Zobrazení koule v kabinetní axonometrii	45

3	Zobrazení jednoduchých součástí	54
3.1	Zadání součástí	54
3.2	Zobrazení součástí	58
4	Zobrazení ozubeného kola	79
4.1	Zadání ozubeného kola	79
4.2	Zobrazení ozubeného kola	88
	Závěr	93
	Seznam použité literatury	94
	Seznam obrázků	95
	Seznam tabulek	101
	Seznam příloh	102

Úvod

Když si koupíme nový nesmontovaný nábytek a rozhodneme se jej složit, první, co potřebujeme, je návod na montáž. V návodu očekáváme obrázky, ze kterých nám bude zřejmé, jak máme postupovat. Obrázky v návodech chceme mít v názorném promítání. Názorných promítání máme několik a můžeme si z nich vybírat. Cílem této práce je podat přehled vybraných zobrazovacích metod, které jsou názorné a v praxi využitelné. Obvyklý postup v deskriptivní geometrii je zavést promítání a následně se věnovat průmětům jednoduchých geometrických objektů jako jsou bod, přímka, rovina a následně se věnovat promítání těles. Tomuto přístupu se chceme v práci vyhnout a zaměřit se přímo na promítání těles a složitějších objektů bez toho, aby čtenář potřeboval k pochopení hlubší znalosti deskriptivní geometrie. Ukážeme si zobrazení vybraných těles a součástí v názorných axonometrických promítáních. Tomu bude samozřejmě předcházet zavedení jednotlivých promítání. Čtenář práce by měl však ovládat základní poznatky ze stereometrie, zejména pak vlastnosti těles a princip volného rovnoběžného promítání, základy kuželoseček, jako je jejich konstrukce, zejména elipsy. Práce je tedy určena nejen středoškolským učitelům, jako námět pro učivo do volitelného semináře deskriptivní geometrie, žákům a studentům, kteří se zajímají o technické obory. Práce může sloužit i učitelům matematiky a čtenářům bez hlubších znalostí deskriptivní geometrie jako návod pro konstrukce objektů v názorných promítáních. V práci chceme ukázat názorné a přehledné průměty ve vybraných promítáních, ale také možnou nevhodnost volby promítání u zobrazení některých těles, či jiných geometrických objektů.

Práce se skládá ze čtyř kapitol. Tělesa a technické součástky ve druhé a třetí kapitole jsou zadány svými sdruženými průměty. Proto se první kapitola věnuje principu zobrazení těles v pravoúhlém promítání na dvě a více průměten. Navazuje část zavádějící axonometrii. Kapitola obsahuje také odvození analytického vyjádření pravoúhlé axonometrie. Analytické vyjádření se využívá při klasifikaci jednotlivých speciálních typech axonometrií.

Na začátku druhé kapitoly je přehled vybraných axonometrických promítání a jejich určení. Vybraná promítání jsou vojenská perspektiva, planometrie, kavalírní perspektiva, technická izometrie, technická dimetrie a kabinetní axonometrii.

Hlavním cílem druhé kapitoly je ukázat způsob promítání elementárních těles v základních polohách ve výše uvedených promítáních a rovněž upozornit na výhody a nevýhody jednotlivých zobrazovacích metod. Na konci kapitoly je podán přehled těles v jednotlivých promítáních na jednom obrázku pro možnost srovnání průmětů.

Ve třetí kapitole bylo vybráno pět jednoduchých součástek, které byly vymodelovány a následně promítnuté v axonometrických promítáních. Součástky se skládají z elementárních těles zobrazených v předchozí kapitole.

Poslední kapitola se věnuje zobrazení ozubeného kola, jakožto složitější technické součástky. První část kapitoly ukazuje krokovanou konstrukci profilu evolventního zubu s využitím kinematické geometrie. Druhá část se věnuje zobrazení ozubeného kola v axonometrických promítáních.

Veškeré obrázky v práci jsou vytvořeny v programu *Rhinoceros*. Většina vytvořených obrázků je sestrojena na formát papíru A4 nebo A3. Jelikož v tištěné verzi práce nemáme k dispozici celý formát A4 nebo A3, jsou obrázky v práci zmenšené. Důležitou součástí práce jsou přílohy. Přílohy obsahují obrázky v 100% velikosti a jsou k dispozici na CD a ve zvláštním obalu práce. Obsahují přehledy veškerých těles a součástek ve všech promítáních zvolených v práci pro možnost srovnání. Na CD jsou nahrány soubory programu *Rhinoceros* obsahující veškeré obrázky a 3D modely použité v práci.

1 Promítání

Zobrazování prostoru E_3 do jeho libovolné roviny π budeme využívat dva typy promítání – rovnoběžné a středové promítání. Rovnoběžné promítání zadáme průmětnou π a směrem s , $s \not\parallel \pi$ a označíme (π, s) , jak uvádí [1].

Průmětnou π rozumíme rovinu, do které promítáme. Bodem v prostoru vedeme promítací přímku q , která je rovnoběžná se směrem promítání s . Průsečík průmětny π a přímky q nazveme rovnoběžným průmětem bodu. Množině bodů v prostoru jsme při promítání schopni přiřadit množinu jejich obrazů – průmětů, v průmětně. V praxi potřebujeme také opačný postup procesu promítání. Z množiny bodů, které tvoří průměty objektu, požadujeme zkonstruovat objekt ve skutečnosti, vzhledem ke zvolené soustavě souřadnic. Zavádíme proto zobrazovací / promítací metody. Zobrazovací metody splňují podmínku vzájemné jednoznačnosti. Abychom vzájemné jednoznačnosti dosáhli, potřebujeme kromě průmětu bodu další informaci, např. orientovanou vzdálenost od průmětny v případě kótovaného promítání nebo přidáme další průmět tohoto bodu do další průmětny. Nejvíce rozšířený způsob zobrazování v technické praxi je pravoúhlé promítání na několik průměten. Při promítání na dvě a více průměten volíme průmětny tak, aby byly na sebe kolmé. Objekt tak můžeme promítnout až na šest navzájem kolmých průměten, které můžeme reprezentovat stěnami krychle. Obvykle se však promítá do dvou nebo tří průměten.

1.1 Mongeovo promítání

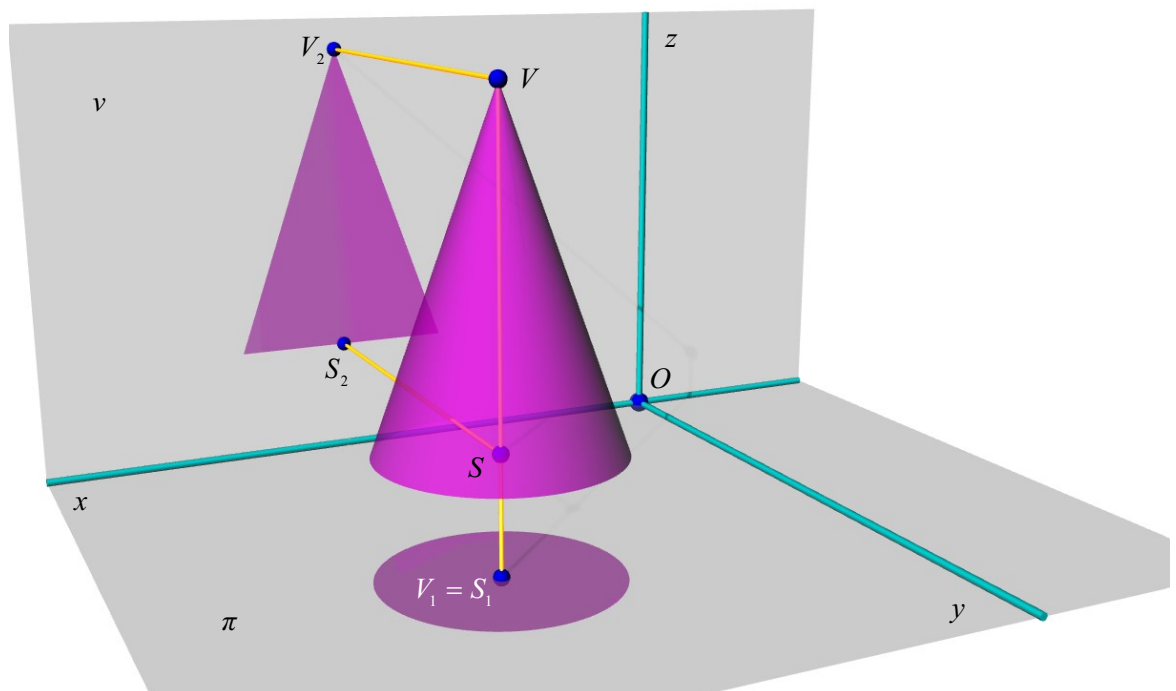
Mongeovo promítání je vzájemně jednoznačné zobrazení bodů prostoru na uspořádané dvojice sdružených průmětů ležících na ordinálách průmětny [4].

První průmětna π se nazývá *půdorysna* a průmětna ν k ní kolmá *nárysna*. Půdorysnu volíme ve vodorovné poloze a nárysna je ve svislé poloze. Průsečnice půdorysny a nárysny se nazývá *základnice*. Vodorovná a svislá poloha nejsou matematické pojmy, avšak pro názornější představu v praxi je použití těchto pojmů vhodné.

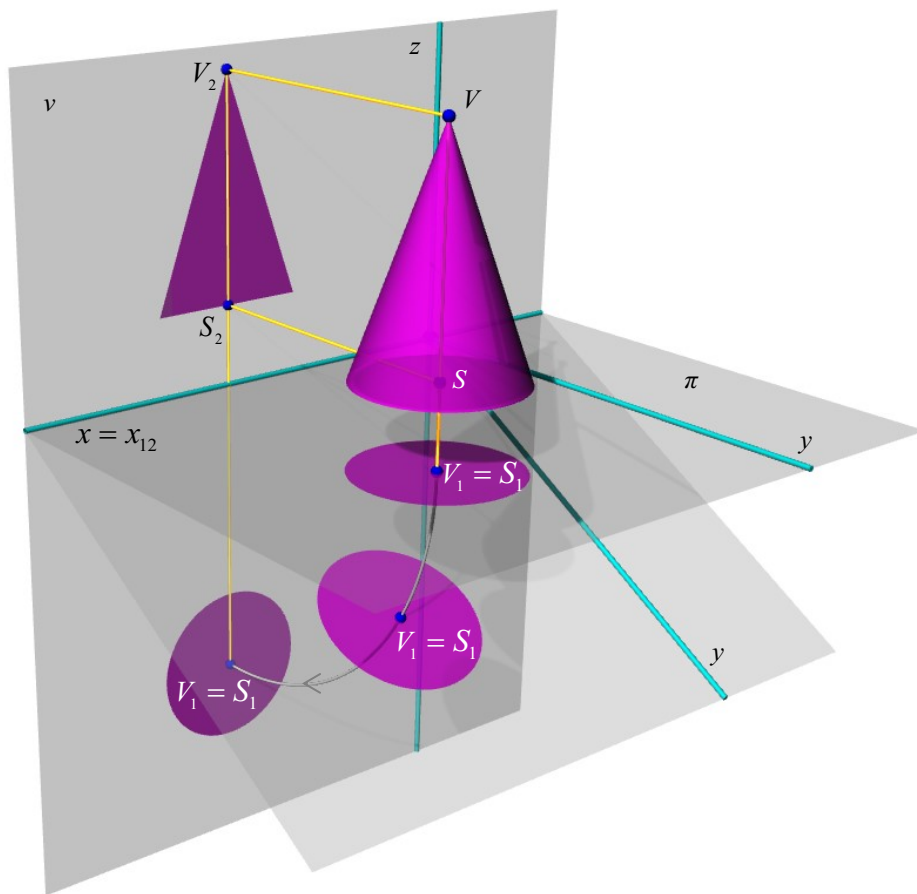
V prostoru zvolme dvě navzájem kolmé průmětny a pravotočivou kartézskou soustavu souřadnic. Základnici ztotožňujeme s osou x . Půdorysna je určena

souřadnicovými osami x a y a nárysna souřadnicovými osami y a z . V případě potřeby se využívá také třetí průmětna, která je určena souřadnicovými osami x , z a nazývá se *bokorysna*. Každému objektu v Mongeově promítání přiřazujeme jeho půdorys a nárys, případně bokorys. Objekt je svými sduženými průměty půdorysem a nárysem jednoznačně určen. Zobrazované objekty volíme tak, aby jedna ze stěn objektu byla v průmětně, nebo v rovině s ní rovnoběžná. Průměty objektů, které se v těchto rovinách nacházejí, se promítanou nezkresleně. Výhodou tohoto umístění je pak snadné odečítání rozměrů, které se využívá při názornějších promítáních, které se využívají v průmyslu, strojírenství nebo architektuře. V kapitolách věnujících se názorným promítáním budou zobrazované objekty zadány pomocí svých sdužených průmětů.

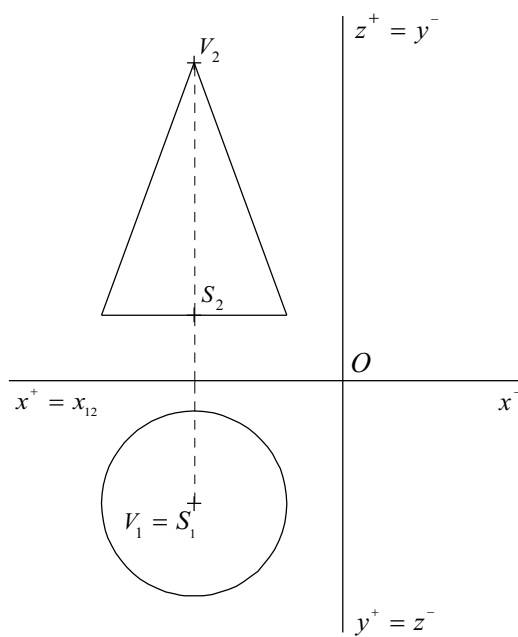
Na obr. 1.1 je ukázka zobrazení rotačního kužele v Mongeově promítání se středem podstavy S a vrcholem V . Osa kužele je kolmá k půdorysně a jeho podstava se nachází v rovině rovnoběžné s půdorysnou. Půdorysy objektů se značí s dolním indexem 1 a nárysy s indexem 2. Půdorysem rotačního kužele je kruh a nárysem trojúhelník.



Obr. 1.1 – zobrazení rotačního kužele v Mongeově promítání



Obr. 1.2 – otočení půdorysny v Mongeově promítání



Obr. 1.3 – průmět rotačního kužele v Mongeově promítání

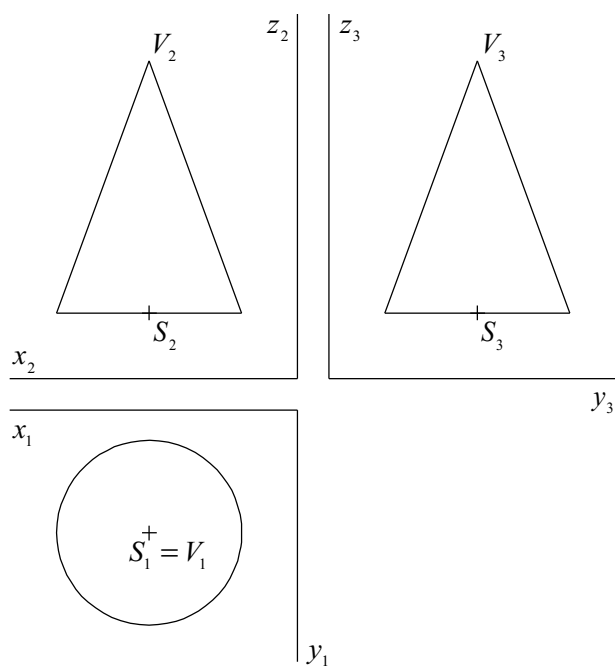
Nárysnu ztotožníme s nákresnou. Půdorysnu otočíme o 90° do nárysny způsobem zobrazeným na obr. 1.2. Osa y se ztotožní s osou z . Tímto způsobem získáváme sdružené průměty rotačního kužele. Na obr. 1.3 je zobrazený průmět rotačního kužele v nákresně. Půdorysna a nárysna dělí prostor na čtyři kvadranty. Kvadranty lze popsat pomocí souřadnicových os y a z . Přehled kvadrantů a souřadnicových os, které je určují, je v tabulce 1.1.

kvadrant	osy
1. kvadrant	y^+, z^+
2. kvadrant	y^-, z^+
3. kvadrant	y^-, z^-
4. kvadrant	y^+, z^-

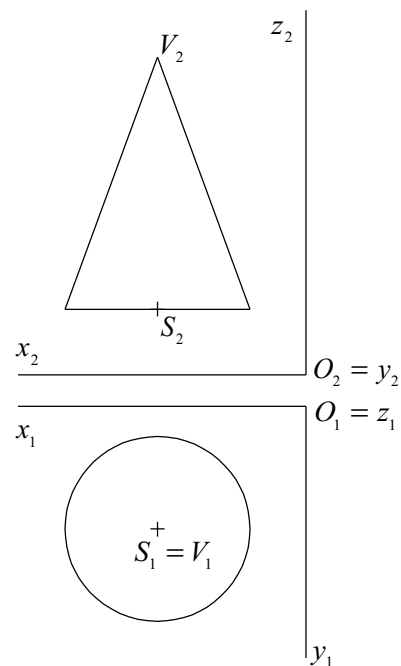
Tabulka 1.1 – přehled kvadrantů a souřadnicových os, které jej určují

Pro větší přehlednost při zobrazování půdorysu, nárys, resp. bokorysu je možné posunout nárys, půdorys, resp. bokorys dostatečně daleko od sebe, jak je možné vidět na obr. 1.4 a obr. 1.5, přičemž je nutné zachovat sdružení průmětů a ordinál bodů, které však v tomto případě nezobrazujeme. S tímto přístupem je možné se setkat v [4] nebo v německých skriptech Deskriptivní geometrie pro stavební inženýry [5].

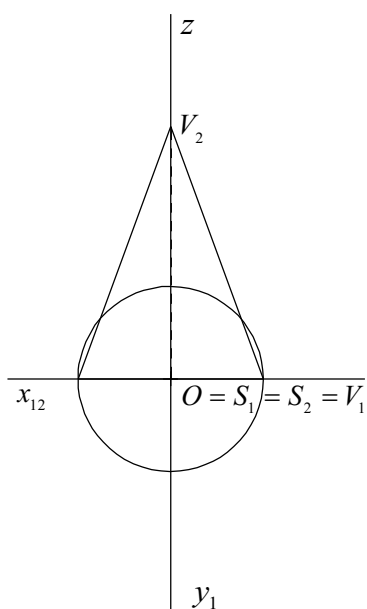
Rotační kužel na obr. 1.2 nemá vzhledem k soustavě souřadnic žádné speciální umístění. V praxi je potřebné, pro zjednodušení konstrukce průmětu, zvolit jeho vhodné umístění vzhledem k soustavě souřadnic. Nejjednodušší umístění rotačního kužele je ztotožnit střed podstavy s počátkem soustavy souřadnic. Průměty takto umístěného rotačního kužele jsou na obr. 1.6. Obrázek může připomínat na první pohled nepovedené tečny ke kružnici z daného bodu. Proto využíváme odsunutí půdorysu a nárys na obr. 1.7.



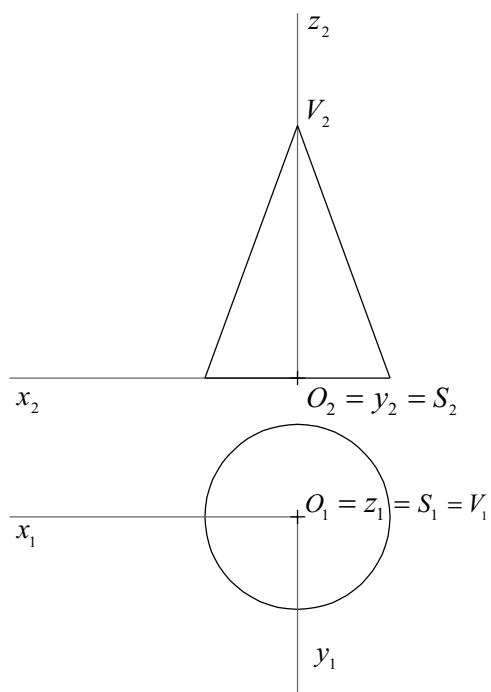
Obr. 1.4 – zobrazení rotačního kužele,
3 průměty



Obr. 1.5 – zobrazení rotačního kužele,
2 průměty



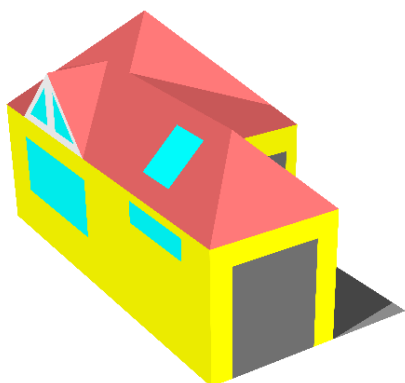
Obr. 1.6 – zobrazení rotačního kužele se
středem podstavy v počátku soustavy
souřadnic



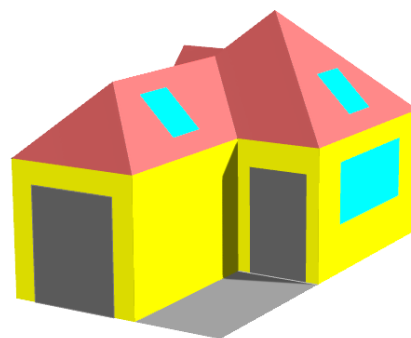
Obr. 1.7 – zobrazení rotačního kužele se
středem podstavy v počátku soustavy
souřadnic, odsunutí narysu a půdorysu

1.2 Promítání na šest průmětů

V evropských zemích, tedy i v České republice, se přednostně používá promítání v 1. kvadrantu, tzv. evropské, označované ISO E. V anglosaských zemích, zejména v USA, se používá metoda promítání ve 3. kvadrantu, označovaná ISO A, nazývaná americká [3]. Princip promítání na šest průmětů si ukážeme na modelu domečku na obr. 4 a obr. 5, který byl vymodelován v programu *Rhinoceros*. Oba pohledy na domeček jsou v názorném promítání a z různých pohledů pro větší názornost.



Obr. 1.8 – model domečku, pohled 1



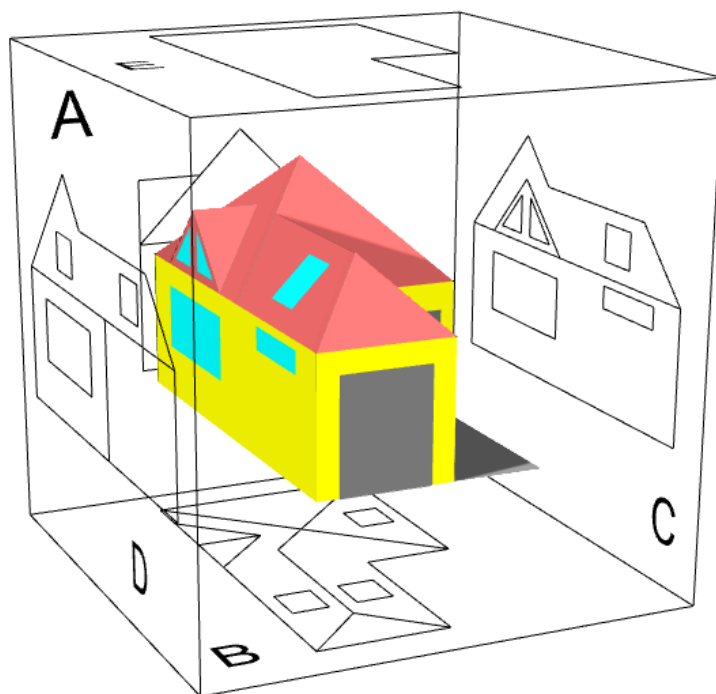
Obr. 1.9 – model domečku, pohled 2

Zobrazovaný objekt vložíme mezi šest průmětů, které si představme jako stěny pomocné krychle. Dolní podstavu ztotožníme s průmětnou a zadní stěnu krychle s nárysnu. Názvy zbylých pohledů a označení obrazů jsou uvedeny v následující tabulce, vycházejících z [3].

název pohledu (průmětna)	označení obrazu (stěna krychle)
pohled zepředu (nárysna)	A (zadní stěna)
pohled shora (půdorysna)	B (dolní podstava)
pohled zleva (bokorysna)	C (levá boční stěna)
pohled zprava	D (pravá boční stěna)
pohled zdola	E (horní podstava)
pohled zezadu	F (přední stěna)

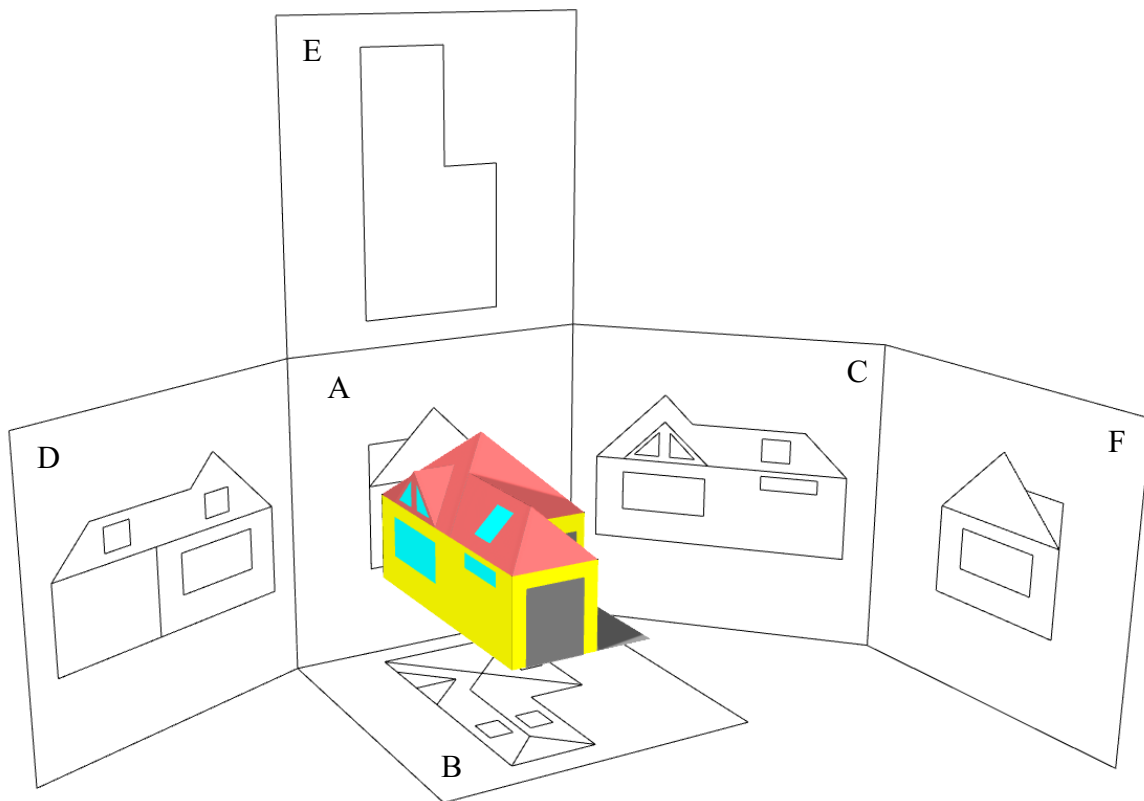
Tabulka 1.2 – označení směrů pohledů

Následně sestrojíme všechny průměty – obr. 1.10, které jsou uvedené tab. 1.2. Názvy pohledů a označení vychází z normy ISO E. Průmětnu opět ztotožníme s nákretnou a všechny průměty otočíme do nárýsný způsobem, který je zobrazen na obr. 1.11. Způsob otočení lze v tomto případě přirovnat rozvinutí pláště pomocné krychle, při kterém zůstává zadní stěna krychle na místě.

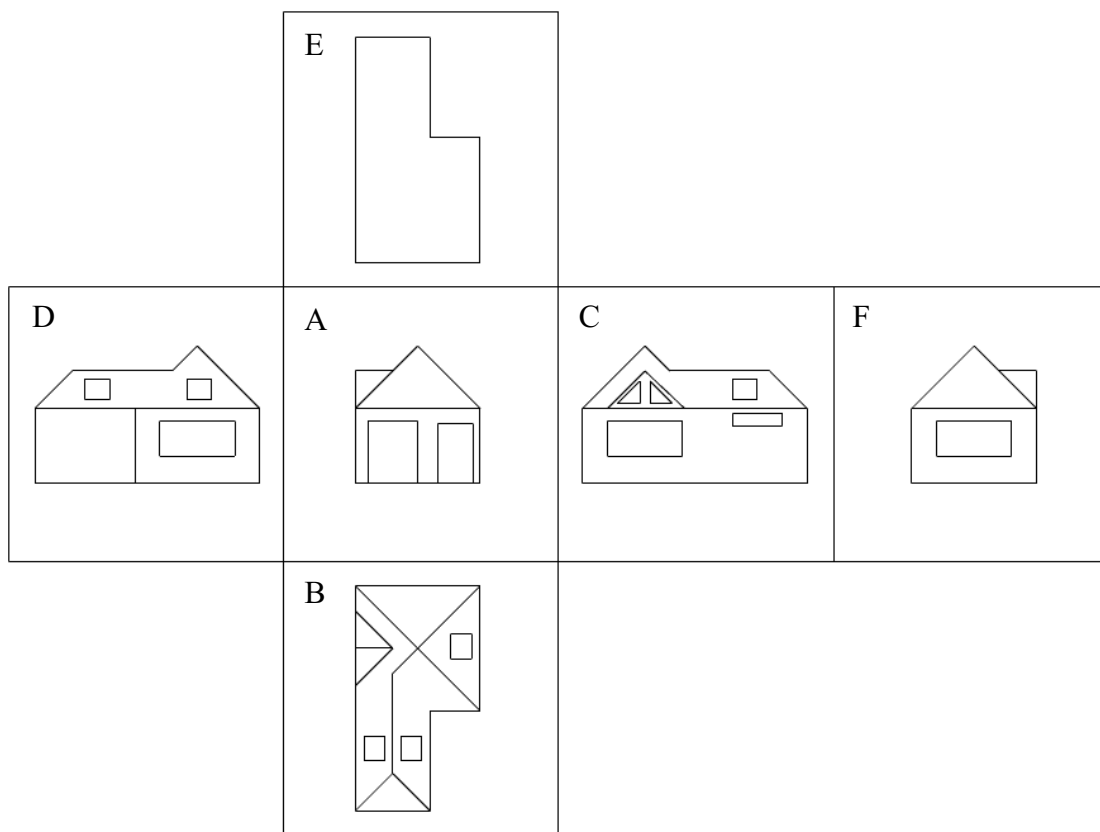


Obr. 1.10 – objekt v pomocné krychli

V Mongeově promítání stačí pouze dva, resp. tři průměty, přičemž zobrazujeme veškeré hrany, jak viditelné, tak i neviditelné. Kdybychom body, které tvoří konce hran domečku, pojmenovali, stačily by nám dva průměty. Při konstrukci bychom také využívali znalosti prostorového objektu, tzn., víme, že promítáme domeček. Jelikož jsme vrcholy domečku nepojmenovali a pro větší přehlednost jsme zobrazovali pouze viditelné hrany, potřebujeme více průmětů a využíváme tedy metodu promítání v 1. kvadrantu, o které se píše na začátku kapitoly 1.2.



Obr. 1.11 – rozvíjení šesti průmětem do jedné roviny

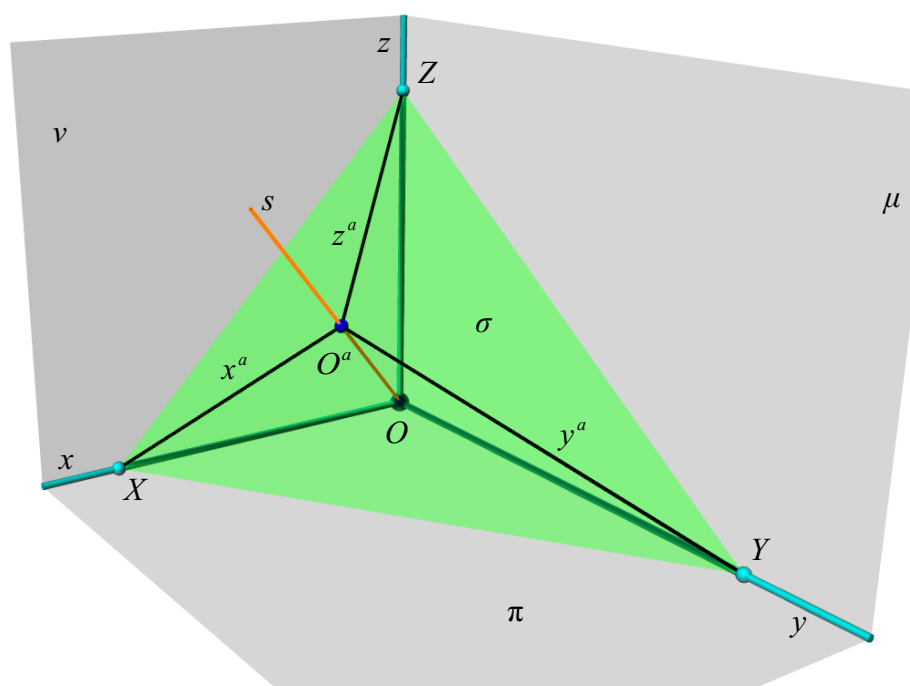


Obr. 1.12 – průměty domečku v promítání na šest průměten

1.3 Axonometrie

Základní rovnoběžné zobrazovací metody jako kótované promítání a Mongeovo promítání mají mnoho výhod v řešení metrických a polohových úloh. Názornost je ale v těchto promítáních malá. V návodu ke smontování skříně, k názorné ukázce tvaru tělesa v učebnicích matematiky je potřebné zvolit názornější promítání – například axonometrii.

Axonometrií budeme rozumět rovnoběžné promítání útvarů spojených s pevně zvolenou kartézskou soustavou souřadnic v prostoru E_3 na jednu průmětnu. Přitom budeme promítat tak, aby průmětem os souřadnic byla trojice různých přímk. Tímto způsobem zavádí axonometrii [1].



Obr. 1.13 – průměty domečku v promítání na šest průměten

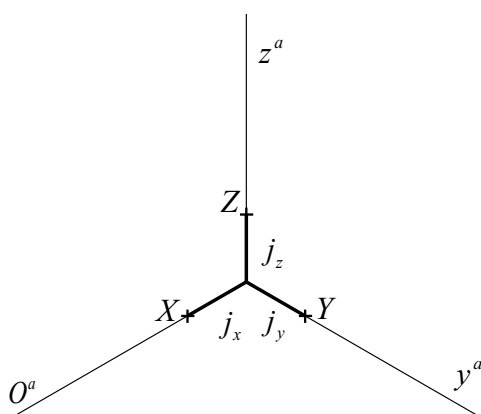
V eukleidovském prostoru E_3 zvolme počátek O pravotočivé kartézské soustavy souřadnic s osami x, y, z . Každá dvojice těchto souřadnicových os tvoří rovinu. Rovinu $\pi = (xy)$ nazýváme půdorysna, rovinu $\nu = (xz)$ nárysna a $\mu = (yz)$ bokorysna. Nyní si zvolíme rovinu σ , která je s rovinami π, ν, μ různoběžná. Průsečíky roviny σ s osami x, y, z označme X, Y, Z . Rovinu $\sigma = \leftrightarrow XYZ$ budeme nazývat *axonometrická průmětna*.

Směr promítání s volíme tak, aby nebyl rovnoběžný s axonometrickou průmětnou. Průsečíkem promítacího paprsku s , procházejícího bodem O a axonometrické průmětny σ je axonometrický počátek O^a . Axonometrické osy x^a, y^a, z^a na obr. 1.13 jsou určeny axonometrickým počátkem O^a a body X, Y, Z . Polohu souřadnic volíme většinou tak, aby osa z byla ve svislé poloze.

Jednotka j reprezentuje jednotku v kartézské soustavě souřadnic a OX, OY, OZ reprezentují jednotkové úsečky na osách souřadnic $|OX|=|OY|=|OZ|=j$. Délky $|XO^a|=j_x, |YO^a|=j_y, |ZO^a|=j_z$ nazýváme *axonometrické jednotky* – velikosti průmětů jednotkových úseček délky j . Axonometrické jednotky hrají významnou roli při jednoznačném zadání axonometrie. Příklad zadání axonometrie pomocí axonometrických jednotek je na obr. 1.14.

Pohlkeova věta: Tři úsečky v rovině s jedním společným krajním bodem, které leží na třech různých přímkách, jsou rovnoběžným průmětem tří hran jednotkové krychle, které vychází z jednoho vrcholu [1].

Důkaz Pohlkeovy věty lze nalézt v [9].

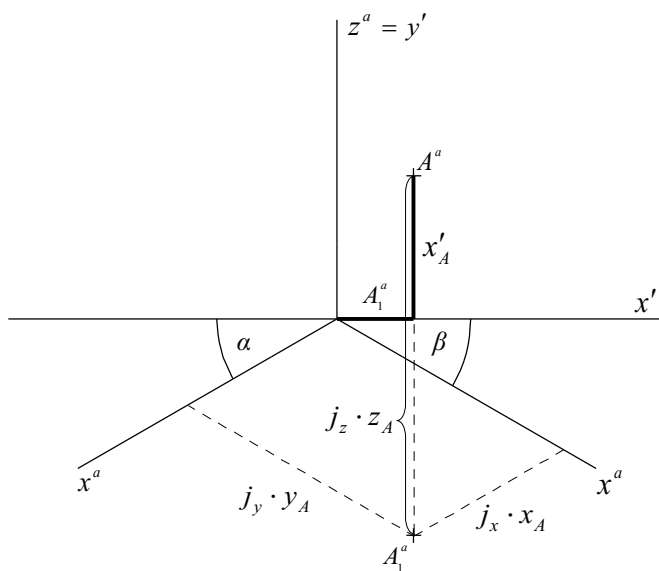


Obr. 1.14 – zadání axonometrie pomocí axonometrických os a axonometrických jednotek

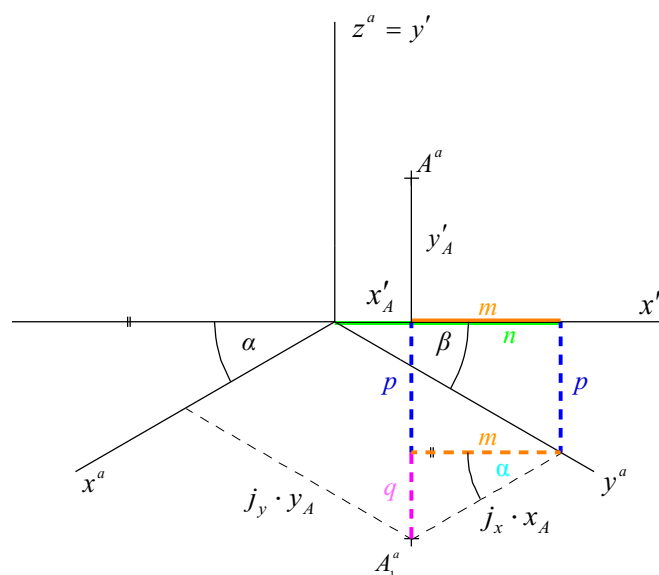
1.3 Analytické vyjádření axonometrie

Analytické vyjádření axonometrie je důležité pro následnou klasifikaci speciálních případů tohoto promítání, které jsou také známé z učebnic deskriptivní nebo konstruktivní geometrie. Postupnými kroky se tak přesuneme od obecné axonometrie ke konkrétním typům pomocí vhodné volby prvků, které axonometrii určují.

V eukleidovském prostoru E_3 zvolme kartézskou soustavu souřadnic. Bod A je v prostoru určený svými souřadnicemi $A = [x_A; y_A; z_A]$. Bod A chceme vyjádřit v nové soustavě souřadnic $A' = [x'_A; y'_A]$. Počátek O' pravouhlé soustavy souřadnic určené souřadnicemi x', y' ztotožníme s axonometrickým počátkem O^a . Osu y' ztotožníme s osou z^a tak, aby se zachovaly jejich orientace, tj. $y'^+ = z^+$. Orientovaný úhel α je určen vrcholem O^a a od ramene, které tvoří osa x' , nanášíme velikost úhlu α v kladném směru a získáváme druhé rameno x^a . Orientovaný úhel β je určen vrcholem O^a , jehož rameno tvoří osa x' , nanášíme velikost úhlu β v záporném směru a získáváme rameno y^a .



Obr. 1.15 – analytické vyjádření axonometrie



Obr. 1.16 – analytické vyjádření axonometrie

$$\boxed{x'_A} = n - m = j_y y_A \cos \beta - j_x x_A \cos \alpha$$

$$\cos \beta = \frac{n}{j_y y_A} \Rightarrow n = j_y y_A \cos \beta$$

$$\cos \alpha = \frac{m}{j_x x_A} \Rightarrow m = j_x x_A \cos \alpha$$

$$\boxed{y'_A} = j_z z_A - p - q = j_z z_A - j_y y_A \sin \beta - j_x x_A \sin \alpha$$

$$\sin \beta = \frac{p}{j_y y_A} \Rightarrow p = j_y y_A \sin \beta$$

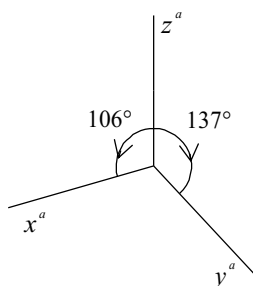
$$\sin \alpha = \frac{q}{j_x x_A} \Rightarrow q = j_x x_A \sin \alpha$$

$$A^a = [x_A; y_A; z_A] \rightarrow [j_y y_A \cos \beta - j_x x_A \cos \alpha; j_z z_A - j_y y_A \sin \beta - j_x x_A \sin \alpha]$$

V některé literatuře se speciální případy axonometrií zadávají pomocí úhlů α a β z obr. 1.15 a obr. 1.16. Tento způsob klasifikace také využijeme v 2. kapitole. S klasifikací axonometrií pomocí úhlů α a β se lze setkat v [1]. Na jednoznačné určení axonometrie stačí znát orientované úhly, které svírají souřadnicové osy. V [5] je axonometrie zavedená na základě svého analytického vyjádření, které je odvozeno v kapitole 1.3.

Na základě Pohlkeovy věty a jednoznačného určení axonometrie je potřebné znát kromě axonometrických jednotek také umístění souřadnicových os. Axonometrie je tedy jednoznačně určena průměty souřadnicových os a axonometrickými jednotkami.

Ty lze určit pomocí orientovaných úhlů, které svírají. Na obr. 1.17 je znázorněná axonometrie, ve které, svírají osy x a z úhel 106° a osy y a z úhel 137° .



Obr. 1.17 – ukázka zadání axonometrie pomocí úhlů, které svírají souřadnicové osy

2 Speciální typy axonometrií

Speciální typy axonometrií lze zavádět pomocí orientovaných úhlů α , β , a délek axonometrických jednotek j_x, j_y, j_z . Význam úhlů a jednotek je popsán v kapitole 1.3. Názvy a určení jednotlivých axonometrií jsou uvedeny v tabulce 2.1. Tato tabulka obsahuje obecné podmínky na dané promítání. V tabulce 2.2 jsou následně uvedeny nejčastější volby konkrétních případy axonometrií, kterým se budeme věnovat v dalších podkapitolách této kapitoly. Abychom při konstrukci nemuseli sestrojovat osu x' , od které se úhly α a β nanáší, uvádíme úhly, které svírají souřadnicové osy x^a, y^a, z^a .

název promítání	úhel, který svírají souřadnicové osy			poměr jednotek $j_x : j_y : j_z$
	$x^a y^a$	$y^a z^a$	$x^a z^a$	
vojenská perspektiva	90°	úhel nesmí nabývat hodnot $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ, 360^\circ$	dopočítá se na základě předchozích hodnot	$j_x = q, j_y = j_z = j$, obvykle $0 < q \leq 1$
planometrie	90°			$1:1:\frac{2}{3}$
kavalírní perspektiva	úhel nesmí nabývat hodnot $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ, 360^\circ$	90°	dopočítá se na základě předchozích hodnot	$1:1:1$
technická isometrie	120°	120°	120°	$1:1:1$
technická dimetrie	úhly volíme tak, aby y^a byla osou úhlu $x^a y^a$			$1:k:1, k \in \mathbb{R}$
kabinetní axonometrie	úhel nesmí nabývat hodnot $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ, 360^\circ$	90°	dopočítá se na základě předchozích hodnot	$\frac{1}{2}:1:1$

Tabulka 2.1– speciální typy axonometrií a jejich určení

název promítání	úhel, který svírají souřadnicové osy			poměr jednotek $j_x : j_y : j_z$
	$x^a y^a$	$y^a z^a$	$x^a z^a$	
vojenská perspektiva	90°	135°	135°	1:1:1
planometrie	90°	135°	135°	$1:1:\frac{2}{3}$
	90°	150°	120°	
kavalírní perspektiva	135°	90°	135°	1:1:1
technická isometrie	120°	120°	120°	1:1:1
technická dimetrie	132°	97°	131°	$1:\frac{1}{2}:1$
kabinetní axonometrie	135°	90°	135°	$\frac{1}{2}:1:1$

Tabulka 2.2 – nejčastější volba speciálních typů axonometrií a jejich určení

V [4] se uvádí zobrazení, která se doporučují využívat v technických výkresech podle normy ČSN – označení českých státních technických norem.

Norma ČSN EN ISO 5456-3 doporučuje pro technické výkresy tato zobrazení:

- (pravoúhlou) izometrii
- (pravoúhlou) dimetrii
- kosoúhlou axonometrii, dále rozlišenou na:
 - kavalírní axonometrii
 - kabinetní axonometrii
 - planometrii

Jednotlivé typy axonometrií si ukážeme nejdříve na zobrazeních elementárních těles: krychle, kvádr, kolmý pravidelný čtyřboký jehlan, rotační válec, kužel a koule. S vlastnostmi uvedených těles se setkávají žáci již na základní škole. Nejen se samotnými vlastnostmi, ale také s průměty těchto těles. Jestli už zalistujeme v učebnicích matematiky pro základní nebo střední školu nebo v zápiscích ze sešitů, můžeme se setkat s průměty těles v názorných promítáních, která se snaží vybudovat co nejlepší představu o tělesu. Proto záměrně volíme tato elementární tělesa.

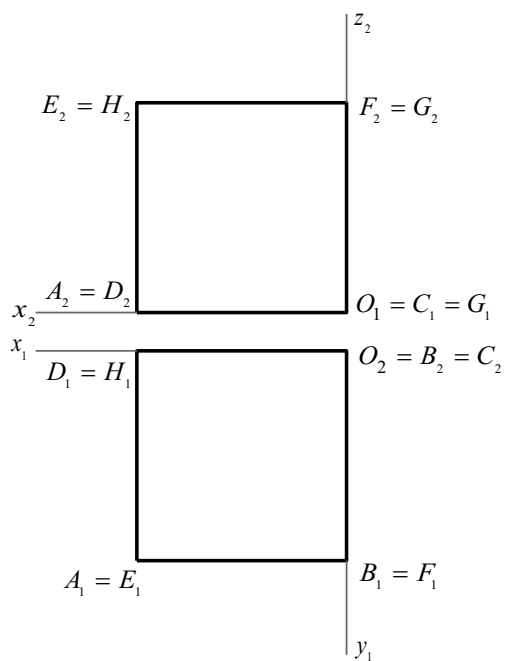
Při zobrazování těles známe umístění souřadnicových os x^a, y^a, z^a a axonometrické jednotky j_x, j_y, j_z . Při zobrazování budeme vycházet ze sdružených průmětů těles v Mongeově promítání. Délky hran těles, poloměry jsou však voleny pomocí jednotek j v kartézské soustavě x, y, z .

2.1 Zadání elementárních těles

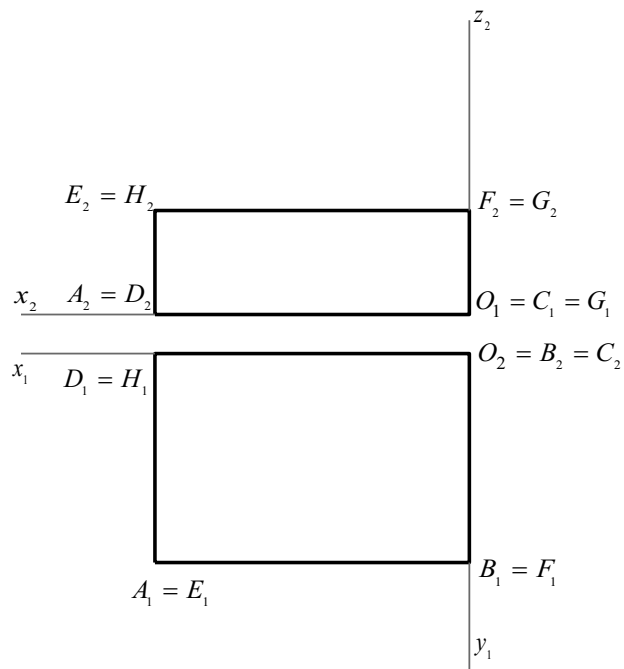
Zadejme tělesa, která budeme zobrazovat v jednotlivých promítáních. Veškerá hranatá tělesa, která budeme zobrazovat v jednotlivých promítáních, umístíme do prvního kvadrantu. Dolní podstava krychle a kvádrů, podstava kolmého pravidelného čtyřbokého jehlanu, leží v půdorysně. Dvojice hran tvořící podstavu těles bude ležet přímo na souřadnicových osách x^a a y^a , případně z^a u krychle a kvádrů. Dolní podstava rotačního válce a podstava rotačního kužele leží v půdorysně a jejich středy splývají s počátkem soustavy souřadnic. Střed koule leží v počátku soustavy souřadnic. Tyto polohy volíme záměrně pro co možná nejjednodušší sestavení průmětu. Informace o tělesech jsou uvedeny v tabulce 2.3.

těleso	informace o tělesu	sdružené průměty
krychle <i>ABCDEFGH</i>	hrana $ AB = 2j$	Obr. 2.1
krychle <i>ABCDEFGH</i>	hrany $ AB = 3j, BC = 2j, AE = j$	Obr. 2.2
kolmý pravidelný čtyřboký jehlan <i>ABCDV</i>	hrana $ AB = 2j$ a výška $ VS_{AB} = 3j$	Obr. 2.3
rotační válec	poloměr podstavy $r = 2j$ a výška $v = 3j$	Obr. 2.4
rotační kužel	poloměr podstavy $r = 2j$ a výška $v = 4j$	Obr. 2.5
koule	poloměr $r = 2j$	Obr. 2.6

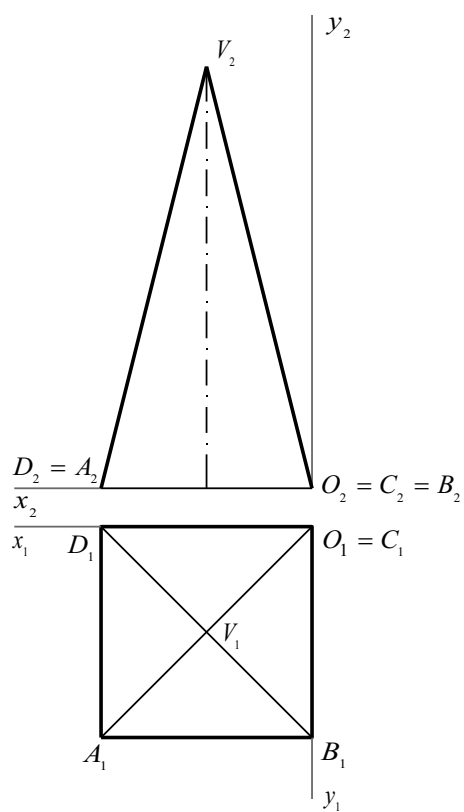
Tabulka 2.3 – zadání elementárních těles



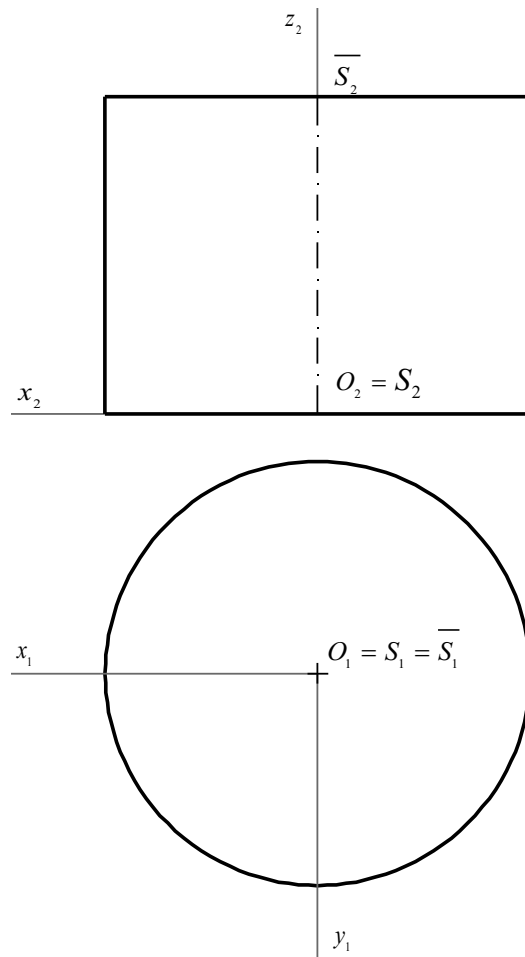
Obr. 2.1 – sružené průměty krychle



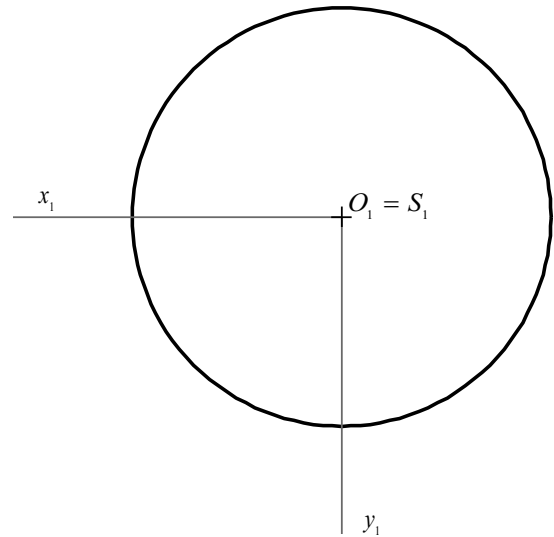
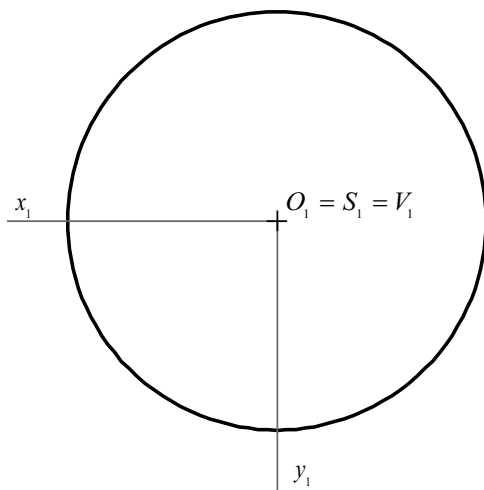
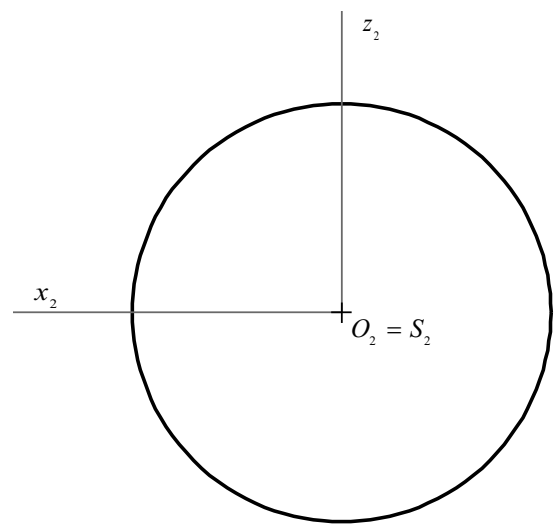
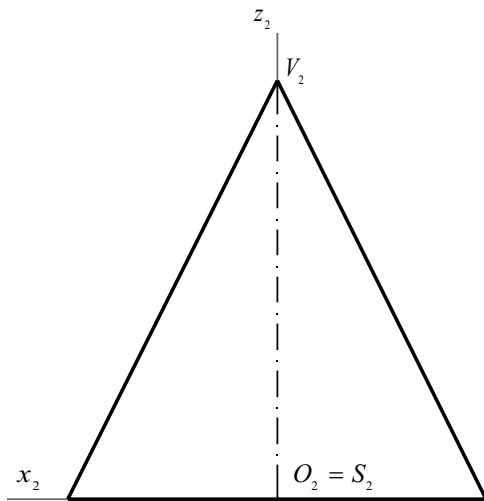
Obr. 2.2 – sružené průměty kvádrů



Obr. 2.3 – sružené průměty čtyřbokého jehlanu



Obr. 2.4 – sružené průměty rotačního válce

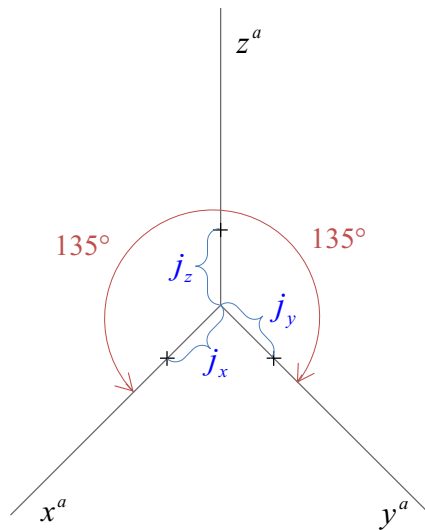


Obr. 2.5 – sdružené průměty rotačního kužele

Obr. 2.6 – sdružené průměty koule

2.2 Vojeuská perspektiva

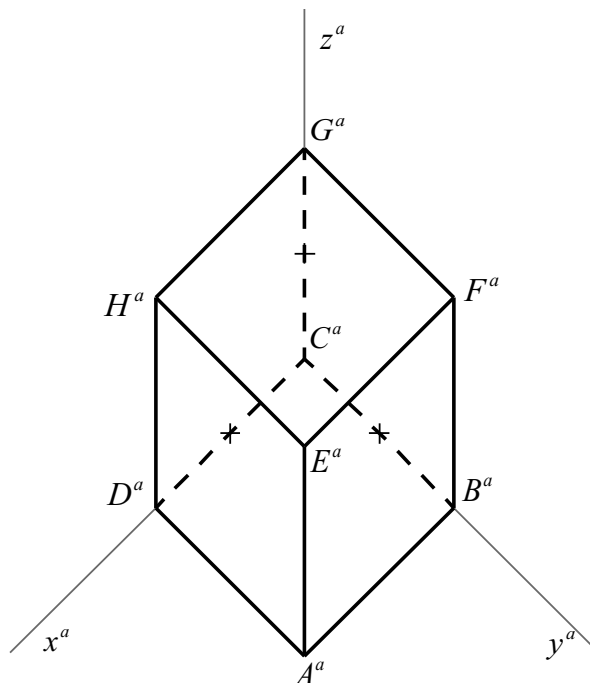
Ve vojenské perspektivě svírají osy x^a a y^a úhel 90° . V [4] se uvádí úhel $\alpha = \beta = 45^\circ$. Z toho plynou velikosti úhlů, které svírá osa z^a s osami x^a a y^a . Jednotky na osách jsou si rovny a tvoří poměr 1:1:1. Zadání vojenské perspektivy je na obr. 2.7. Jelikož v prostoru svírají souřadnicové osy úhel 90° a ve vojenské perspektivě tento úhel svírají osy x^a a y^a , tak se objekty ležící v půdorysně, nebo v rovinách s ní rovnoběžných promítají nezkresleně.



Obr. 2.7 – zadání vojenské perspektivy

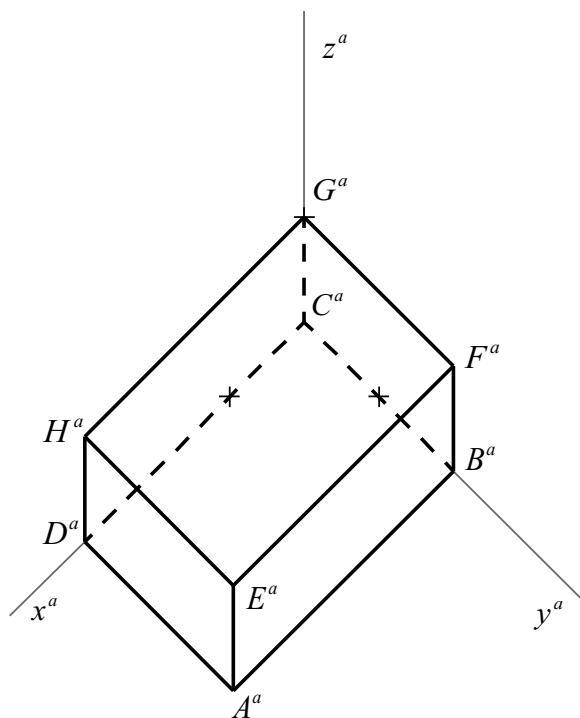
2.2.1 Zobrazení krychle a kváдру ve vojenské perspektivě

Vycházíme ze sružených průmětů krychle a vlastností krychle. Bod C^a leží v počátku soustavy souřadnic. Body D^a, B^a, G^a leží na souřadnicových osách x^a, y^a, z^a ve vzdálenosti 2 jednotek od bodu C^a . Dolní podstava krychle leží v průmětně, kde se objekty promítají nezkresleně, obrazem čtverce $ABCD$ bude čtverec $A^a B^a C^a D^a$. Zbylé vrcholy dohledáme pomocí vlastnosti rovnoběžnosti hran krychle, obr. 2.8.



Obr. 2.8 – obraz krychle ve vojenské perspektivě

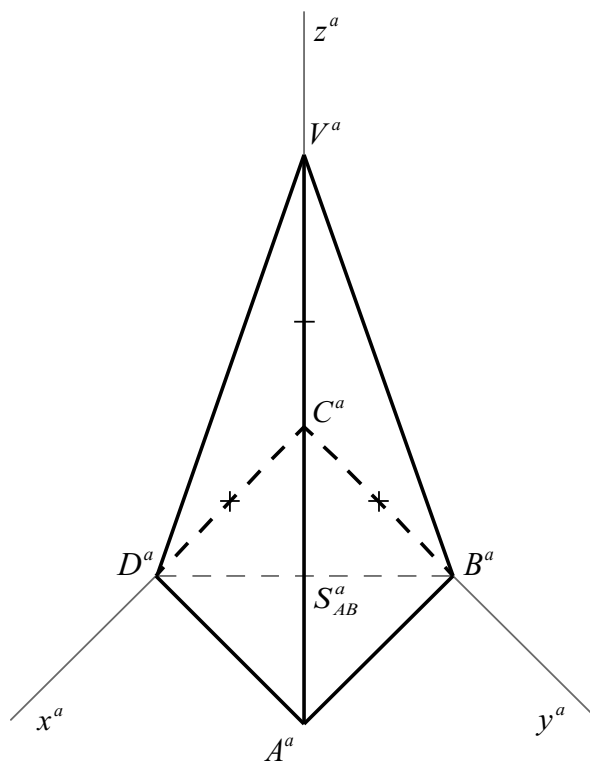
U kvádru postupujeme stejně jako u krychle, rozdíl je pouze u délek hran, které nanášíme. Obráz kvádru je sestřen obr. 2.8.



Obr. 2.9 – obraz kvádru ve vojenské perspektivě

2.2.2 Zobrazení čtyřbokého jehlanu ve vojenské perspektivě

Podstavu čtyřbokého jehlanu $A^aB^aC^aD^a$, kterou tvoří čtverce, sestojíme jako u krychle. Výšku $v = 3j$ nanášíme od průsečíků uhlopříček čtverce tvořícího podstavu jehlanu S_{AB} . Na průmětu jehlanu, na obr. 2.10, je vidět, že průměty hran jehlanu A^aV^a a C^aV^a leží na ose z^a a hrana C^aV^a splývá s částí hrany A^aV^a . Průmět jehlanu s podstavou v půdorysně ve vojenské perspektivě není tak názorný, jako byly průměty krychle a kvádru. Při počítání odchylek přímek ve stereometrii je základem dobrý náčrt prostorové situace. Na tomto příkladu lze demonstrovat nevhodnost volby promítání, například při řešení klasické stereometrické úlohy odchylky dvou přímek. Vzhledem k splývajícím hranám není možné v obrázku názorně vyznačit úhel, který je odchylkou hran A^aV^a a C^aV^a .

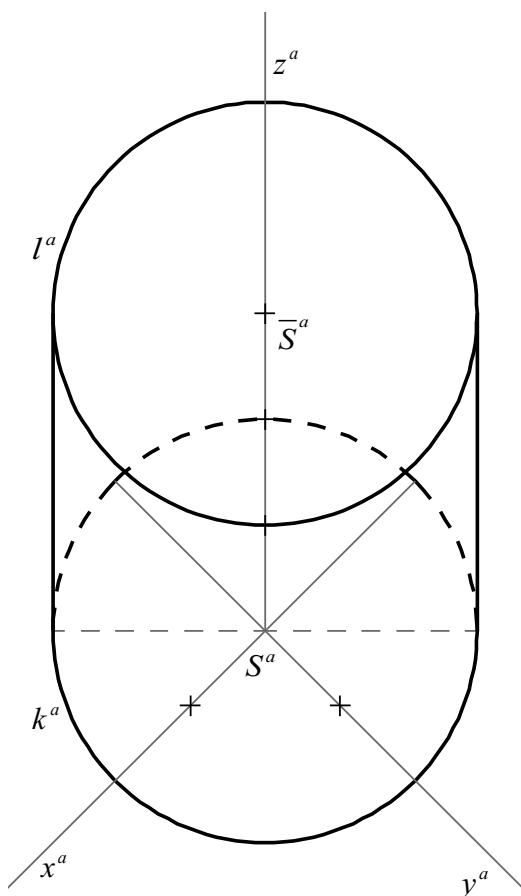


Obr. 2.10 – obraz kvádrů ve vojenské perspektivě

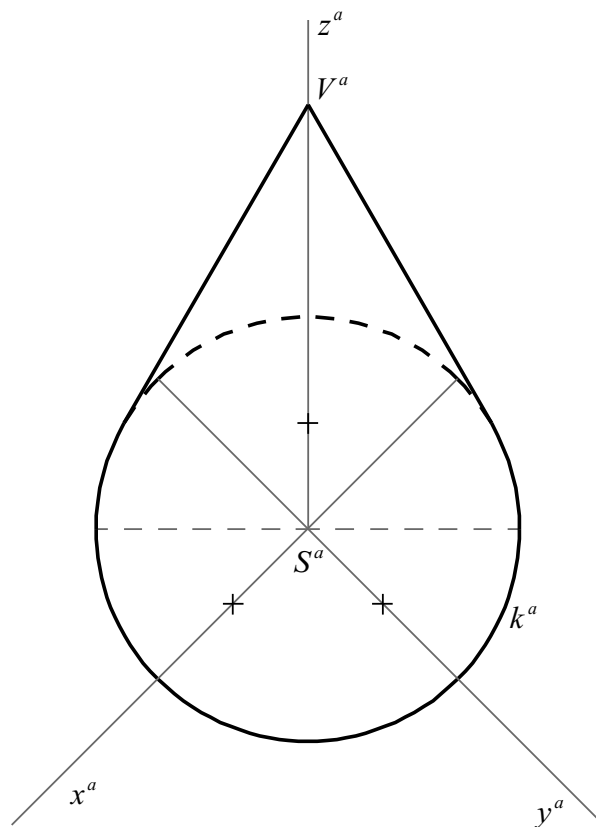
2.2.3 Zobrazení rotačního válce a kužele ve vojenské perspektivě

Podstavu rotačního válce i rotačního kužele tvoří kruh. Zobrazovat budeme pouze hranici kruhu, který tvoří kružnice. Obrazem kružnice k , která leží v půdorysně, bude kružnice $k^a(S^a, r = 2j)$. V případě rotačního válce sestrojíme obraz středu horní podstavy \bar{S}^a a horní podstavu zobrazíme jako kružnici $l^a(\bar{S}^a, r = 2j)$. Následně sestrojíme tečny ke kružnicím rovnoběžné s osou z^a , jak je na obr. 2.11. U rotačního kužele sestrojíme vrchol V^a , ze kterého děláme tečny ke kružnici $k^a(S^a, r = 2j)$, jak je na obr. 2.12.

Zobrazení rotačního válce a rotačního kužele ve vojenské perspektivě je jednoduché. Pro konstrukce průmětů stačí konstrukce tečny ke kružnici rovnoběžné s daným směrem a tečny ke kružnici z vnějšího bodu.



Obr. 2.11 – obraz rotačního válce ve vojenské perspektivě

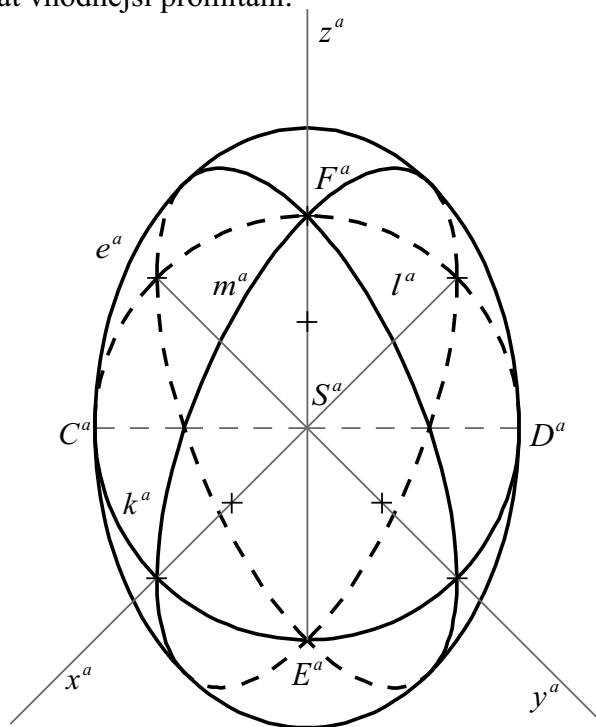


Obr. 2.12 – obraz rotačního kužele ve vojenské perspektivě

2.2.4 Zobrazení koule ve vojenské perspektivě

Při zobrazení koule potřebujeme zobrazit řezy souřadnicovými rovinami, případně rovinami rovnoběžnými, procházejícími středem koule, neleží-li střed koule v některé ze souřadnicových rovin. Následně sestrojíme obrys koule. Řezem koule půdorysnou je kruh $k(S, r = 2j)$. Řezem koule nárysnou je kruh $m(S, r = 2j)$ a bokorysnou je kruh $l(S, r = 2j)$. Na souřadnicových osách umíme najít krajní body sdružených průměrů elipsy. Souřadnicové osy jsou navzájem kolmé a tvoří sdružené průměry elips, které jsou obrazy hranic kruhů. Elipsy dokončíme například pomocí Rytzovy konstrukce, kterou lze najít v [2] na straně 32. Obrysem koule je elipsa e . Její vedlejší vrcholy C^a, D^a leží na obrysu $k^a(S^a, r = 2j)$, který je řezem půdorysnou, a přímce kolmé k ose z^a . Ohniska elipsy e^a jsou body E^a, F^a , které jsou průsečíky elips m^a, l^a a leží na ose z^a . Vysvětlení této konstrukce lze najít v [4]

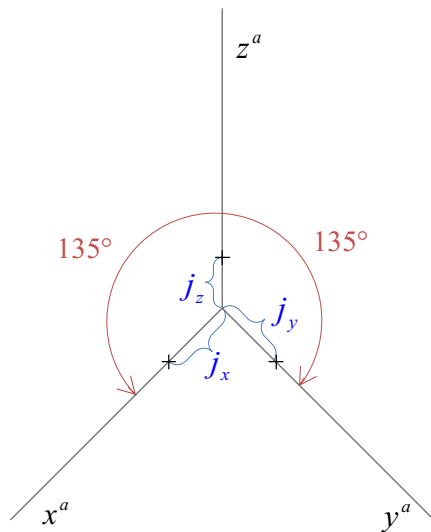
na straně 291. Volba vojenské perspektivy pro náčrt koule není vhodná, jelikož je jejím obrysem elipsa. Většina žáků při náčrtu koule volí obrys kružnici. Pro kouli tedy budeme hledat vhodnější promítání.



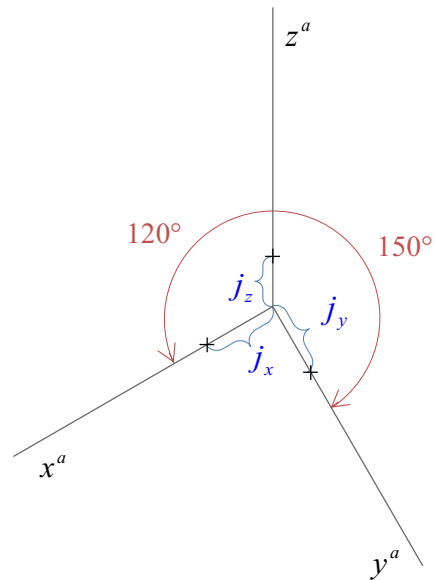
Obr. 2.13 – obraz koule ve vojenské perspektivě

2.3 Planometrie

Planometrie, také lze najít pod názvem plánometrická axonometrie, je speciálním případem vojenské perspektivy. V [4] se uvádí úhel $\alpha = \beta = 45^\circ$ nebo $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 50^\circ$. Z toho plynou velikosti úhlů, které svírá osa z^a s osami x^a a y^a , které jsou na obr. 2.14 a 2.15. Při zobrazování elementárních těles si sestrojme průměty v obou typech planometrie, abychom mohli vidět rozdíly v názornosti promítání. Rozdíl mezi vojenskou perspektivou a planometrií je v jednotkách na souřadnicových osách. Ve vojenské perspektivě byly jednotky na souřadnicových osách v poměru 1:1:1, v planometrii jsou tyto jednotky v poměru $1:1:\frac{2}{3}$. Jelikož v prostoru svírají souřadnicové osy úhel 90° a v planometrii tento úhel svírají osy x^a a y^a , objekty ležící v půdorysně, nebo v rovinách s ní rovnoběžných se opět promítají nezkráceně.

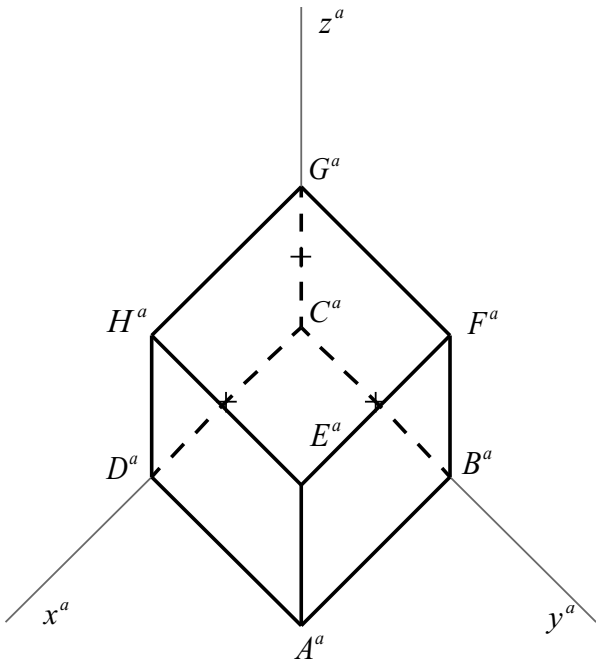


Obr. 2.14 – zadání planometrie, 1.způsob

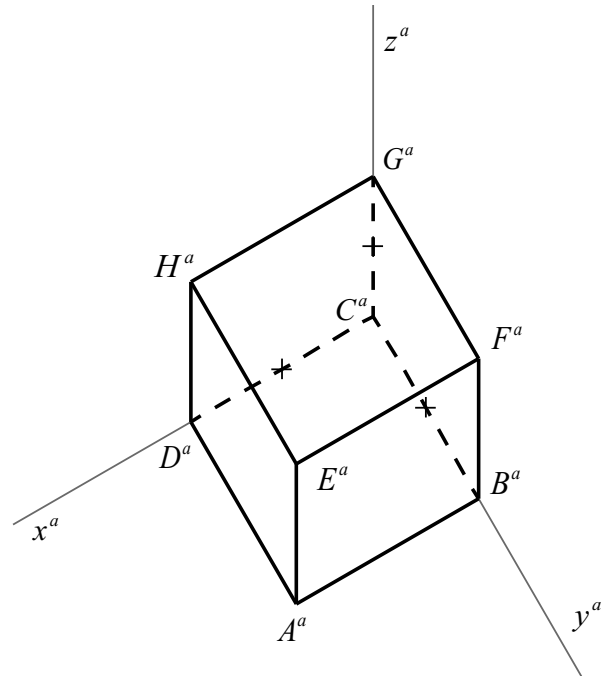


Obr. 2.15 – zadání planometrie, 2.způsob

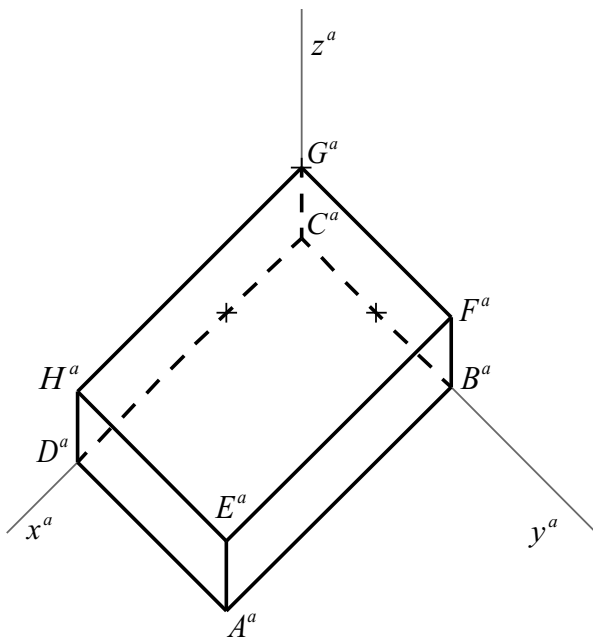
Postup zobrazení elementárních těles je stejný jako v předchozí kapitole, je potřeba si dát pozor při vynášení délek na osu z^a , která se oproti osám x^a a y^a zkracuje. Průmět krychle je na obr. 2.16 a 2.17. Průmět kvádru je na obr. 2.18 a 2.19. Průmět čtyřbokého hranolu na obr. 2.20 a obr. 2.21. Na tomto příkladu můžeme vidět značný rozdíl v názornosti průmětů. Zatímco průmět na obr. 2.20 má stejné nevýhody jako průmět ve vojenské perspektivě na obr. 2.10, průmět na obr. 2.15 je názornější, jelikož žádné hrany v průmětu nesplývají. Přesto však průmět jehlanu není takový, jaký bychom črtali na papír. Průmětem podstavy je čtverec, ale délka hrany A^aV^a je značně větší, než velikost hrany C^aV^a . Průmět rotačních těles je na obr. 2.22, obr. 2.23, obr. 2.24 a obr. 2.25. Průmět koule je na obr. 2.26 a 2.27.



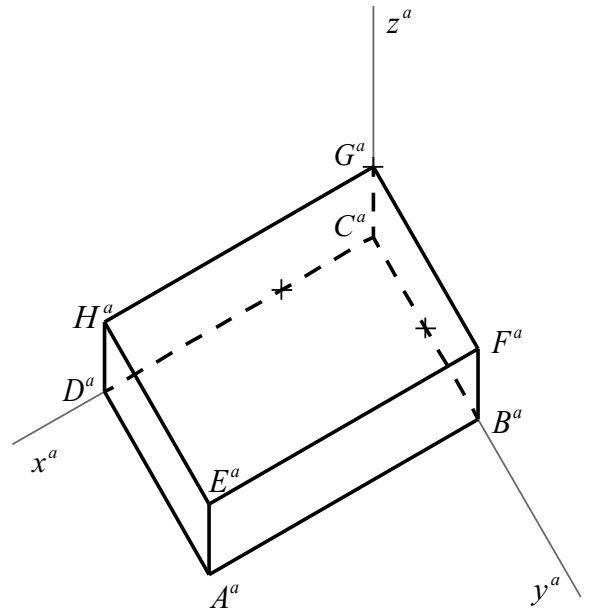
Obr. 2.16 – obraz krychle v planometrii
(1.způsob zadání)



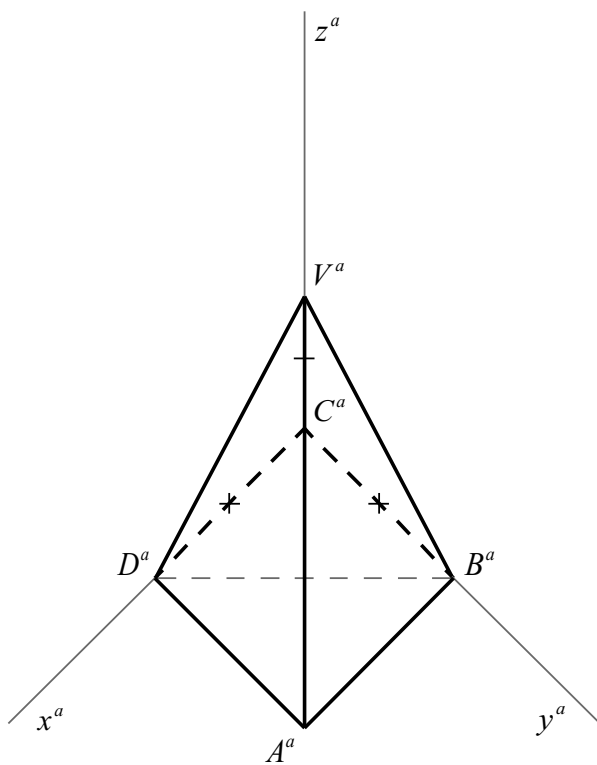
Obr. 2.17 – obraz krychle v planometrii
(2.způsob zadání)



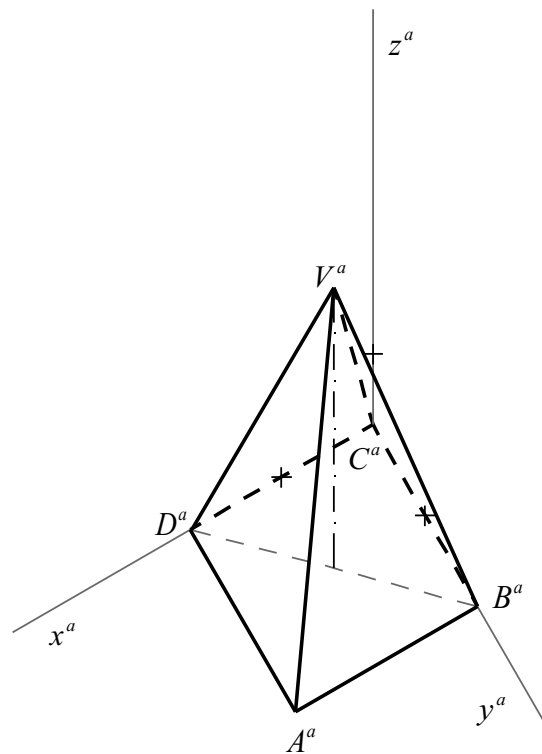
Obr. 2.18 – obraz kvádru v planometrii
(1.způsob zadání)



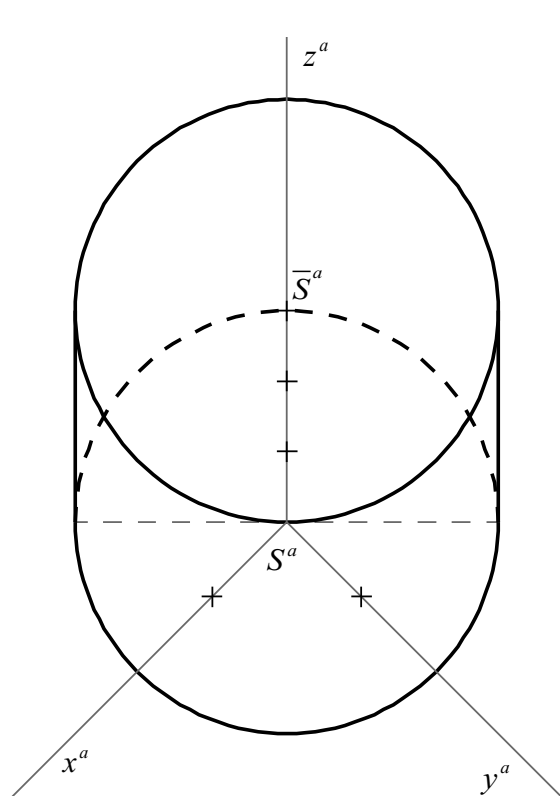
Obr. 2.19 – obraz kvádru v planometrii
(2.způsob zadání)



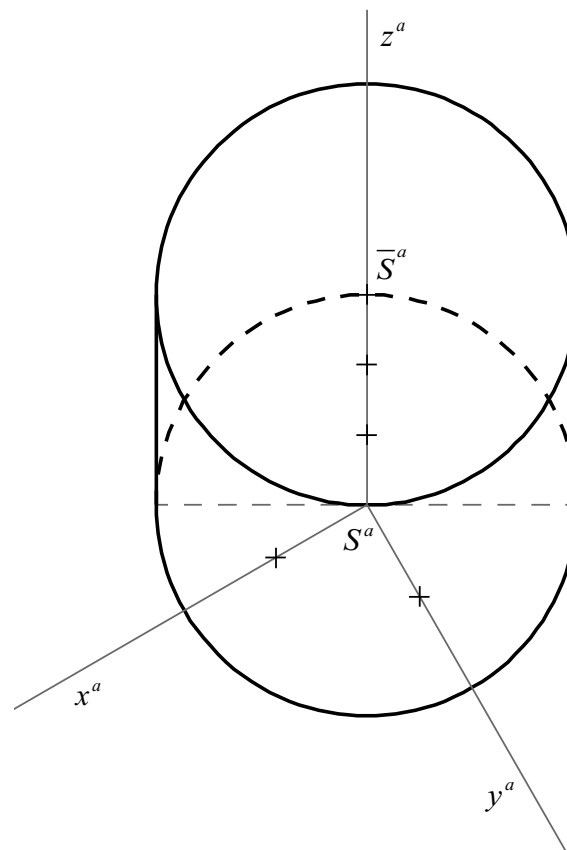
Obr. 2.20 – obraz čtyřbokého hranolu v planimetrii (1.způsob zadání)



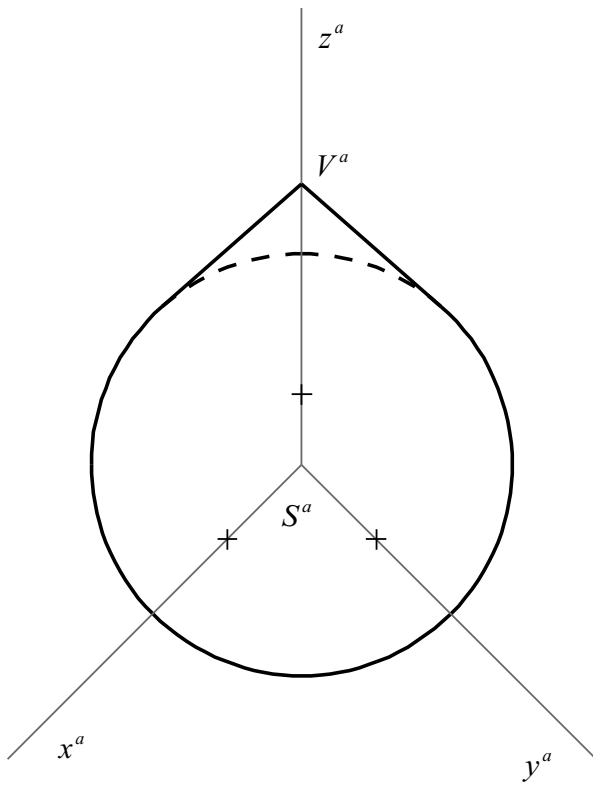
Obr. 2.21 – obraz čtyřbokého hranolu v planimetrii (2.způsob zadání)



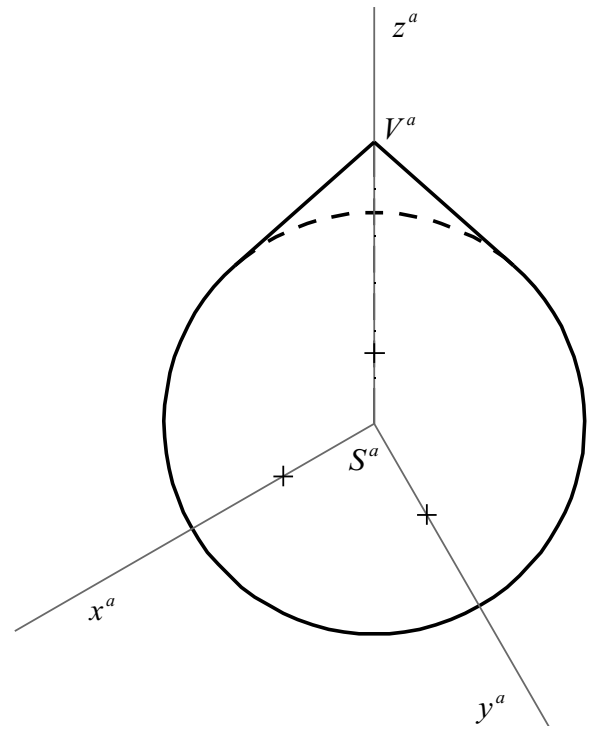
Obr. 2.22 – obraz válce v planimetrii (1.způsob zadání)



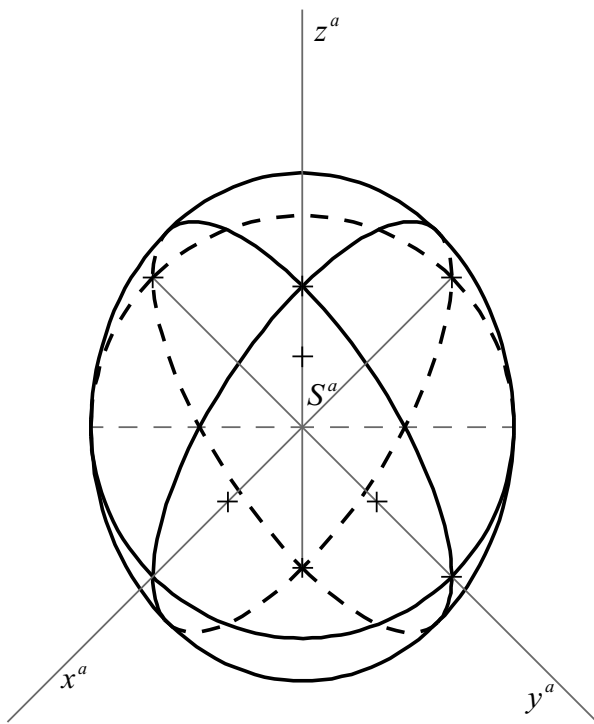
Obr. 2.23 – obraz válce v planimetrii (2.způsob zadání)



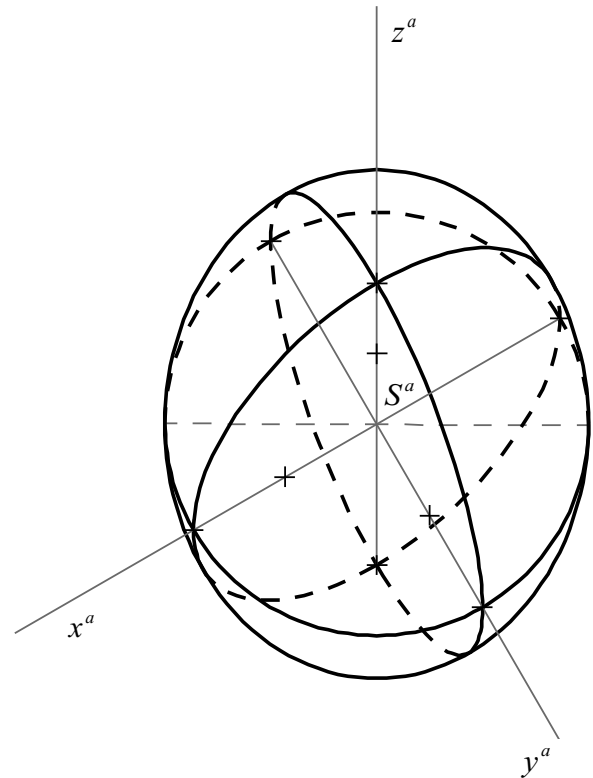
Obr. 2.24 – obraz kužele v planometrii
(1.způsob zadání)



Obr. 2.25– obraz kužele v planometrii
(2.způsob zadání)



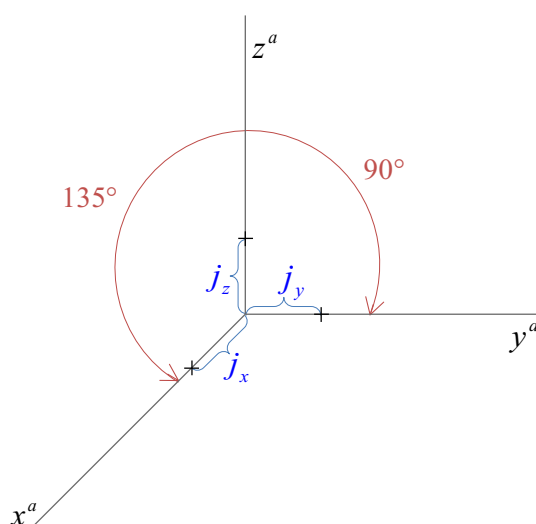
Obr. 2.26 – obraz koule v planometrii
(1.způsob zadání)



Obr. 2.27 – obraz koule v planometrii
(2.způsob zadání)

2.4 Kavalírní perspektiva

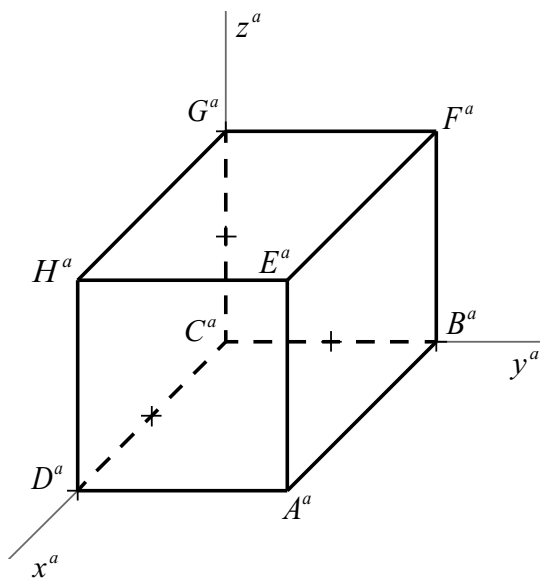
Ve vojenské perspektivě svíraly osy x^a a y^a úhel o velikosti 90° . V kavalírní perspektivě budou tento úhel svírat souřadnicové osy y^a a z^a , které určují bokorysnu. Objekty nacházející se v bokorysně, nebo v rovinách s ní rovnoběžných, se budou promítat nezkresleně. V [1] se kavalírní perspektiva uvádí s úhly $\alpha = 45^\circ$, $\beta = 0^\circ$ a $j_x = j_y = j_z = j$. Jednotky na axonometrických osách jsou v poměru 1:1:1. Takto zadané kavalírní axonometrie se budeme držet také. Takto zadanou kavalírní perspektivu můžeme vidět na obr. 2.32.



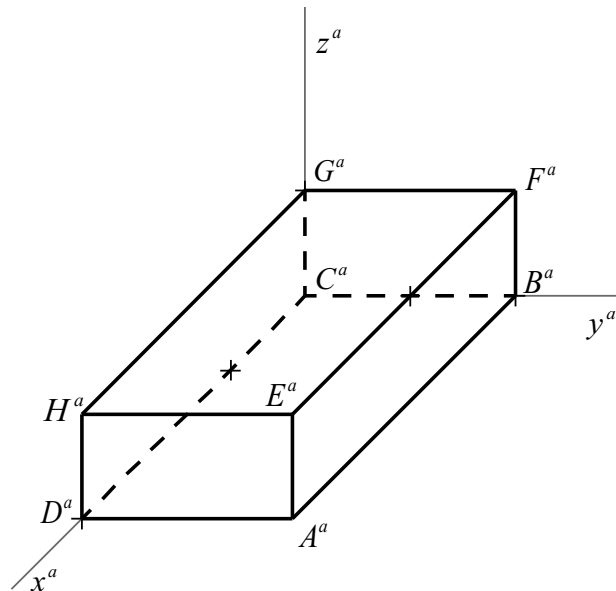
Obr. 2.28 – zadání kavalírní perspektivy

2.4.1 Zobrazení krychle a kvádrů v kavalírní perspektivě

Máme-li zadanou kavalírní perspektivu, můžeme si sestrojiti body na souřadnicových osách B^a , C^a , D^a a G^a . Zadní stěna krychle $B^a C^a F^a G^a$ leží v bokorysně, ve které se stěna promítne nezkresleně. Stejně se zobrazí přední stěna $A^a D^a E^a H^a$. Zbylé hrany krychle jsou rovnoběžné s osou x^a , doděláme je tedy pomocí rovnoběžnosti, obr. 2.29. Průmět kvádrů sestrojíme stejným postupem, akorát je potřeba si dát pozor na délky hran, které budeme nanášet, obr. 2.30.



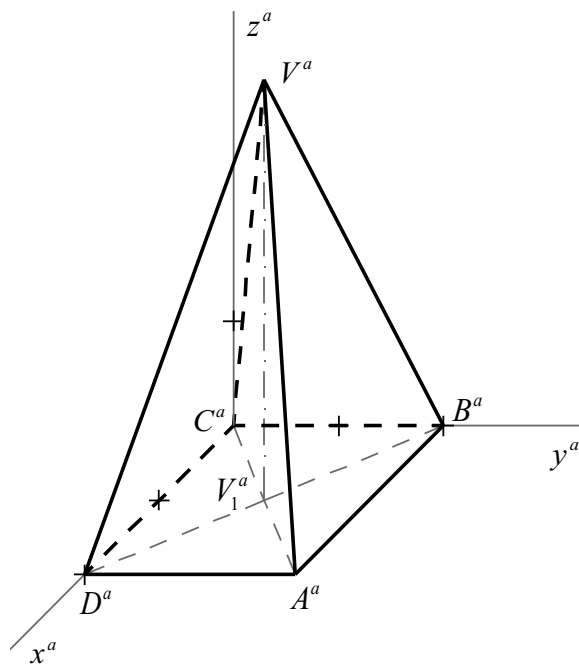
Obr. 2.29 – obraz krychle v kavalírní perspektivě



Obr. 2.30 – obraz kvádru v kavalírní perspektivě

2.4.2 Zobrazení čtyřbokého hranolu v kavalírní perspektivě

Sestrojíme si podstavu hranolu $A^a B^a C^a D^a$. Bod C^a leží v počátku soustavy souřadnic, body B^a , D^a leží na souřadnicových osách x^a , y^a . Sestrojíme bod V_1^a , který je průsečíkem uhlopříček podstavy jehlanu. Tento bod je také pravouhlým průmětem vrcholu jehlanu V do roviny podstavy. Bodem V_1^a sestrojíme rovnoběžku s osou z^a . Na rovnoběžku pak nanese výšku jehlanu a získáme průmět vrcholu V^a . Průmět čtyřbokého jehlanu můžeme vidět na obr. 2.31. Na rozdíl od vojenské perspektivy je průmět jehlanu v kavalírní perspektivě názornější a přehlednější, jelikož žádné průměty hran nesplývají.

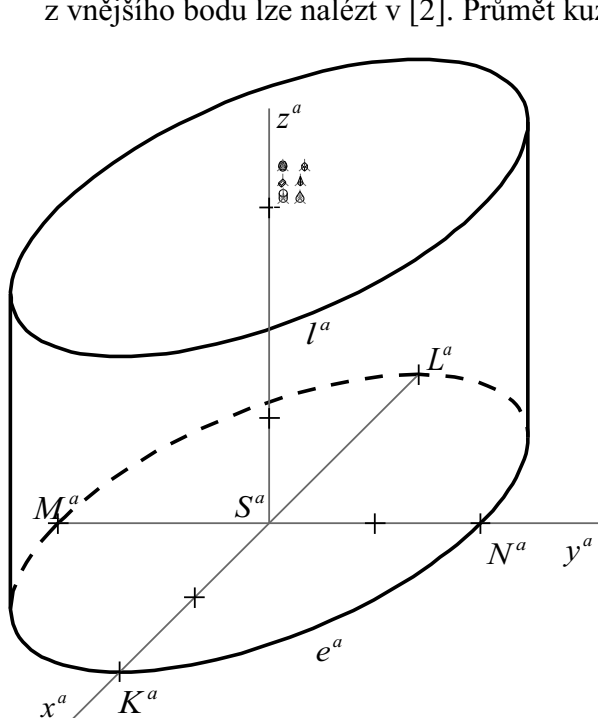


Obr. 2.31 – obraz čtyřbokého jehlanu v kavalírní perspektivě

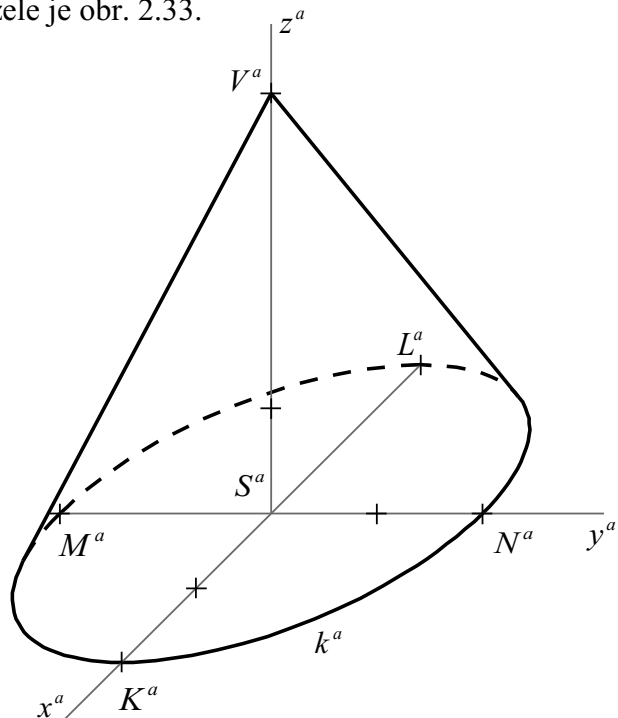
2.4.3 Zobrazení rotačního válce a kužele v kavalírní perspektivě

Stejně jako v předchozích případech sestrojíme nejdříve obrazy podstav těles. Dolní podstava válce se nachází v půdorysně a horní podstava v rovině s ní rovnoběžné. Obrazem podstav budou shodné elipsy. Počátek soustavy souřadnic je středem S^a dolní podstavy válce, tj. $S^a = O^a$. Na souřadnicových osách nalezneme body K^a , L^a , M^a a N^a . Tyto body nanášíme na souřadnicové osy x^a a y^a , přičemž platí vztah $|K^a O^a| = |L^a O^a| = |M^a O^a| = |N^a O^a| = r$, kde r je poloměr podstavy. Body K^a , L^a , M^a a N^a tvoří krajní body sdružených průměrů elipsy. Elipsu e^a dokončíme pomocí Rytzovy konstrukce. Průmět středu horní podstavy \bar{S}^a nalezneme na ose z^a , $|S^a \bar{S}^a| = v$, kde v je výška tělesa. Obraz horní podstavy l^a sestrojíme stejným postupem jako obraz dolní podstavy. Nakonec nalezneme tečny k elipsám e^a , l^a rovnoběžné s osou z^a . Postup konstrukce tečen k elipse rovnoběžné s daným směrem lze nalézt na [6]. Průmět rotačního válce je zobrazen na obr. 2.32.

Obraz podstavy rotačního kužele k^a sestrojíme stejným způsobem jako obraz dolní podstavy válce e^a . Vrchol V^a nalezneme na ose z^a ve vzdálenosti výšky v od bodu S^a . Z vrcholu V^a sestrojíme tečny k elipse e^a . Konstrukci tečny k elipse z vnějšího bodu lze nalézt v [2]. Průmět kužele je obr. 2.33.



Obr. 2.32 – obraz rotačního válce v kavalírní perspektivě

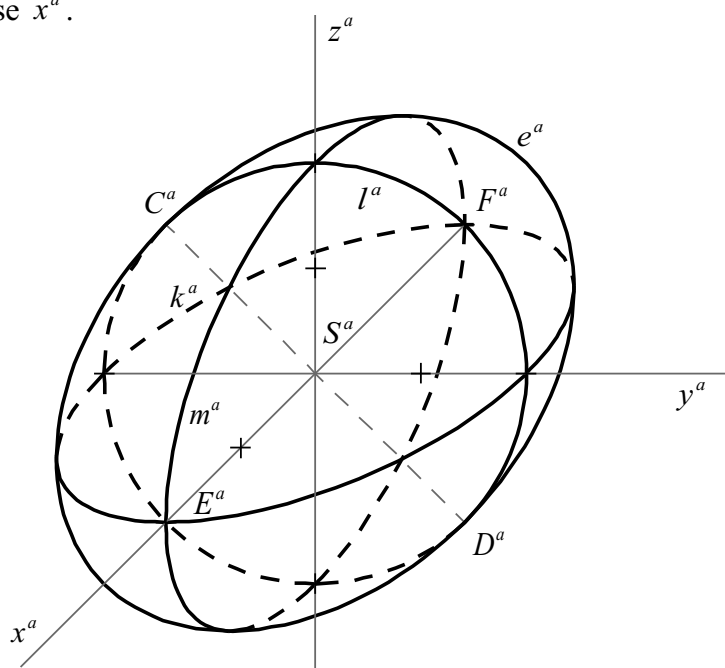


Obr. 2.33 – obraz rotačního kužele v kavalírní perspektivě

Zobrazení rotačního válce a rotačního kužele s podstavou v půdorysně bylo jednodušší ve vojenské perspektivě a planometrii. V případě, že by podstava ležela v bokorysně, nebo v rovinách s ní rovnoběžných, byla by kavalírní perspektiva vhodnou volbou pro promítání takto umístěného tělesa.

2.4.4 Zobrazení koule v kavalírní perspektivě

Při zobrazení koule sestrojíme řezy souřadnicovými rovinami, jelikož průmět středu koule S^a leží v počátku soustavy souřadnic O^a . Řezem koule půdorysnou je kruh $k(S, r=2j)$, řezem koule nárysnou je kruh $m(S, r=2j)$ a bokorysnou je kruh $l(S, r=2j)$. Jako v předchozích kapitolách budeme zobrazovat pouze hranice kruhů, tedy kružnice a sestrojíme jejich průměty k^a , l^a a m^a . Průměty k^a a m^a jsou elipsy sestrojené pomocí Rytzovy konstrukce, na základě sdružených průmětů jako v kapitole 2.2.4. Průmět l^a je kružnice s poloměrem $2j$. Tento řez se promítnul nezkresleně. Obrysem koule je elipsa e^a , jejíž ohniska E^a , F^a leží na souřadnicových osách x^a , y^a . Body E^a , F^a jsou také průsečíky elips k^a , l^a a m^a tvořících průměty hranic kruhů k , l a m . Vedlejší vrcholy elipsy tvoří body C^a , D^a . Body C^a , D^a na obr. 2.34 jsou průsečíky kružnice k^a a přímky kolmé k souřadnicové ose x^a .



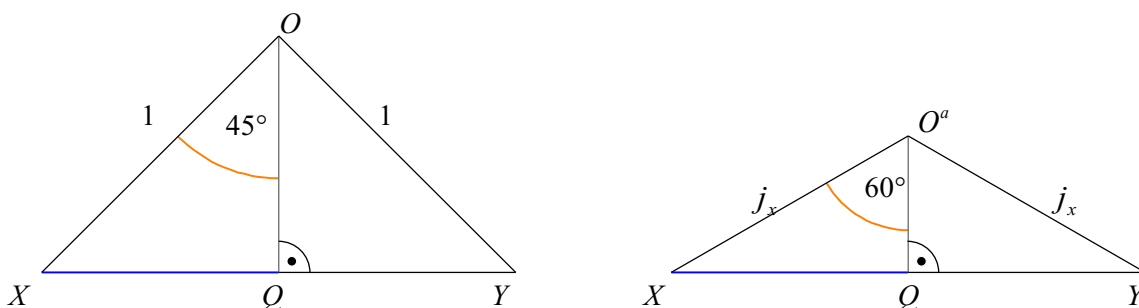
Obr. 2.34 – obraz koule v kavalírní perspektivě

2.5 Technická izometrie

Švercl v [3] definuje pravoúhlou izometrii jako pravoúhlé axonometrické zobrazení, při němž svírají souřadnicové osy úhel 120° a poměr $j_x : j_y : j_z = 1:1:1$. Průmětna svírá se souřadnicovými osami stejný úhel.

Odvození axonometrických jednotek

Pro odvození délek se vrátíme k obr. 1.13 a podíváme se na trojúhelníky $\triangle XYO$ a $\triangle XYO^a$, které jsou překresleny z prostorové situace do roviny na obr. 2.40. Trojúhelníky mají společnou stranu XY . Při promítání se promítne $\triangle XYO$ do $\triangle XYO^a$. Proto si zavedeme délky $|OX|=|OY|=1$ a $|O^aX|=|O^aY|=j_x$. Dále známe velikosti úhlů $|\sphericalangle XOY|=90^\circ$ a $|\sphericalangle XO^aY|=120^\circ$. Sestrojíme si výšky těchto trojúhelníků, jak je na obr. 2.35, paty výšek označme Q .



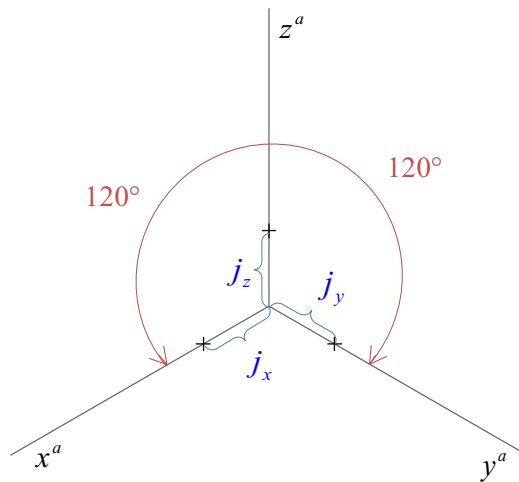
Obr. 2.35 – odvození jednotek v technické izometrii

Z pravoúhlých trojúhelníků $\triangle XYO^a$ a $\triangle XYO$ získáváme vztahy:

$$\begin{aligned} \triangle XYO^a \quad \sin 60^\circ &= \frac{|XQ|}{j_x} \Rightarrow j_x \cdot \sin 60^\circ = |XQ| \Rightarrow j_x = \frac{|XQ|}{\sin 60^\circ} \\ \triangle XYO \quad \sin 45^\circ &= \frac{|XQ|}{1} = |XQ| \text{ a dosadíme do vztahu } j_x = \frac{|XQ|}{\sin 60^\circ} \end{aligned}$$

$$j_x = j_y = j_z = \frac{|XQ|}{\sin 60^\circ} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 60^\circ} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \sqrt{\frac{2}{3}}$$

Délky jednotek jsou $j_x = j_y = j_z = \sqrt{\frac{2}{3}}$. V technické praxi se nanáší jednotky $j_x = j_y = j_z = 1$, jak uvádí [3]. Při nanesení těchto jednotek však získáváme průměty, které jsou zvětšené, odpovídají $\sqrt{\frac{3}{2}}$ -krát zvětšenému, to znamená cca. 1,23-krát zvětšenému. Zvětšené promítání budeme nazývat technická pravoúhlá izometrie a takto zvětšené promítání budeme používat i při promítání zadaných těles. Zadání tohoto promítání je na obr. 2.36.

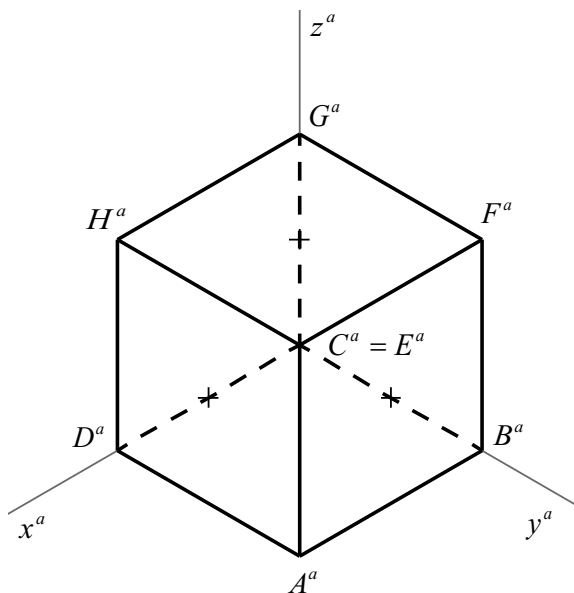


Obr. 2.36 – zadání technické izometrie

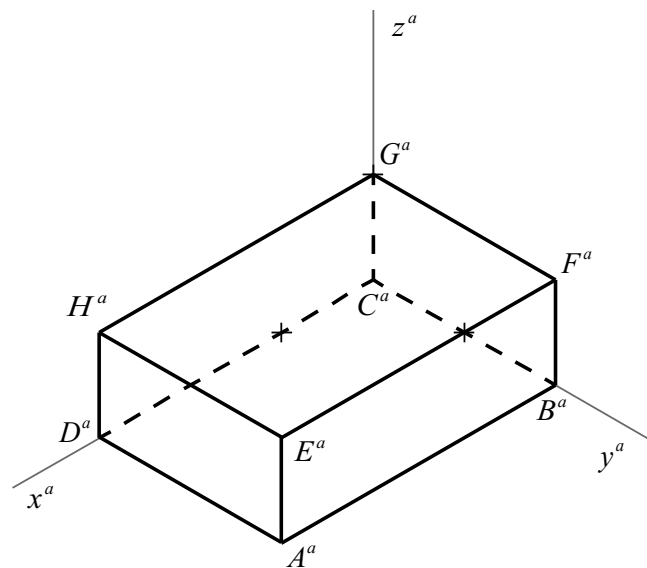
2.5.1 Zobrazení krychle a kvádrů v technické izometrii

Postupujeme stejně jako v předchozích promítáních – sestrojíme si vrcholy ležící na souřadnicových osách B^a , C^a , D^a a G^a . Máme tři hrany krychle, z nichž žádná dvojice neleží ve stejné stěně. Na základě rovnoběžnosti sestrojíme zbylé vrcholy a hrany, jak je na obr. 2.37. Průmět vrcholu C^a splývá s průmětem E^a , tělesová uhlopříčka C^aE^a se zobrazí jako bod. Budeme-li chtít pracovat s tělesovými uhlopříčkami v krychli, technická izometrie nebude vhodným promítáním.

Při zobrazení kvádrů postupujeme stejně, na souřadnicové osy nanášíme úsečky o délce hran kvádrů, jak je na obr. 2.38. Narozdíl od krychle není s tělesovými uhlopříčkami kvádrů problém splývajících hran.



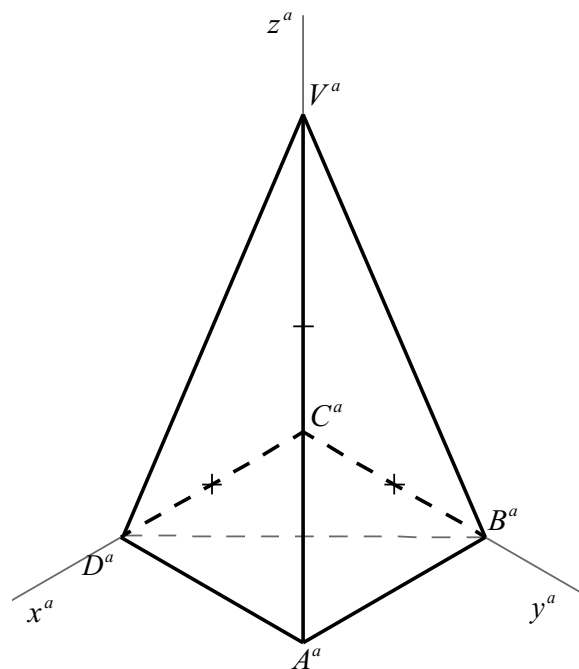
Obr. 2.37 – obraz krychle v technické izometrii



Obr. 2.38 – obraz kvádru v technické izometrii

2.5.2 Zobrazení čtyřbokého jehlanu v technické izometrii

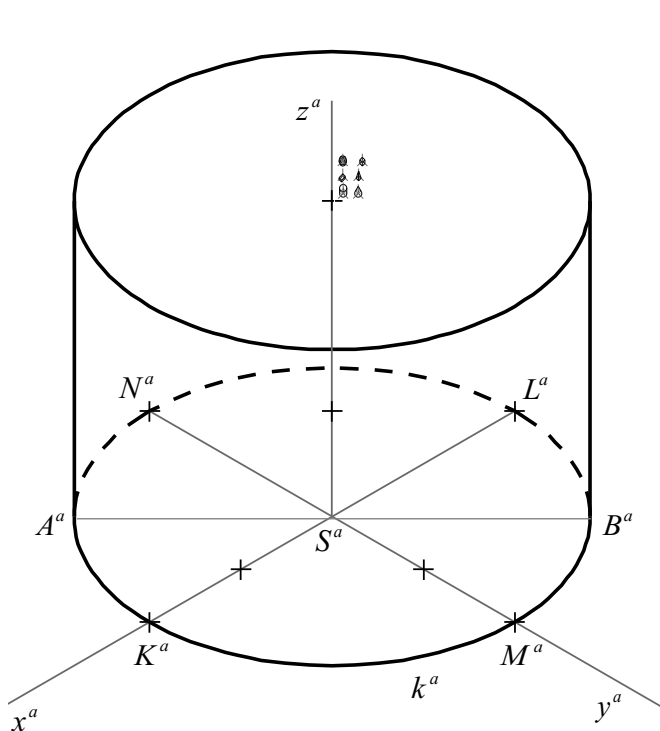
Nejdříve sestrojíme podstavu jehlanu $A^a B^a C^a D^a$ a průsečík uhlopříček V_1^a . Bodem sestrojíme rovnoběžku s osou z^a a nanese výšku jehlanu a získáme průmět vrcholu V^a . Při pohledu na průmět jehlanu na obr. 2.39 si opět můžeme všimnout nevhodnosti promítání pro zobrazení čtyřbokého jehlanu v naší zvolené základní poloze, jelikož průměty hran $A^a V^a$ a $C^a V^a$ zčásti splývají.



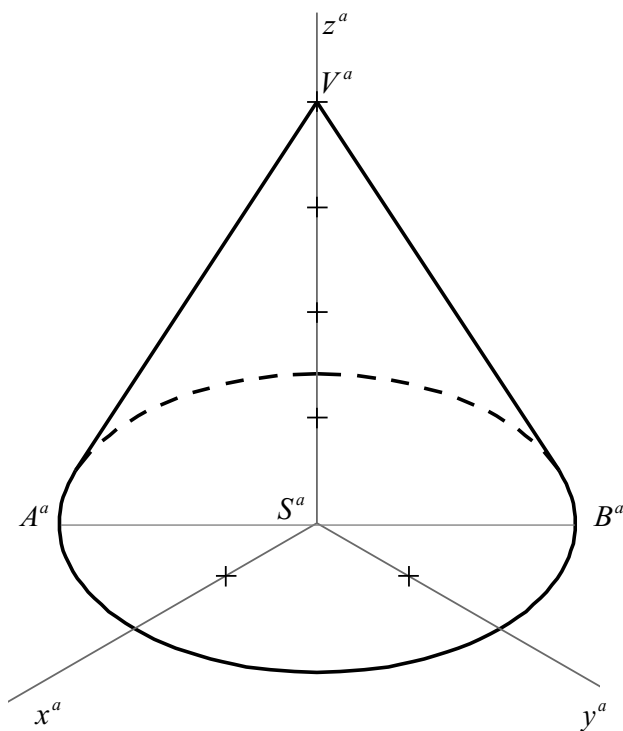
Obr. 2.39 – obraz čtyřbokého hranolu v technické izometrii

2.5.3 Zobrazení rotačního válce a kužele v technické izometrii

Začneme konstrukcí podstavy. Podstava leží v půdorysně. Průmětem hranice kruhu je elipsa k^a . Nalezneme body K^a, L^a, M^a, N^a na osách x^a a y^a . Body tvoří sdružené průměry elipsy, kterou můžeme sestrojít opět pomocí Rytzovy konstrukce. V případě, že bychom pracovali v pravouhlé izometrii, tak bychom kromě sdružených průměrů mohli sestrojít průměr A^aB^a . Velikost tohoto průměru by byla rovna dvojnásobku poloměru kruhu tvořícího podstavu válce. Průměr A^aB^a by byl také hlavní osou elipsy k^a . Tento průměr se promítne nezkráceně, jelikož leží na přímce rovnoběžné s axonometrickou průmětnou. V případě konstrukce průměru A^aB^a a libovolného dalšího bodu ležícího na elipse, můžeme využít proužkovou konstrukci elipsy. Stejným způsobem sestrojíme elipsu, která je průmětem horní podstavy válce. Je nutné si však připomenout, že pracujeme v technické pravouhlé izometrii a poloměr kruhu by bylo nutné vynásobit odmocninou podílu $\sqrt{\frac{3}{2}}$. Tečny k elipsám v tomto případě prochází přímo hlavními vrcholy elipsy, jak je na obr. 2.40. Podstavu rotačního kužele sestrojíme stejným způsobem jako u válce. Z průmětu vrcholu V^a vedeme tečny k průmětu podstavy, jak je možné vidět na obr. 2.41.



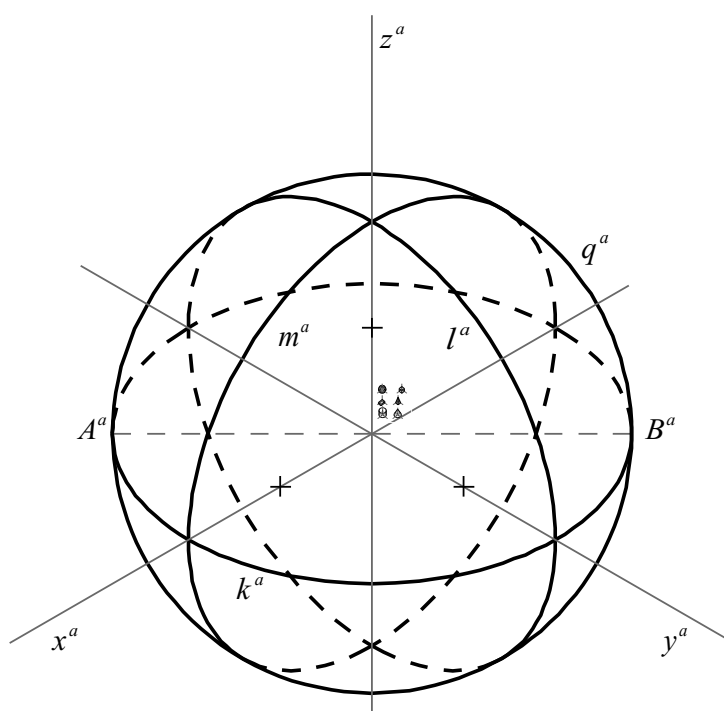
Obr. 2.40 – obraz rotačního válce
v technické izometrii



Obr. 2.41 – obraz rotačního kužele
v technické izometrii

2.5.4 Zobrazení koule v technické izometrii

Nejdříve sestrojíme řezy souřadnicovými rovinami. Řez půdorysnou sestrojíme stejně jako podstavu rotačního válce a kužele v předchozí podkapitole. Řezem nárysnou a bokorysnou je kruh, jehož průmětem je elipsa m^a a l^a . Elipsy sestrojíme pomocí sdružených průměrů jako v předchozích případech zobrazování koule. Obrysem koule je kruh q^a . Technická izometrie je ukázkou promítací metody vhodné pro zobrazení koule. Většina žáků, kteří mají za úkol načrtnout kouli, jako obrys volí kružnici, stejně jako na obr. 2.42.

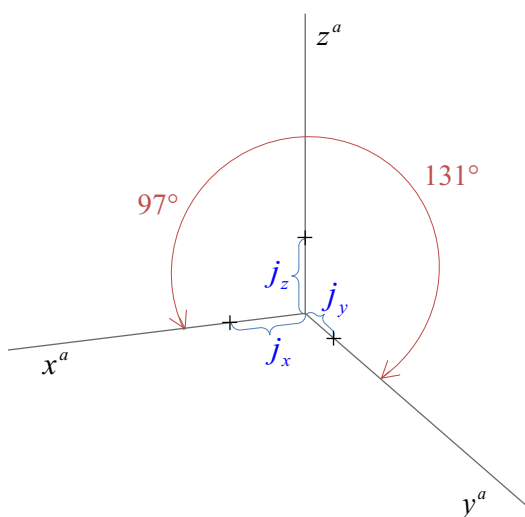


Obr. 2.42 – obraz koule v technické izometrii

2.6 Technická dimetrie

V dimetrii jsou jednotky v poměru: $j_x : j_y : j_z = 1 : k : 1, k \in \mathbb{R}$. Zvolme speciálně $k = \frac{1}{2}$. Pro jednotky j_x, j_y, j_z platí vztah $j_x^2 : j_y^2 : j_z^2 = 2$, důkaz tohoto vztahu lze najít v [8]. Poměr zkrácení u dimetrie pro osy x^a, z^a je $\frac{2\sqrt{2}}{3}$ a pro osu y^a je $\frac{\sqrt{2}}{3}$. Souřadnicové osy x^a a y^a, y^a a z^a svírají úhel $131^\circ 25'$ a souřadnicové osy svírají úhel $97^\circ 11'$, jak se uvádí v [8].

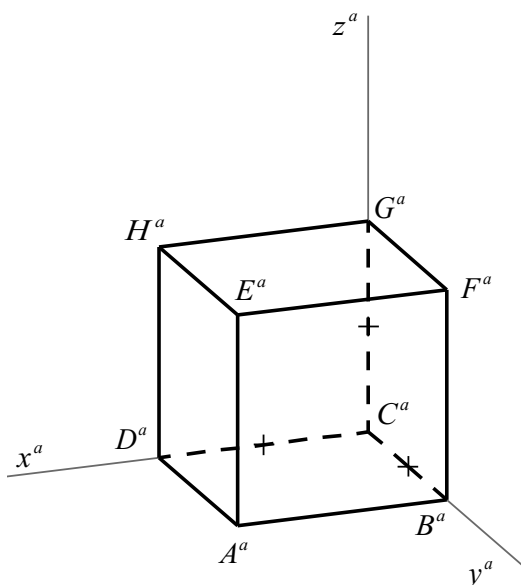
Jelikož se jedná se úhly, jejichž konstrukce není jednoduchá, v praxi se používá tzv. technická dimetrie, ve které svírají souřadnicové osy x^a a y^a úhel 132° a souřadnicové osy x^a a z^a svírají úhel 97° . Souřadnicové osy y^a a z^a tedy svírají úhel o velikosti 131° . Jak se ovšem uvádí v [8], obdobně jako v technické isometrii konstruujeme objekt, který je $\frac{3\sqrt{2}}{4}$ -krát větší. Ukázka zadání technické dimetrie je na obr. 2.43. Tato zjednodušená dimetrie se nazývá technická dimetrie. V [3] je dimetrie popsána jako promítání, které využíváme tehdy, je-li čelní pohled na předmět zvláště důležitý.



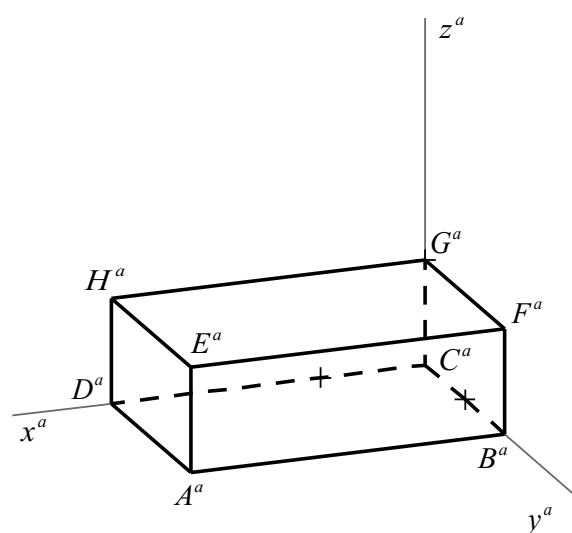
Obr. 2.43 – zadání technické dimetrie

2.6.1 Zobrazení krychle a kváдру v technické dimetrii

V případě konstrukce průmětu krychle a kváдру využíváme postup, který jsme použili v předchozích kapitolách. Sestrojíme body ležící na souřadnicových osách x^a , y^a a z^a . Na základě vlastností elementárních těles, zejména rovnoběžnosti, sestrojíme průměty zbylých hran, jak je sestrojeno na obr. 2.44 a obr. 2.45. Je možné si všimnout, že se jedná opravdu o názorné průměty. Průměty těchto těles lze využít například do návodů pro zmontování nábytku, jejíž základní kostru tvoří kvádr.



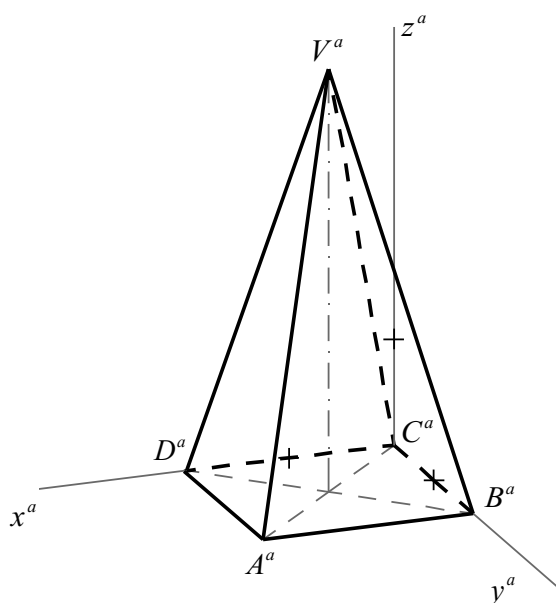
Obr. 2.44 – obraz krychle v technické dimetrii



Obr. 2.45 – obraz kváдру v technické dimetrii

2.6.2 Zobrazení čtyřbokého hranolu v technické dimetrii

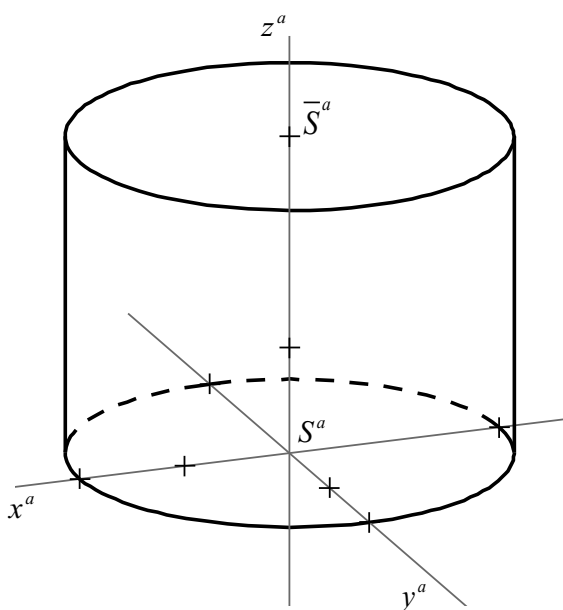
Jelikož je postup řešení úlohy opět totožný s postupy uplatněnými v předchozích kapitolách, podívejme se rovnou na průmět tohoto tělesa. Při pohledu na obraz čtyřbokého jehlanu, na obr. 2.46 v námi zvolené poloze, je technická dimetrie příkladem dalšího vhodného promítání pro toto elementární těleso. Žádné z průmětů hran nesplývají, průmět je vhodný pro pomocný náčrt při řešení jednoduchých stereometrických úloh.



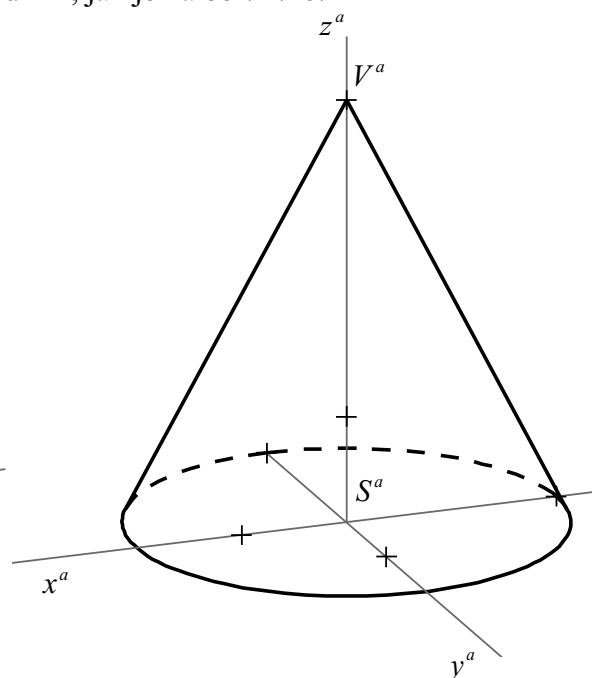
Obr. 2.46 – obraz čtyřbokého hranolu v technické dimetrii

2.5.3 Zobrazení rotačního válce a kužele v technické dimetrii

Souřadnicové osy x^a , y^a nesvírají úhel 90° a jednotky na těchto osách nejsou v poměru 1:1, průmětem hranice kruhu tvořícího podstavu těles bude elipsa. Elipsu sestrojíme pomocí sdružených průměrů a Rytzovy konstrukce. Následně sestrojíme v případě rotačního válce tečny rovnoběžné s osou z^a , jak lze vidět na obr. 2.47, a v případě rotačního kužele tečny z vrcholu V^a , jak je na obr. 2.48.



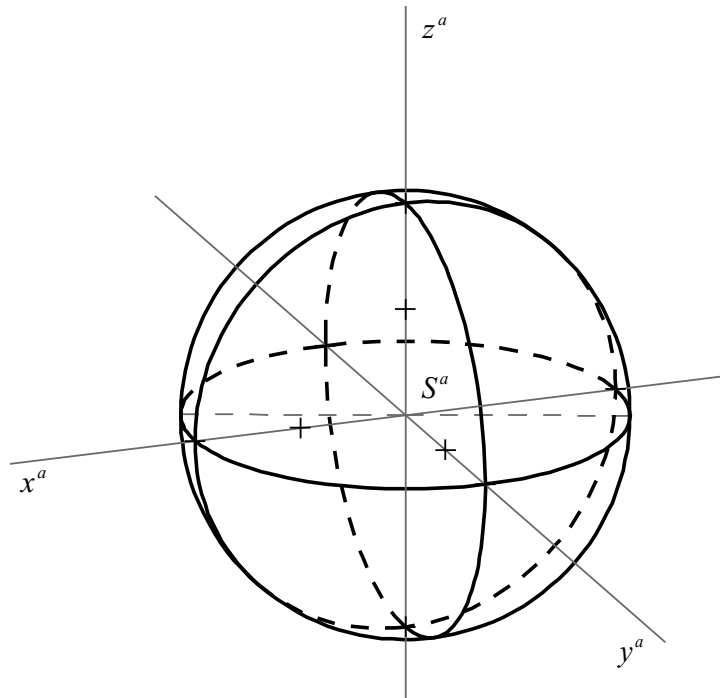
Obr. 2.47 – obraz rotačního válce v technické dimetrii



Obr. 2.48 – obraz rotačního kužele v technické dimetrii

2.5.3 Zobrazení koule v technické dimetrii

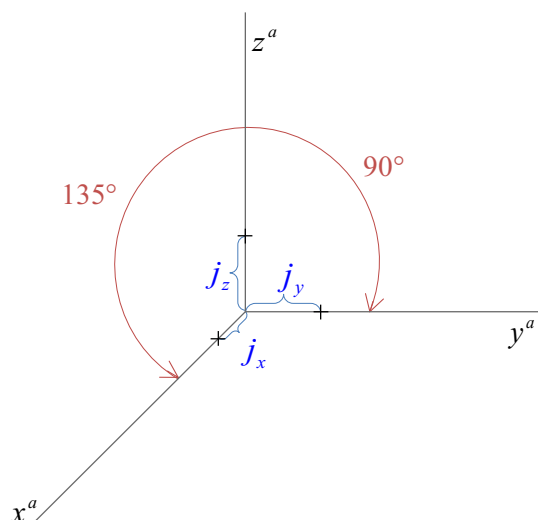
Princip a postup řešení této úlohy začíná jako v předchozích kapitolách sestrojením řezů souřadnicovými rovinami. Průměte koule je kruh, přičemž budeme zobrazovat pouze jeho hranici, jak je ukázáno na obr. 2.49.



Obr. 2.49 – obraz koule v technické dimetrii

2.7 Kabinetní axonometrie

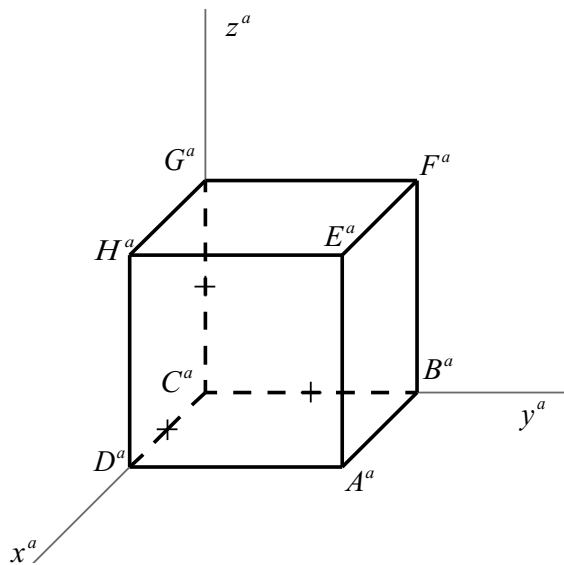
Podle ČSN 01 3123 se kabinetní axonometrie také označuje názvem kosoúhlá dimetrie. Podle označení dimetrie lze očekávat poměry jednotek na axonometrických osách $\frac{1}{2}:1:1$. Souřadnicové osy x^a a y^a svírají úhel 135° , jak se uvádí v [3] a souřadnicové osy y^a a z^a svírají pravý úhel. Proto se budou objekty ležící v bokorysně a v rovinách s ní rovnoběžných promítat nezkresleně. Zadání kabinetní axonometrie je na obr. 2.50.



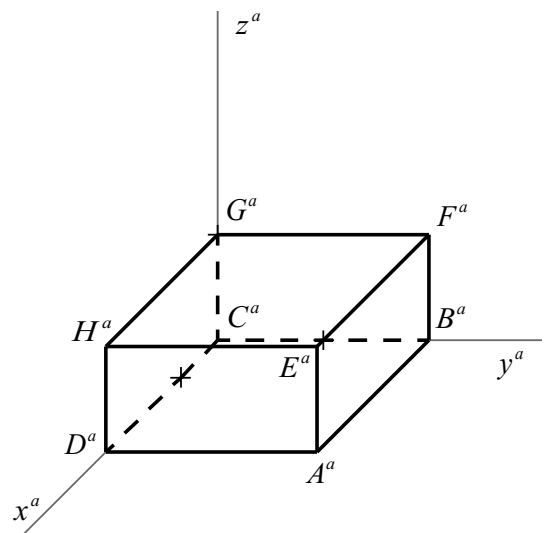
Obr. 2.50 – zadání kabinetní axonometrie

2.7.1 Zobrazení krychle a kvádrů v kabinetní axonometrii

Postupujeme stejně jako v předchozích promítáních, nejdříve zobrazíme body ležící na souřadnicových osách a následně pomocí rovnoběžnosti zkonstruujeme zbylé hrany tělesa. Průmět krychle je na obr. 2.51 a obraz kvádrů na obr. 2.52. Kdybychom si odmysleli souřadnicové osy, průměty těles vypadají stejně, jako bychom je zobrazili ve volném rovnoběžném promítání, jehož princip je popsán v [7]. Volné rovnoběžné promítání však není vzájemně jednoznačné zobrazení, nejedná se o zobrazovací metodu, ale o způsob promítání prostoru do roviny.



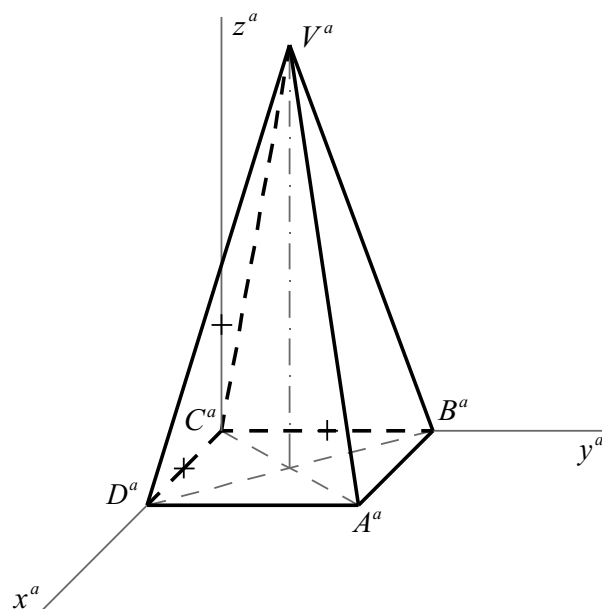
Obr. 2.51 – obraz krychle v kabinetní axonometrii



Obr. 2.52 – obraz kvádru v kabinetní axonometrii

2.7.2 Zobrazení čtyřbokého jehlanu v kabinetní axonometrii

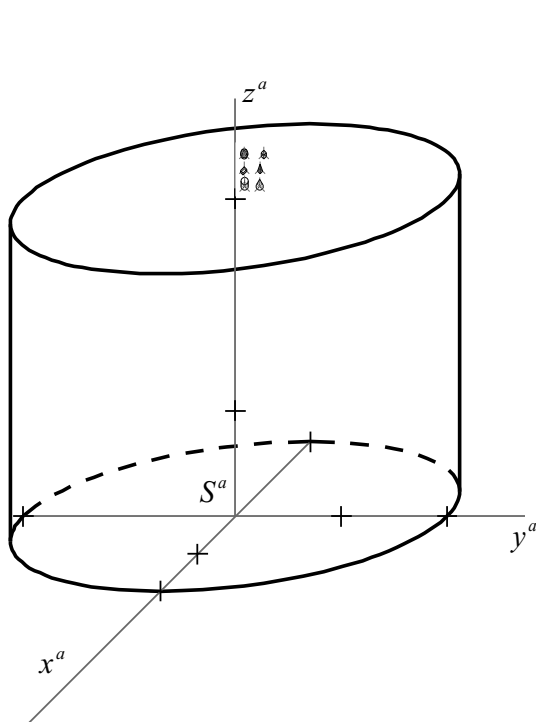
Postup konstrukce je stejný jako v předchozích kapitolách. Sestrojíme obraz podstavy $A^a B^a C^a D^a$, nalezneme střed podstavy a sestrojíme vrchol V^a . Tím máme sestrojený průmět čtyřbokého jehlanu na obr. 2.53.



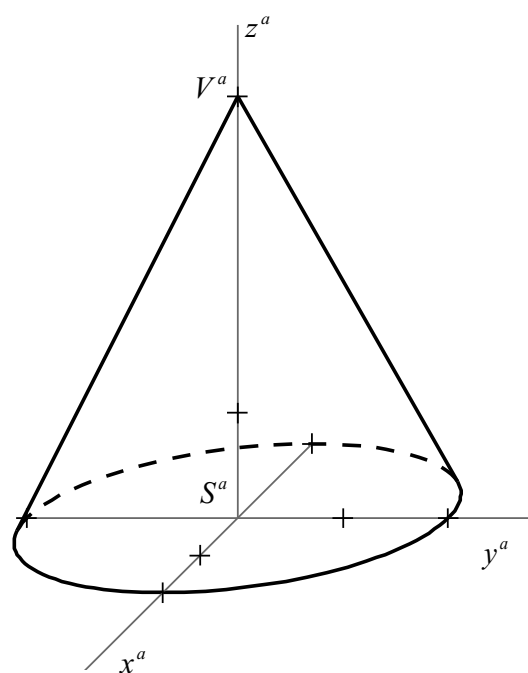
Obr. 2.53 – obraz krychle v kabinetní axonometrii

2.7.3 Zobrazení rotačního válce a kužele v kabinetní axonometrii

Postup konstrukce nalezneme v kapitole 2.4.3. V kavalírní perspektivě byly jednotky v poměru 1:1:1. Při konstrukci průmětů v kabinetní axonometrii je potřeba si dát pozor při nanášení délek na souřadnicovou osu x^a . Postup zůstává stejný – sestrojíme obraz dolní podstavy rotačního válce, naneseleme výšku a sestrojíme obraz horní podstavy, jak je možné vidět na obr. 2.54. U rotačního kužele sestrojíme průmět podstavy, nalezneme průmět vrcholu V^a , ze kterého sestrojíme tečny k elipse tvořící obraz podstavy, jak je ukázáno na obr. 2.55.



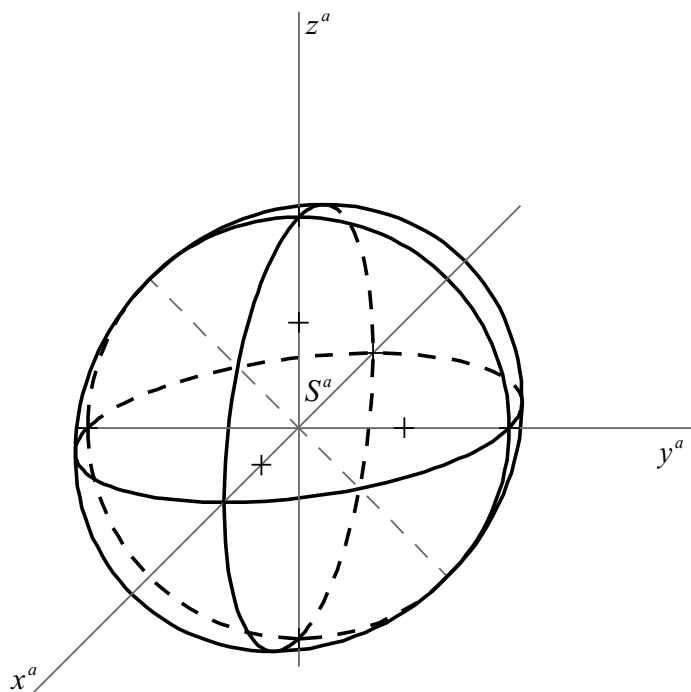
Obr. 2.54 – obraz rotačního válce v kabinetní axonometrii



Obr. 2.55 – obraz rotačního kužele v kabinetní axonometrii

2.7.4 Zobrazení koule v kabinetní axonometrii

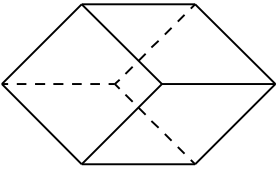
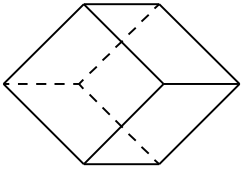
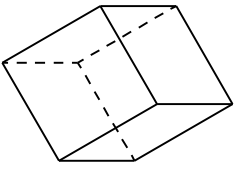
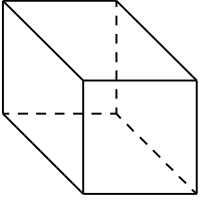
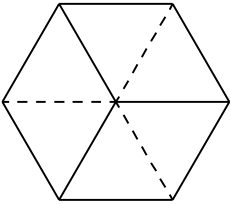
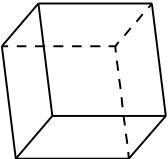
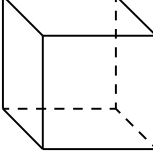
Princip řešení této úlohy je stejný, jako v kapitole 2.4.3. Uvádíme proto pouze řešení na obr. 2.56.



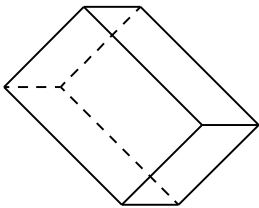
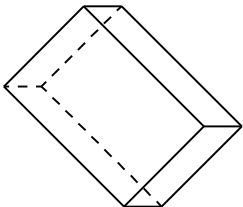
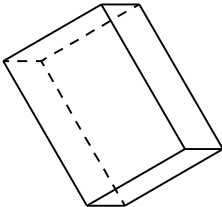
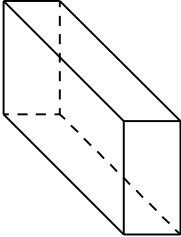
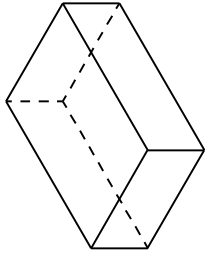
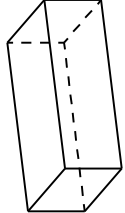
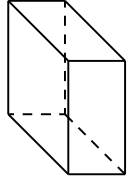
Obr. 2.56 – obraz koule v kabinetní axonometrii

V promítáních jsme pracovali s konkrétní volbou polohy elementárního tělesa v soustavě souřadnic. Zdůraznili jsme vhodnost i nevhodnost některých konkrétních typů axonometrií pro zobrazení daného elementárního tělesa. Je však nutné zdůraznit, že v každém z uvedených promítáních lze zvolit polohu zobrazovaného objektu tak, aby byl jeho průmět názorný.

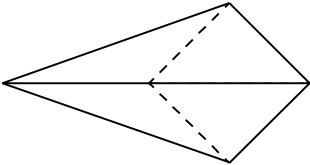
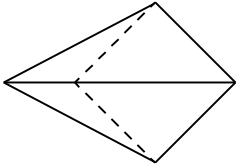
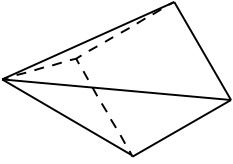
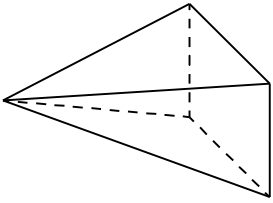
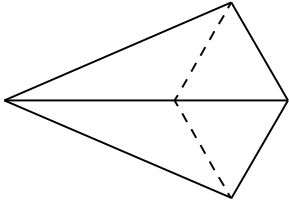
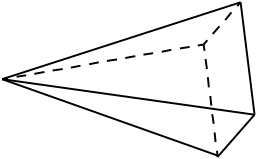
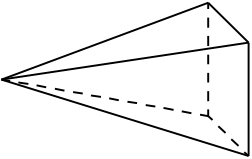
Tabulka 2.3 obsahuje údaje o tělesu v jednotkách j . V příkladech byla zvolena jednotka $j = 1 \text{ cm}$. Pro přehlednost obrázků jsou v práci využity obrázky větší. Nezvětšené průměty těles, jsou zobrazeny v přílohách 2.1 – 2.7. Na obr. 2.57 – 2.62 jsou zobrazeny jsou průměty každého z těles v jednotlivých axonometrických promítáních a v příloze 2.14 a na obr. 2.63 je přehled všech těles ve všech promítáních v jednom obrázku pro možnost porovnání.

Vojenská perspektiva		Planometrie, 1. způsob zadání		Planometrie, 2. způsob zadání		Kavalírní perspektiva	
Technická izometrie		Technická dimetrie		Kabinetní axonometrie			

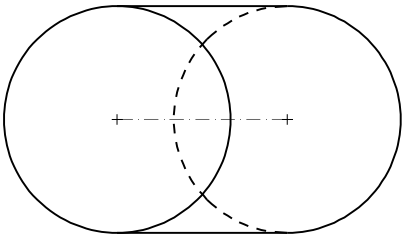
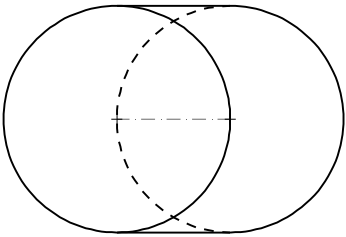
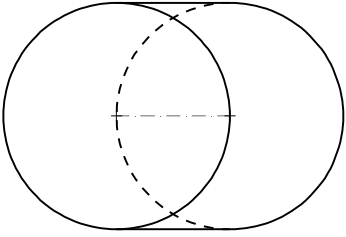
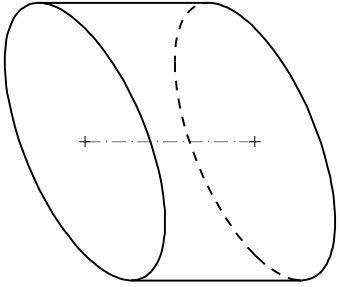
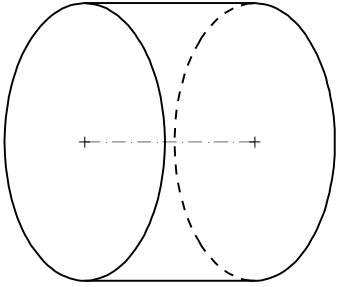
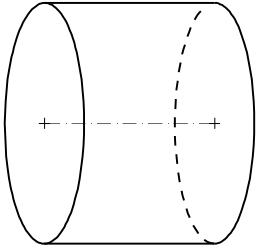
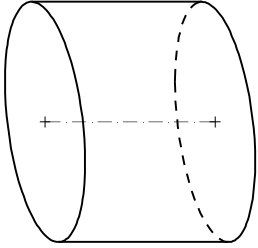
Obr. 2.57 – obraz krychle v axonometrických promítáních

Vojenská perspektiva		Planometrie, 1. způsob zadání		Planometrie, 2. způsob zadání		Kavalírní perspektiva	
Technická izometrie		Technická dimetrie		Kabinetní axonometrie			

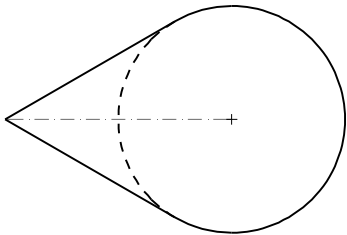
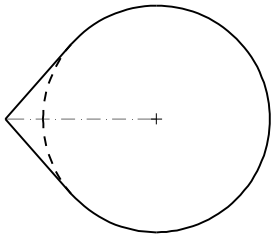
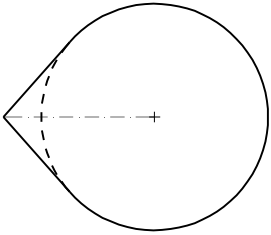
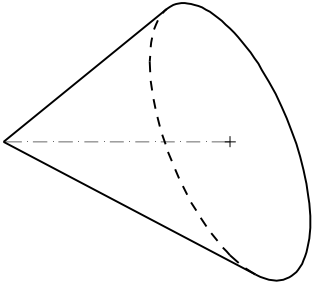
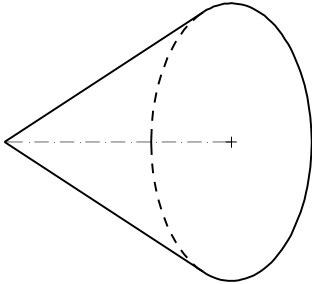
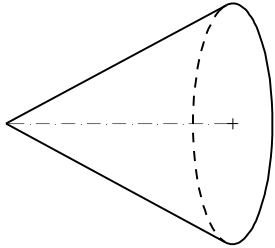
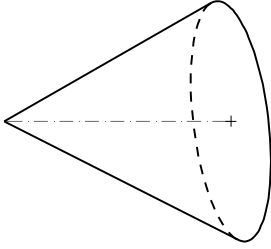
Obr. 2.58 – obraz kvádrů v axonometrických promítáních

Vojenská perspektiva		Planometrie, 1. způsob zadání		Planometrie, 2. způsob zadání		Kavalírní perspektiva	
Technická izometrie		Technická dimetrie		Kabinetní axonometrie			

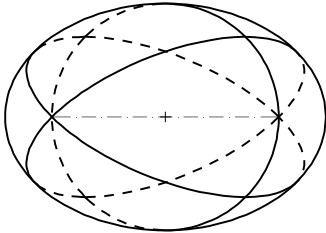
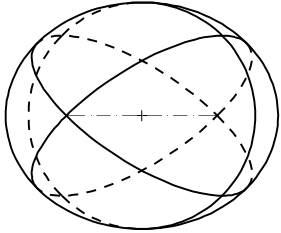
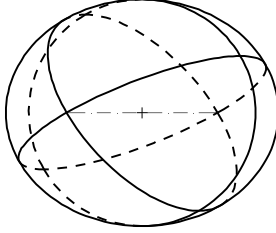
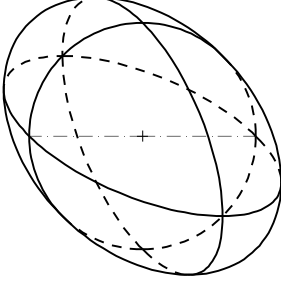
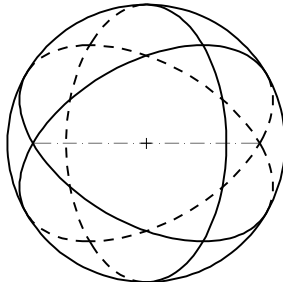
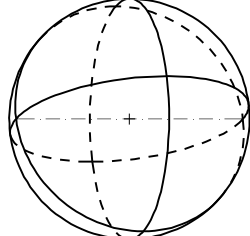
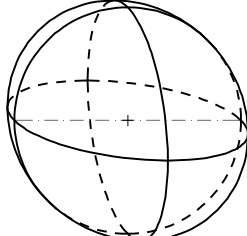
Obr. 2.59 – obraz kolmého pravidelného čtyřbokého jehlanu v axonometrických promítáních

Vojenská perspektiva		Planometrie, 1. způsob zadání		Planometrie, 2. způsob zadání		Kavalírní perspektiva	
Technická izometrie		Technická dimetrie		Kabinětní axonometrie			



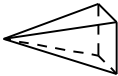
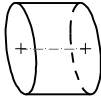
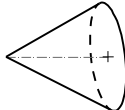
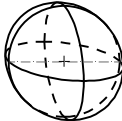


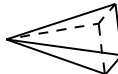
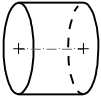
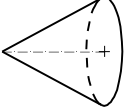
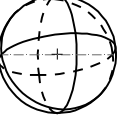
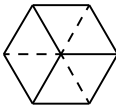
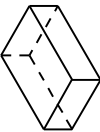
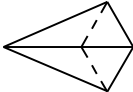
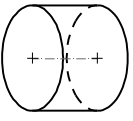
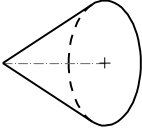
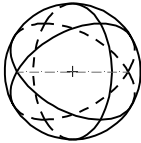
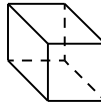
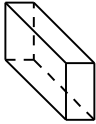
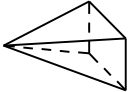
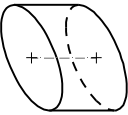
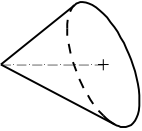
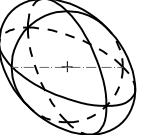
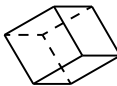
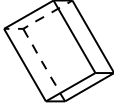
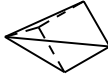
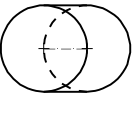
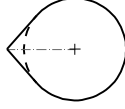
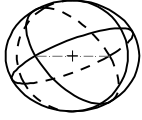
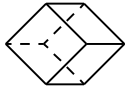
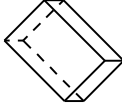
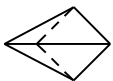
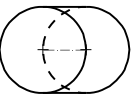
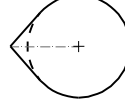
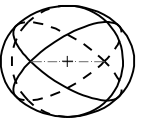
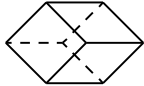
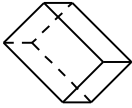
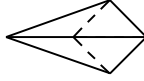
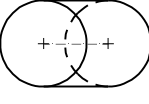
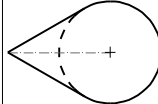
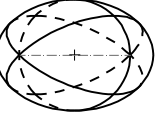
Obr. 2.60 – obraz rotačního válce v axonometrických promítáních

Vojenská perspektiva		Planometrie, 1. způsob zadání		Planometrie, 2. způsob zadání		Kavalírní perspektiva	
Technická izometrie		Technická dimetrie		Kabinetní axonometrie			

Obr. 2.61 – obraz rotačního kužele v axonometrických promítáních

Vojenská perspektiva		Planometrie, 1. způsob zadání		Planometrie, 2. způsob zadání		Kavalírní perspektiva	
Technická izometrie		Technická dimetrie		Kabinetní axonometrie			

Obr. 2.62 – obraz koule v axonometrických promítáních

Kabinetní axonometrie						
Technická dimetrie						
Technická izometrie						
Kavalírní perspektiva						
Planometrie, 2. způsob zadání						
Planometrie, 1. způsob zadání						
Vojenská perspektiva						

Obr. 2.63 – přehled průmětů elementárních těles v axonometrických promítáních

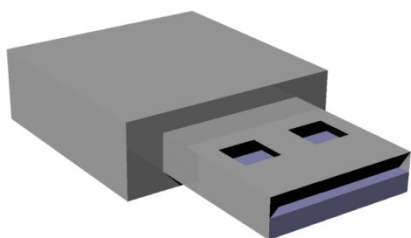
3 Zobrazení jednoduchých technických součástek

3.1 Zadání součástek

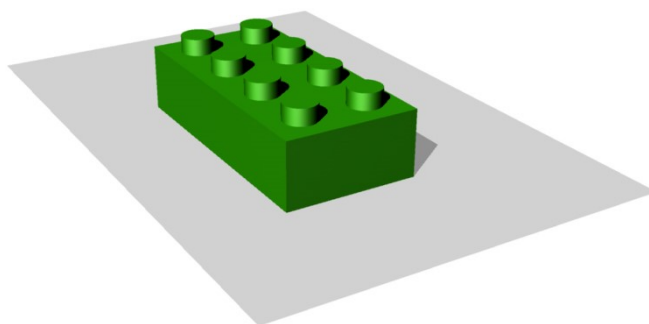
Ve druhé kapitole jsme si ukázali zobrazení elementárních těles ve speciálních typech axonometrií. V této kapitole se podíváme na zobrazení vybraných technických součástek. Zobrazovat budeme součástky uvedeny v tabulce 3.1. Tabulka obsahuje také odkazy na obrázky zobrazující jejich 3D modely. Součástky byly vymodelovány v programu *Rhinoceros*, a jsou zobrazeny v názorném promítání pro dobrou představu součástky. Součástky byly vybrány tak, aby ke konstrukci jejich průmětů stačily poznatky z předchozí kapitoly.

název součástky	obrázek modelu
1) model USB flash disku	Obr. 3.1
2) součástka stavebnice	Obr. 3.2
3) matice bez závitů	Obr. 3.3
4) válcové kluzné ložisko	Obr. 3.4, Obr. 3.5
5) držák zásuvky na tažné zařízení	Obr. 3.6

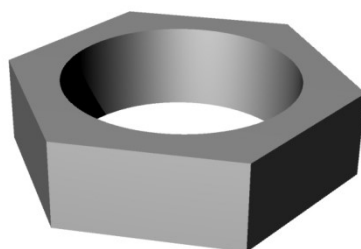
Tabulka 3.1 – seznam součástek



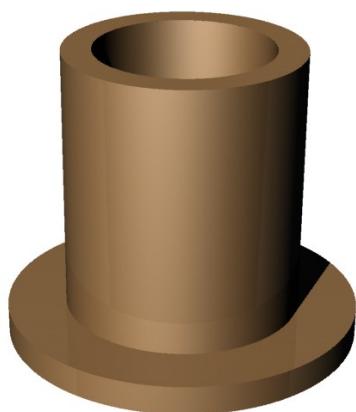
Obr. 3.1 – model 1. součástky



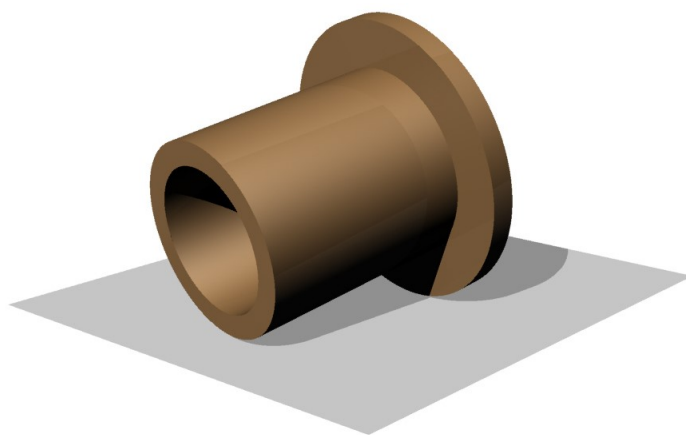
Obr. 3.2 – model 2. součástky



Obr. 3.3 – model 2. součástky



Obr. 3.4 – model 4. součástky, pohled 1

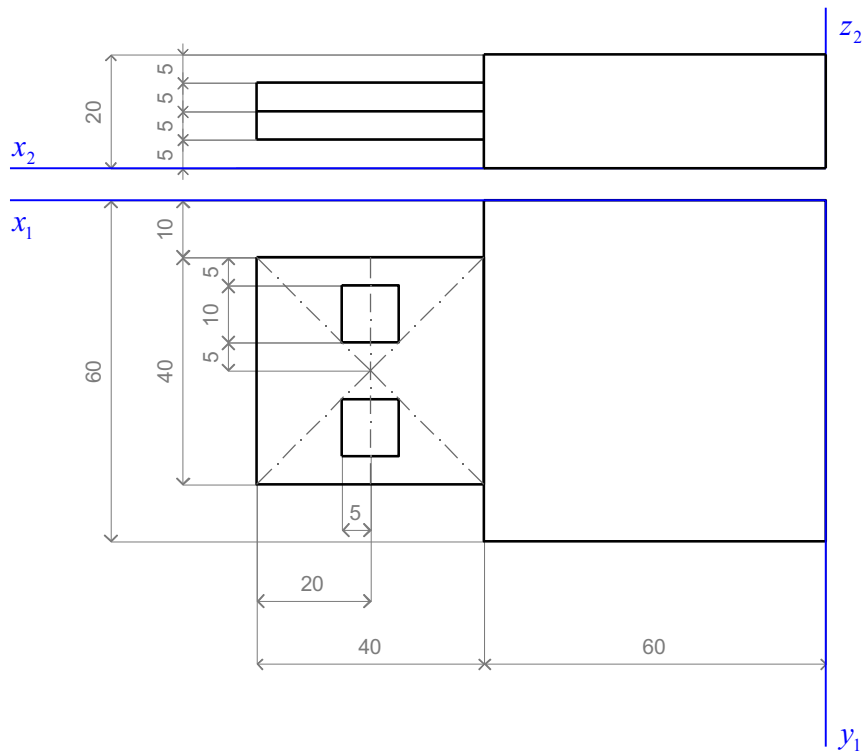


Obr. 3.5 – model 4. Součástky, pohled 2

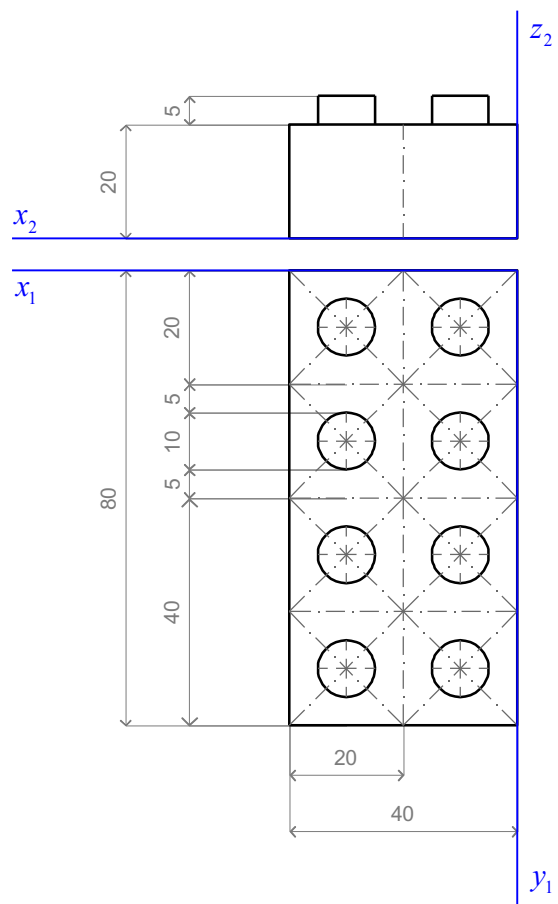


Obr. 3.6 – model 5. součástky

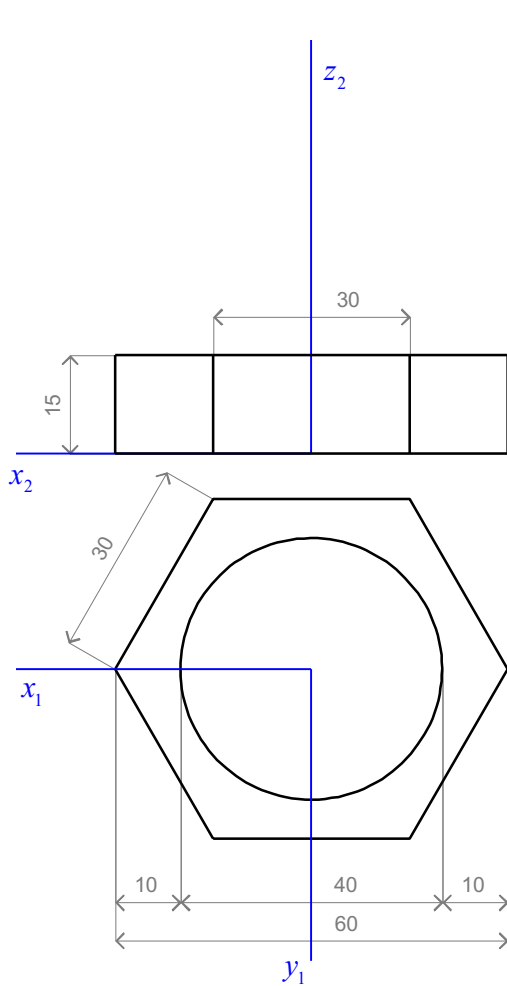
Při konstrukci průmětů součástek budeme vycházet ze sružených průmětů v Mongeově promítání a znalosti objektu z 3D modelů na obr. 3.1 – 3.6. Součástky již nebudeme pojmenovávat, jako např. krychle *ABCDEFGH* v předchozí kapitole. Veškeré rozměry jsou uvedeny u sružených průmětů pomocí kótování. Kóty jsou zadány v milimetrech.



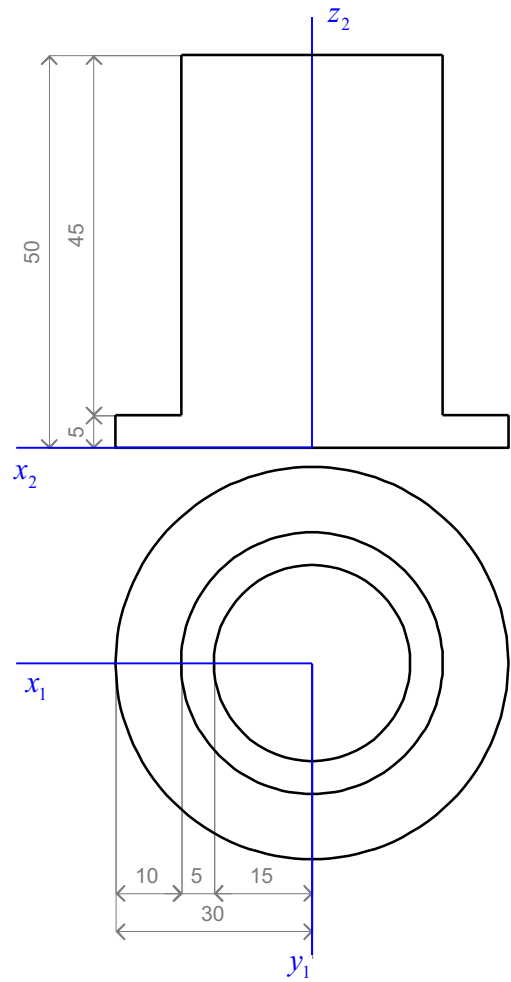
Obr. 3.7 – zadání 1. součástky



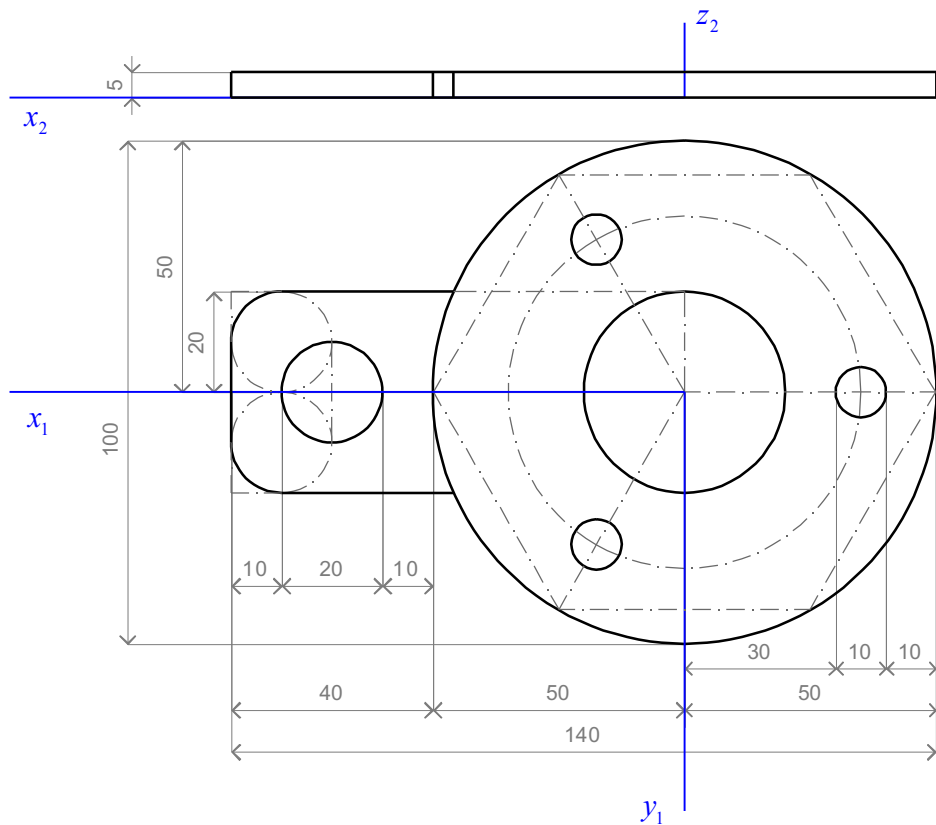
Obr. 3.8 – zadání 2. součástky



Obr. 3.9 – zadání 3. součástky



Obr. 3.10 – zadání 4. součástky



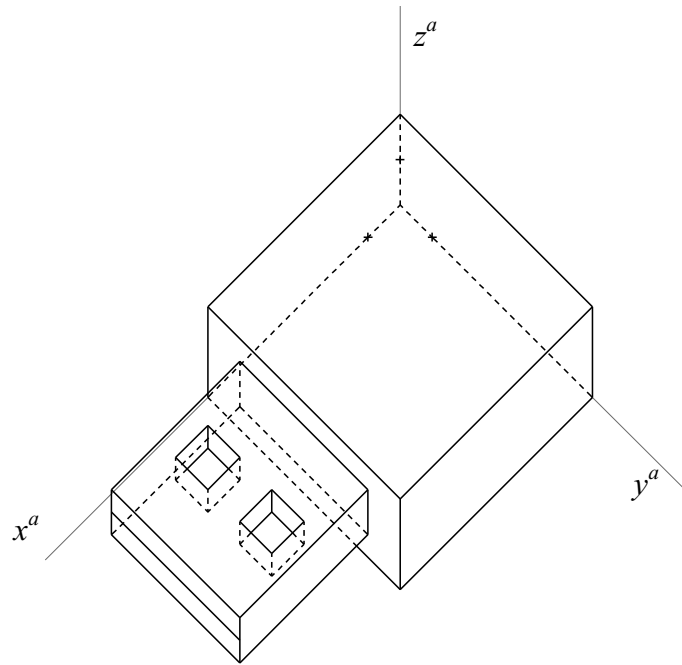
Obr. 3.11 – zadání 5. součástky

Součástky umístíme do soustavy souřadnic, tak, aby byla konstrukce průmětů, co možná nejjednodušší. U součástek modelu flash disku a části stavebnice budou tři hrany splývat se souřadnicovými osami x^a , y^a a z^a . U matice bez závitů, válcového kluzného ložiska a držáku zásuvky na tažné zařízení je střed vybraných kružnic umístěn do počátku soustavy souřadnic, jak je tomu na obr. 3.9 – 3.11.

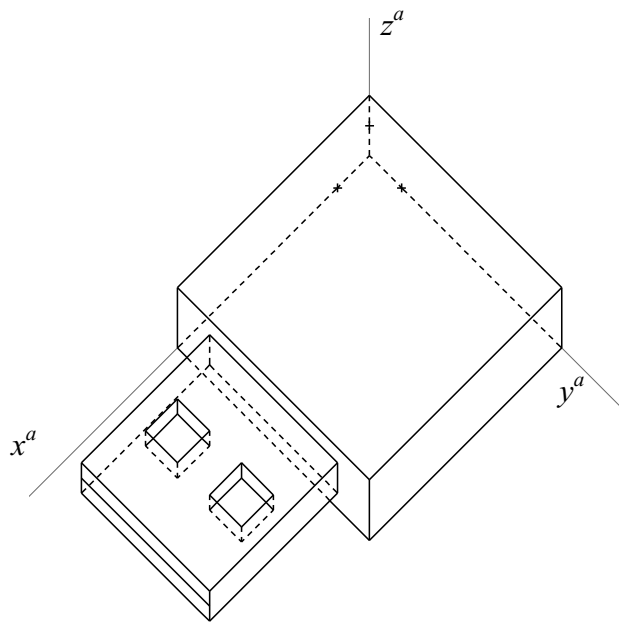
3.2 Zobrazení součástek

Součástky zobrazíme v promítáních, ve kterých jsme promítali elementární tělesa v předchozí kapitole. Každou součástku tedy zobrazíme ve vojenské perspektivě, planometrii, kavalírní axonometrii, technické izometrii, technické dimetrii a kabinetní axonometrii. Průměty součástek na obrázcích 3.12 – 3.55 jsou pro přehlednost v práci zmenšené. Nezmenšené průměty součástek jsou zobrazeny v přílohách 3.1 – 3.27. Jelikož se skládají z několika elementárních těles, postup konstrukce již nebudeme popisovat a podíváme se rovnou na názornost průmětů v jednotlivých promítáních.

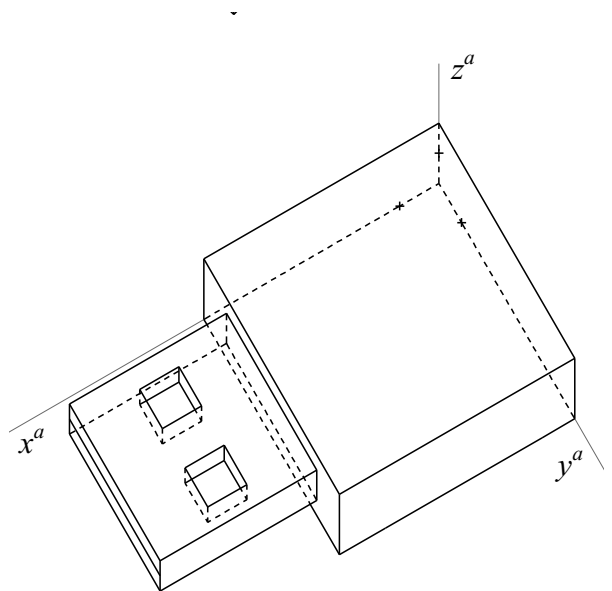
Průměty modelu USB flash disku ve vybraných axonometrických promítáních jsou na obr. 3.12 – 3.19. U průmětu této součástky se podívejme na průměty v technické dimetrii na obr. 3.17 a 3.18. Průmět na obr. 3.17 odpovídá našemu zadání z obr. 3.7. Na obr. 3.18 je průmět totožné součástky lišící se umístěním v soustavě souřadnic. Mohlo by se zdát, že model na obr. 3.18 je menší, než na obr. 3.19 i když se jedná o totožný předmět. Tuto zkreslenou představu vytváří poloviční jednotka, kterou nanášíme na osu y^a . Obrázky demonstrují, jak je důležité zvolit kromě vhodného promítání také vhodné umístění do soustavy souřadnic.



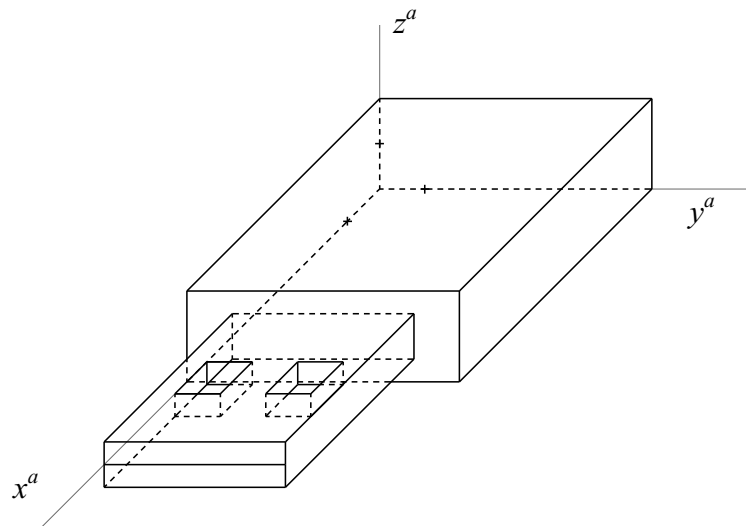
Obr. 3.12 – model USB flash disku ve vojenské perspektivě



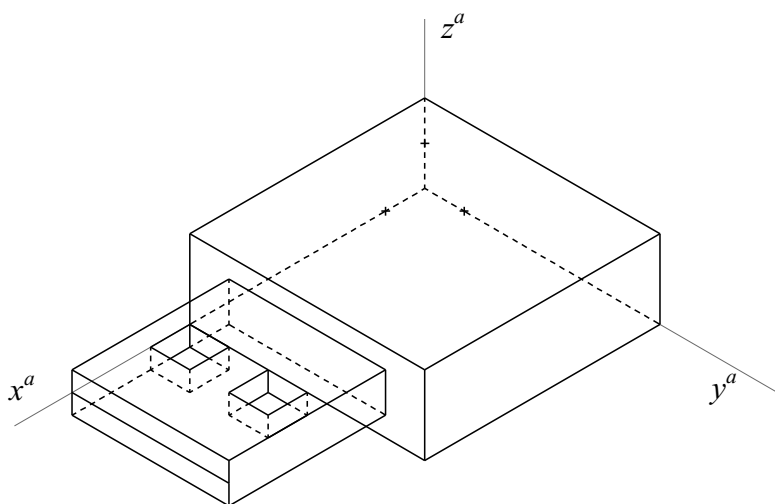
Obr. 3.13 – model USB flash disku
v planometrii, 1. způsob zadání



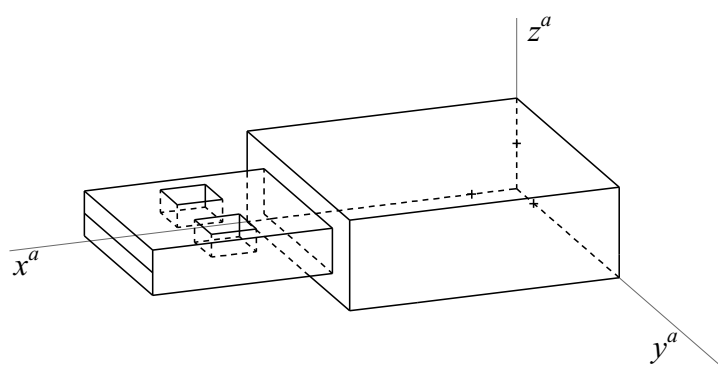
Obr. 3.14 – model USB flash disku
v planometrii, 2. způsob zadání



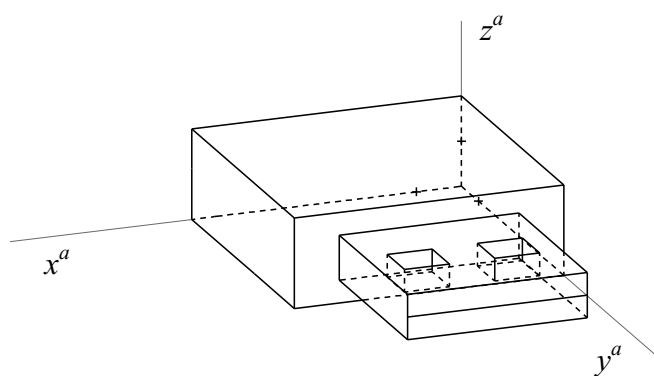
Obr. 3.15 – model USB flash disku v kavalírní perspektivě



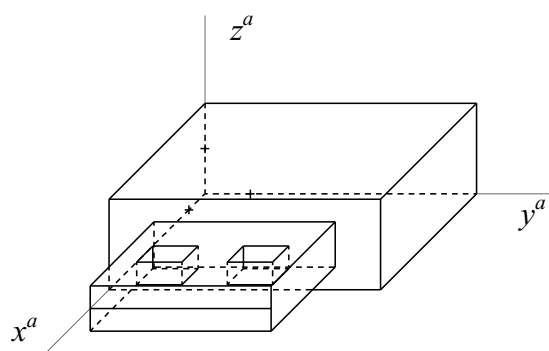
Obr. 3.16 – model USB flash disku v technické izometrii



Obr. 3.17 – model USB flash disku v technické dimetrii, 1. způsob zadání

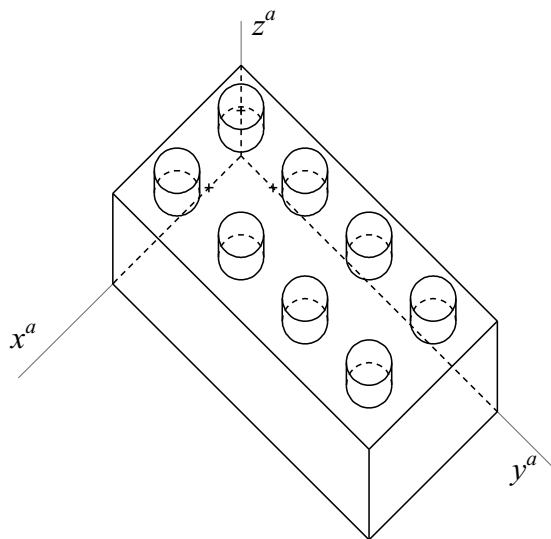


Obr. 3.18 – model USB flash disku v technické dimetrii, 2. způsob zadání

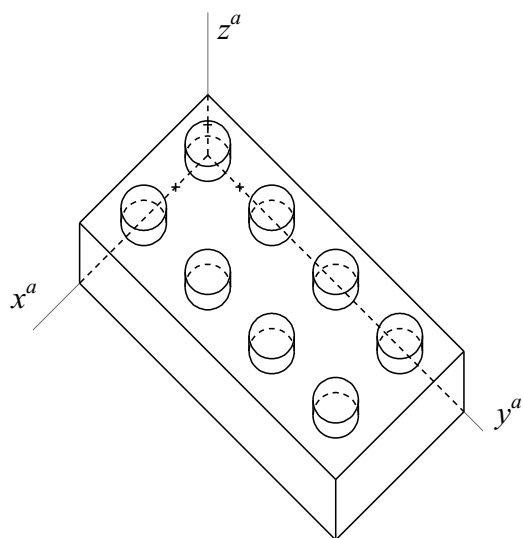


Obr. 3.19 – model USB flash disku v kabinetní axonometrii

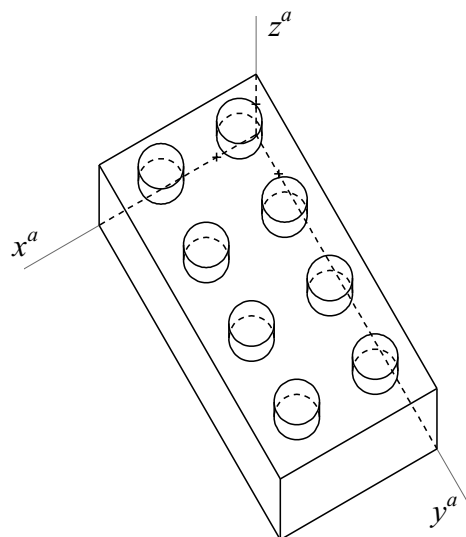
Průměty druhého modelu – stavebnice jsou na obr. 3.20 – 3.28. Stavebnice se skládá z kvádrů, na němž je umístěno 8 rotačních válců. Kromě průmětů našeho zadání z obr. 3.8 opět u vybraných promítáních zobrazíme stejnou součástku v jiné poloze vůči soustavě souřadnic. V kavalírní perspektivě a kabinetní axonometrii se útvary ležící v bokorysně nebo v rovinách s ní rovnoběžných promítnou nezkresleně. Na obr. 3.24 a obr. 3.28 je model umístěn tak, aby podstavy rotačních válců ležely v bokorysně a v rovinách s ní rovnoběžných. V případě kavalírní perspektivy je průmět této součástky na obr. 3.24 názornější, než její průmět na obr. 3.23. Navíc je konstrukce kružnice jednodušší než konstrukce elipsy.



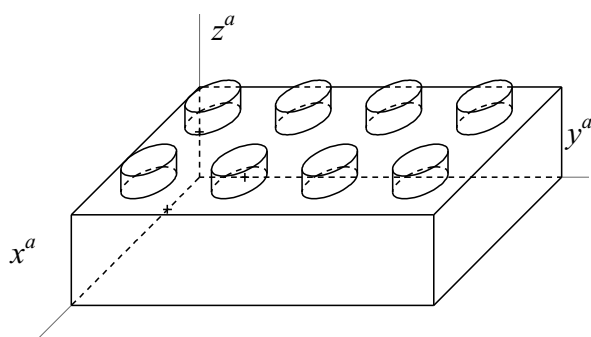
Obr. 3.20 – stavebnice ve vojenské perspektivě



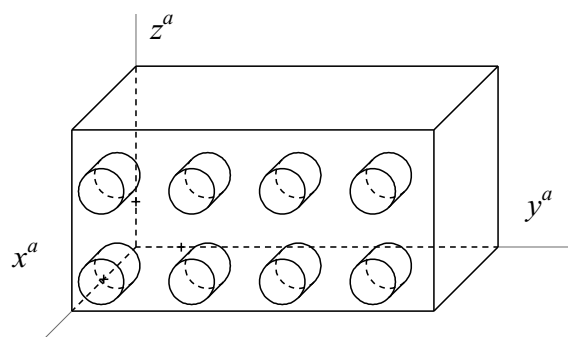
Obr. 3.21 – stavebnice v planometrii, 1.
způsob zadání



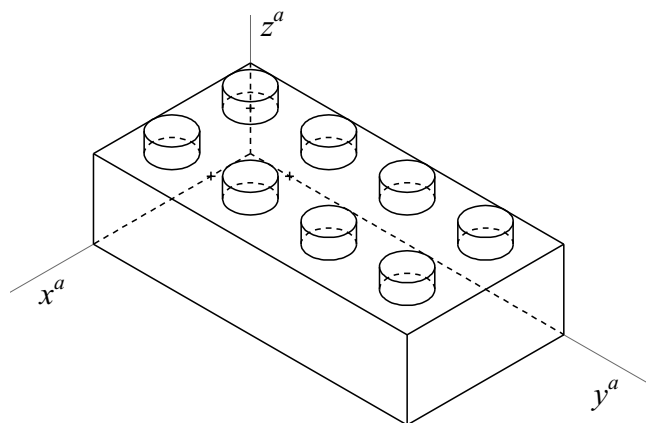
Obr. 3.22 – stavebnice v planometrii, 2.
způsob zadání



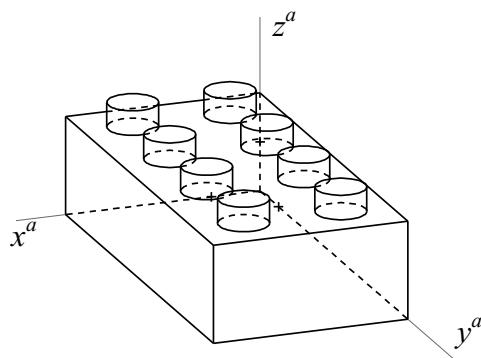
Obr. 3.23 – stavebnice v kavalírní
perspektivě, 1. způsob zadání



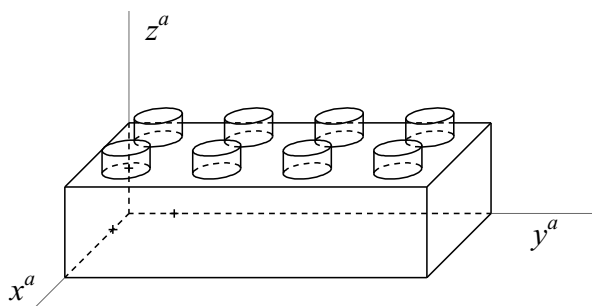
Obr. 3.24 – stavebnice v kavalírní
perspektivě, 2. způsob zadání



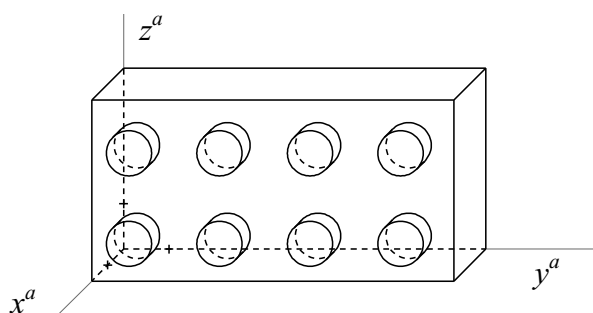
Obr. 3.25 – stavebnice v technické izometrii



Obr. 3.26 – stavebnice v technické dimetrii



Obr. 3.27 – stavebnice v kabinetní axonometrii, 1. způsob zadání



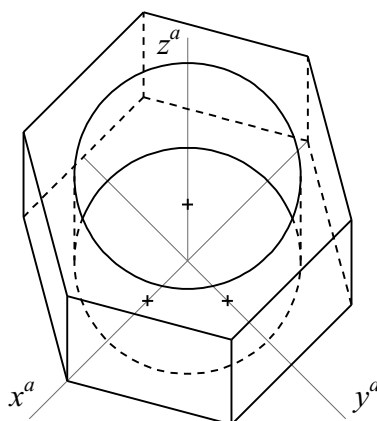
Obr. 3.28 – stavebnice v kabinetní axonometrii 2. způsob zadání

U zbylých modelů, které tvoří oblá tělesa, vytvoříme v kavalírní perspektivě a kabinetní axonometrii kromě průmětů zadaných na obr. 3.9 -3.11 také průměty v jiných polohách. Opět hledáme takovou polohu, aby se hranice podstav rotačních kuželů zobrazily na kružnici.

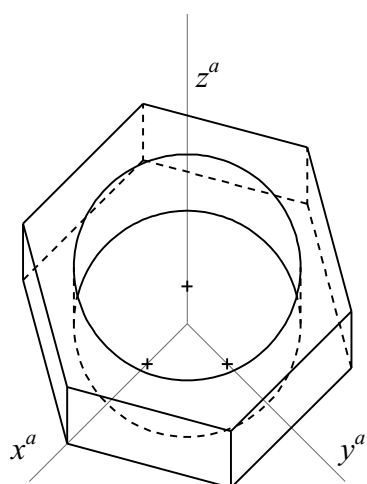
Konstrukce průmětů válcového kluzného ložiska v kavalírní perspektivě a kabinetní axonometrii by byla na ruční rýsování náročná, jelikož musíme zkonstruovat 6 elips. V případě jiné polohy zjednodušíme konstrukci na 6 kružnic.

V případě držáku zásuvky na tažné zařízení, jejíž výška je 5 mm, je průmět na obr. 3.51 a 3.55 názornější, než na obr. 3.50 a 3.55.

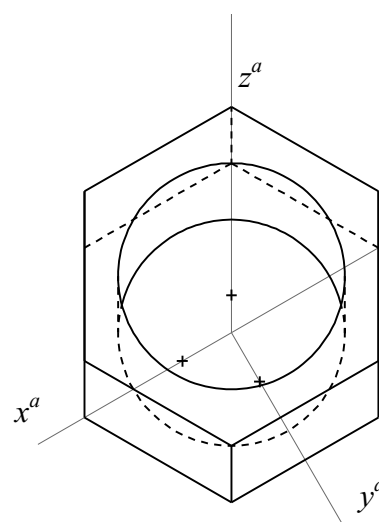
Pro možnost srovnání stejně jako ve 2. kapitole uvádíme přehled každé součástky v jednotlivých axonometrických promítáních na jednom obrázku. Toto srovnání je možné vidět na obr. 3.56 – 3.60.



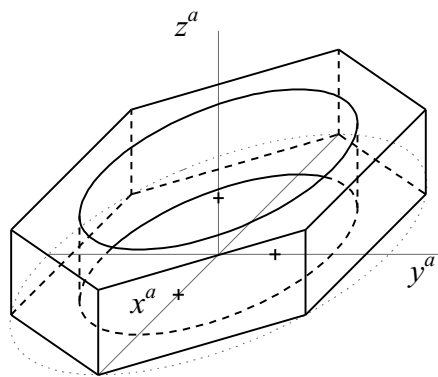
Obr. 3.29 – matice bez závitů ve vojenské perspektivě



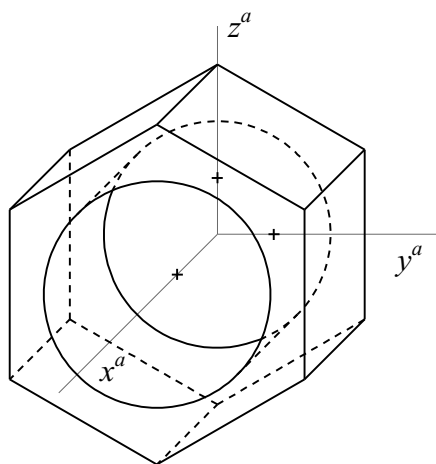
Obr. 3.30 – matice bez závitů
v planometrii, 1. způsob zadání



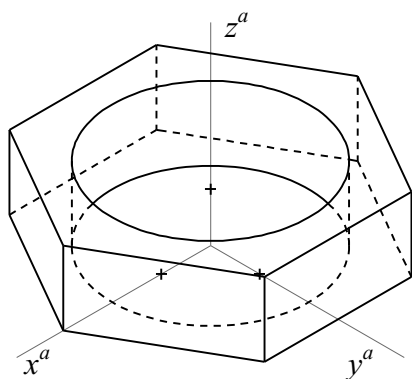
Obr. 3.31 – matice bez závitů
v planometrii, 2. způsob zadání



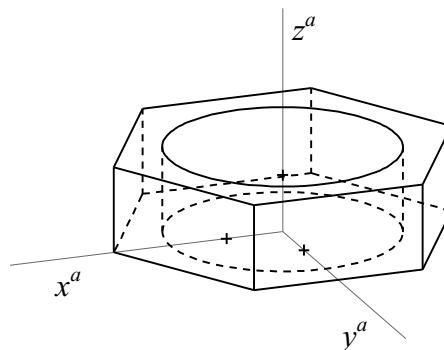
Obr. 3.32 – matice bez závitů v kavalírní perspektivě, 1. způsob zadání



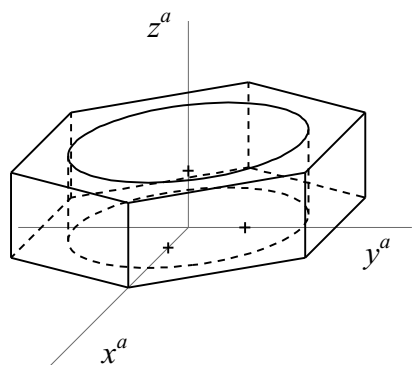
Obr. 3.33 – matice bez závitů v kavalírní perspektivě, 2. způsob zadání



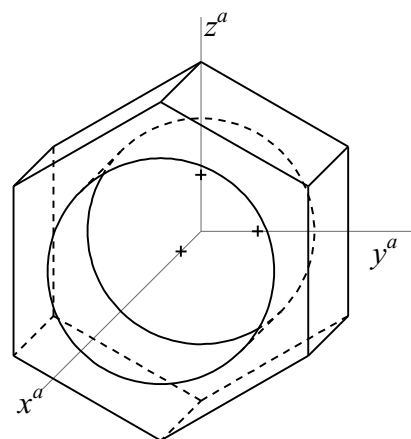
Obr. 3.34 – matice bez závitů v technické izometrii



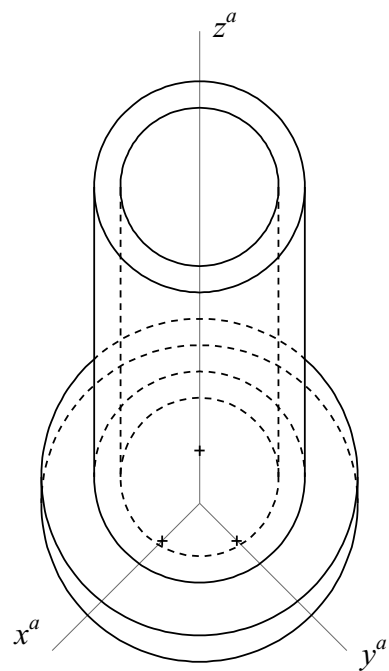
Obr. 3.35 – matice bez závitů v technické dimetrii



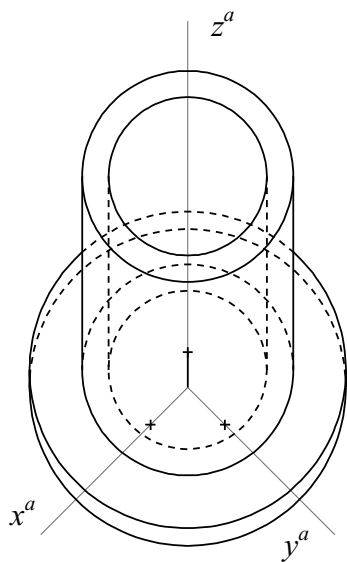
Obr. 3.36 – matice bez závitů v kabinetní axonometrii, 1. způsob zadání



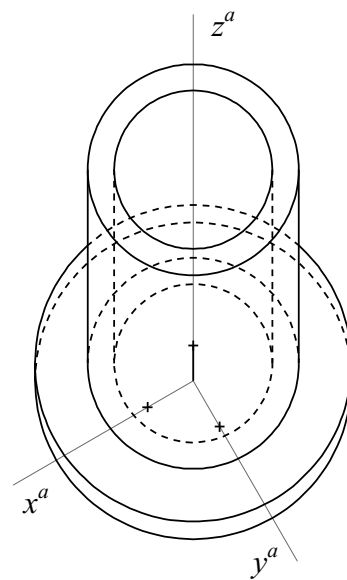
Obr. 3.37 – matice bez závitů v kabinetní axonometrii, 2. způsob zadání



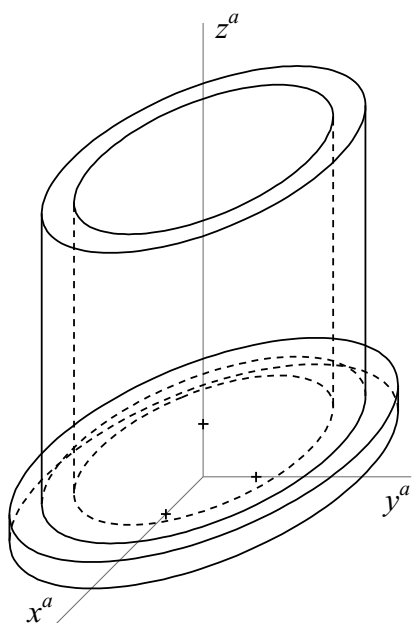
Obr. 3.38 – válcové kluzné ložisko ve vojenské perspektivě



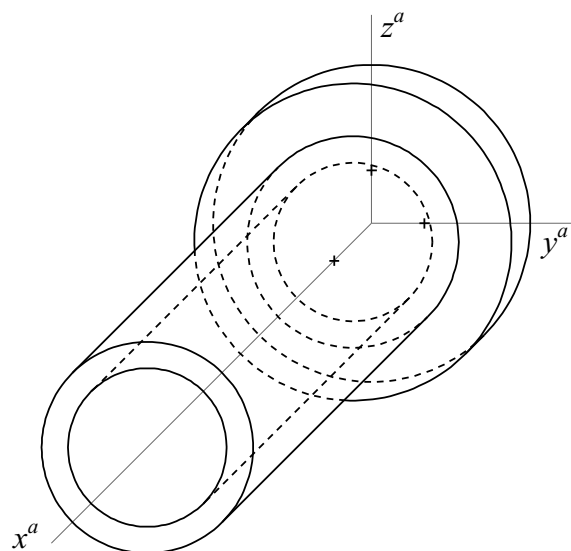
Obr. 3.39 – válcové kluzné ložisko
v planometrii, 1. způsob zadání



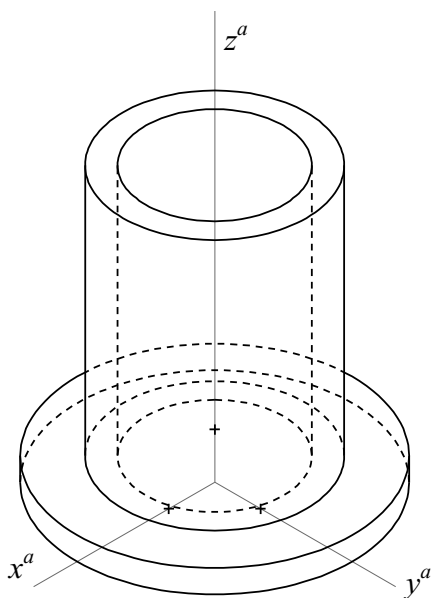
Obr. 3.40 – válcové kluzné ložisko
v planometrii, 2. způsob zadání



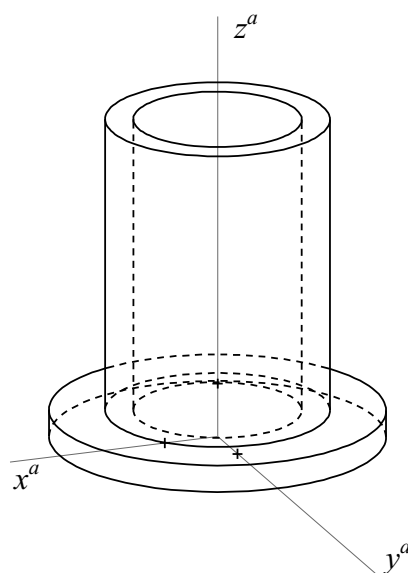
Obr. 3.41 – válcové kluzné ložisko
v kavalírní perspektivě, 1. způsob zadání



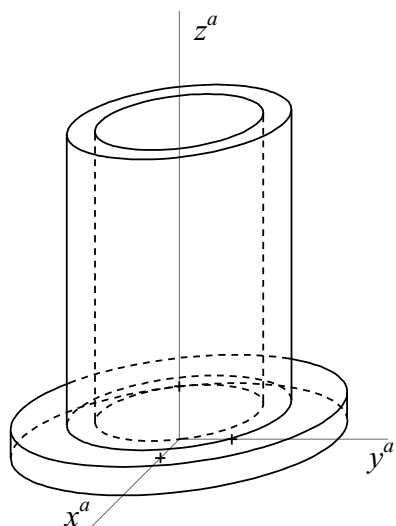
Obr. 3.42 – válcové kluzné ložisko
v kavalírní perspektivě, 2. způsob zadání



Obr. 3.43 – válcové kluzné ložisko
v technické izometrii

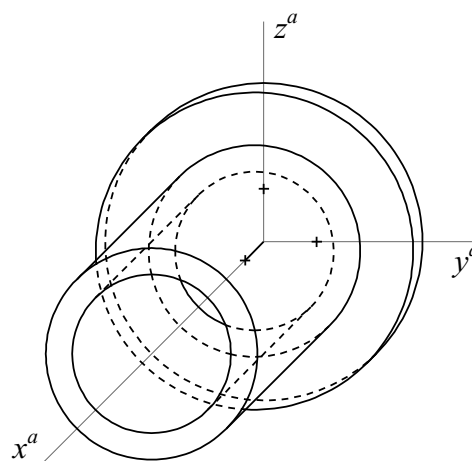


Obr. 3.44 – válcové kluzné ložisko
v technické dimetrii



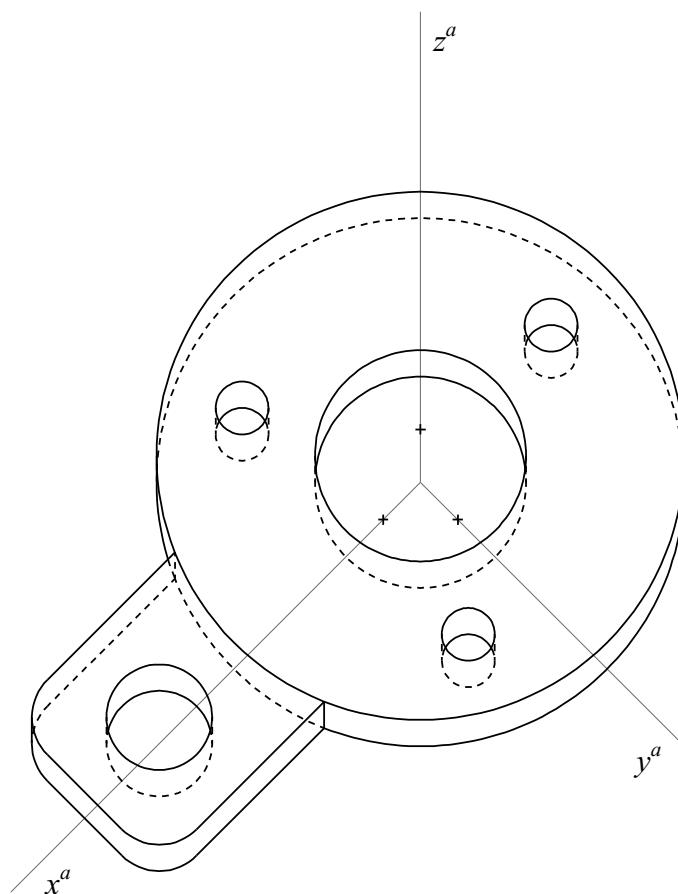
Obr. 3.45 – válcové kluzné ložisko

v kabinetní axonometrii, 1. způsob zadání

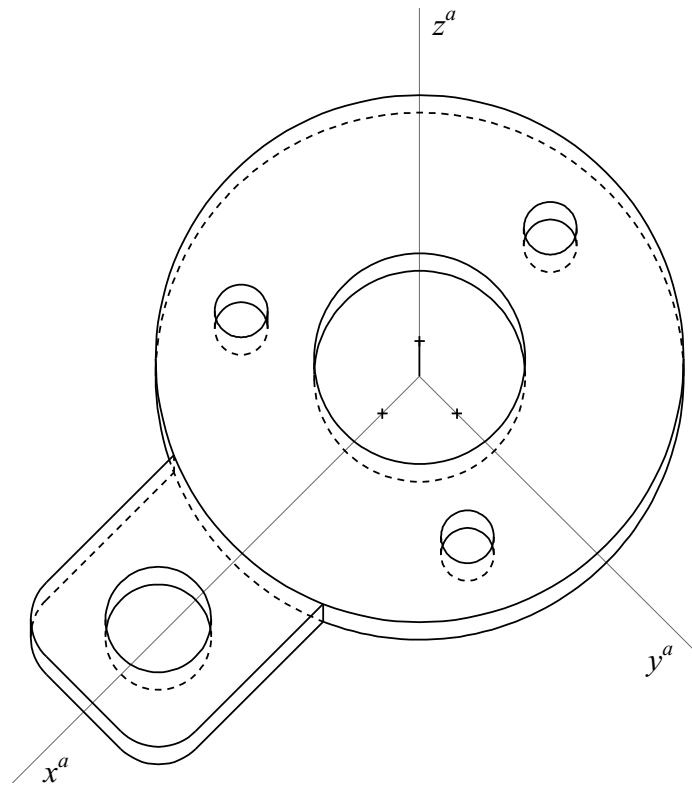


Obr. 3.46 – válcové kluzné ložisko

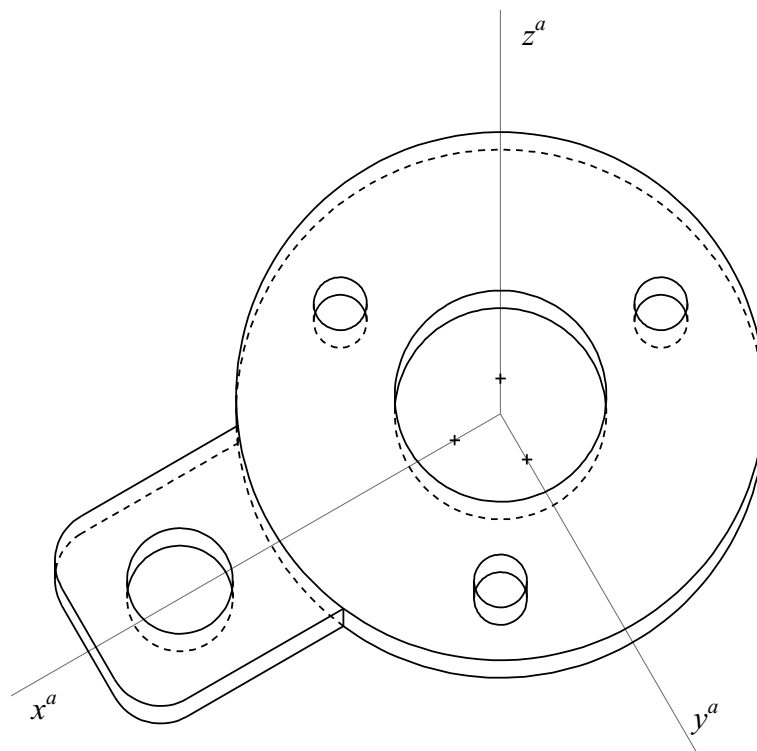
v kabinetní axonometrii, 2. způsob zadání



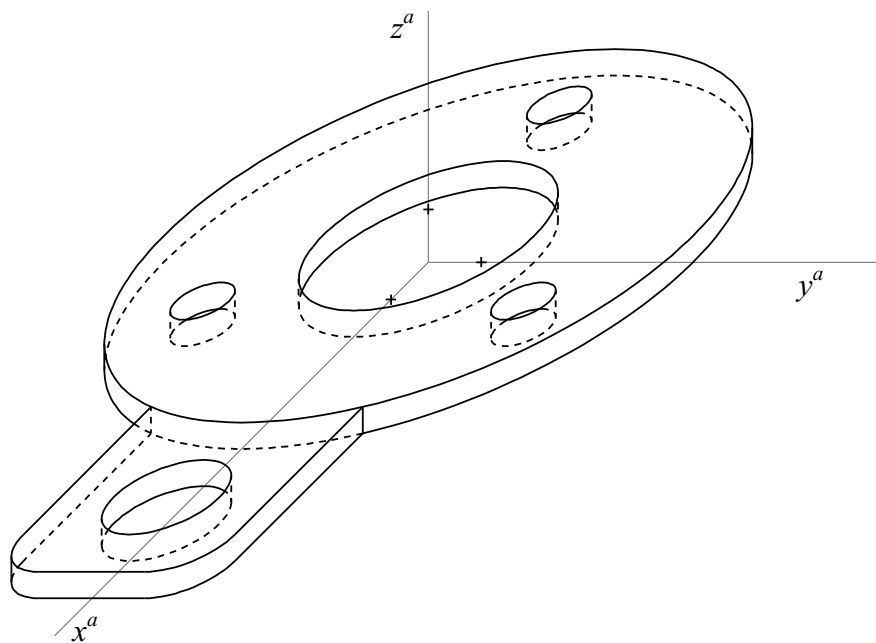
Obr. 3.47 – držák zásuvky na tažné zařízení ve vojenské perspektivě



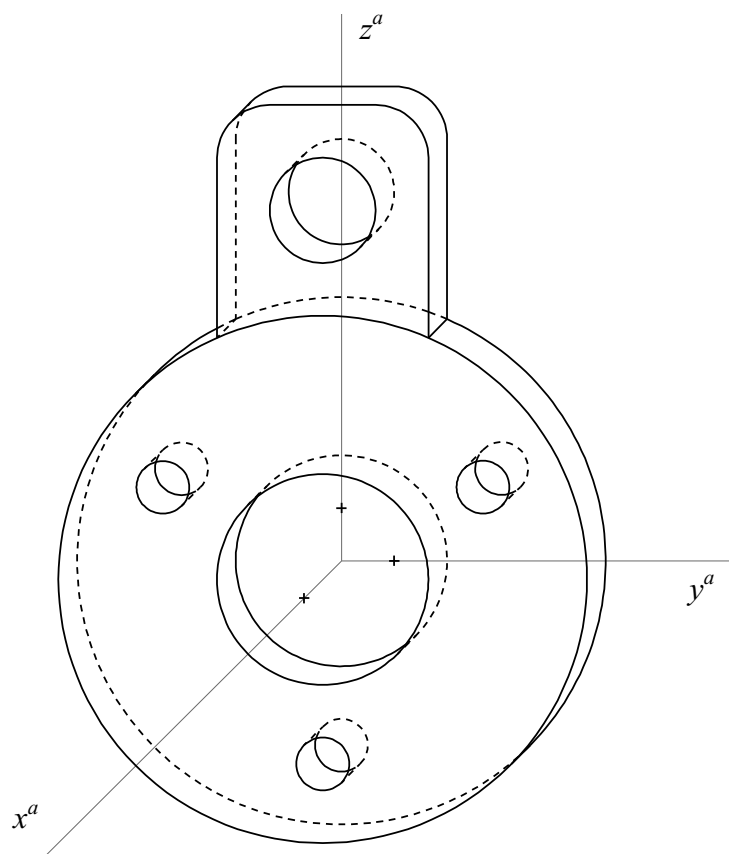
Obr. 3.48 – držák zásuvky na tažné zařízení v planometrii, 1. způsob zadání



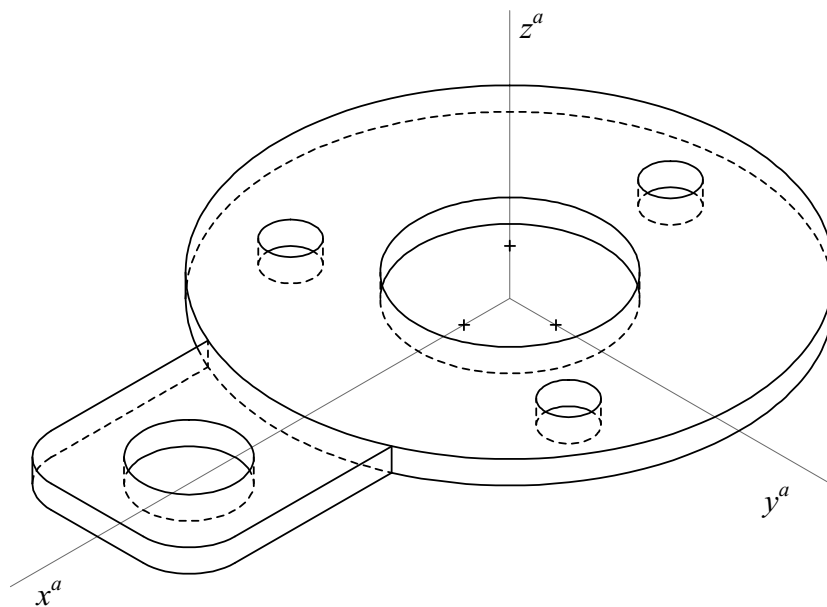
Obr. 3.49 – držák zásuvky na tažné zařízení v planometrii, 2. způsob zadání



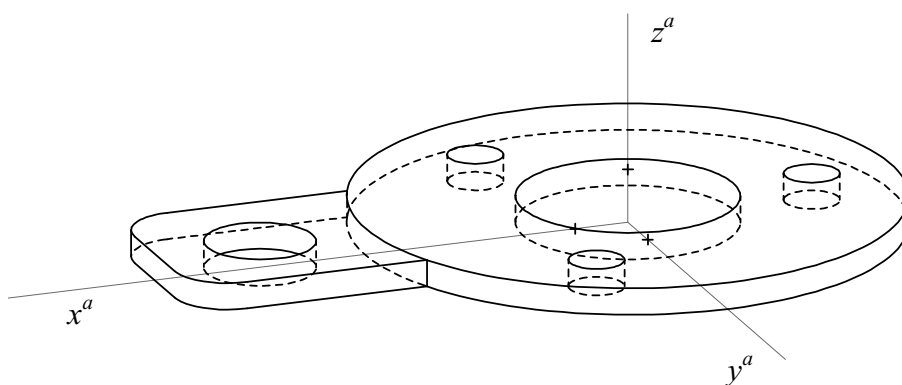
Obr. 3.50 – držák zásuvky na tažné zařízení v kavalírní perspektivě, 1. způsob zadání



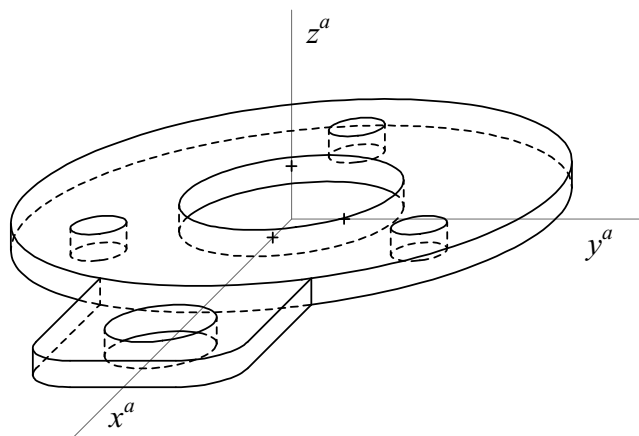
Obr. 3.51 – držák zásuvky na tažné zařízení v kavalírní perspektivě, 2. způsob zadání



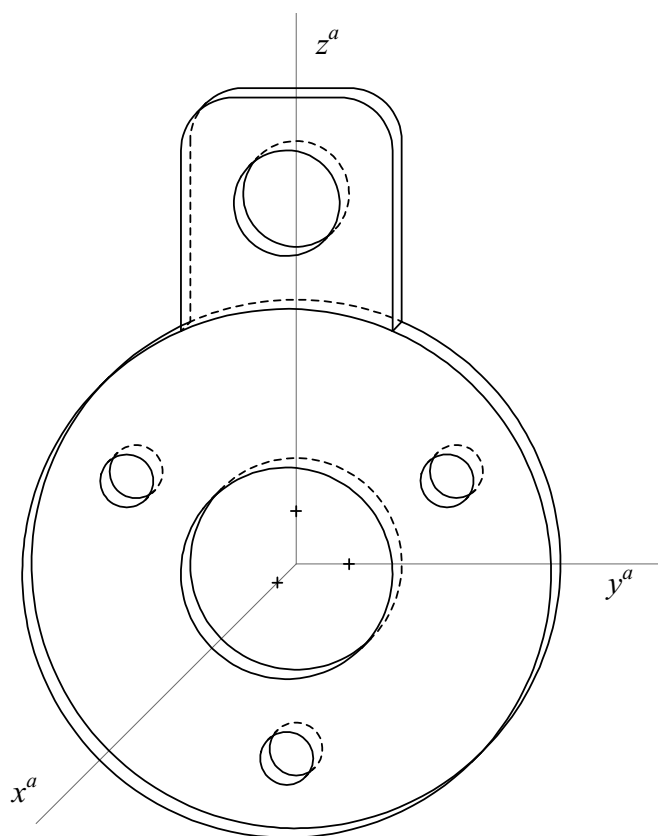
Obr. 3.52 – držák zásuvky na tažné zařízení v technické izometrii



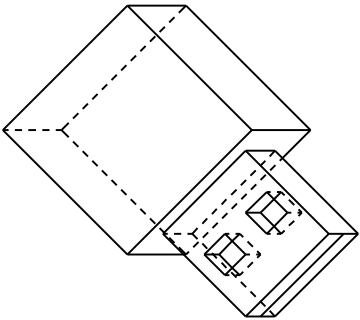
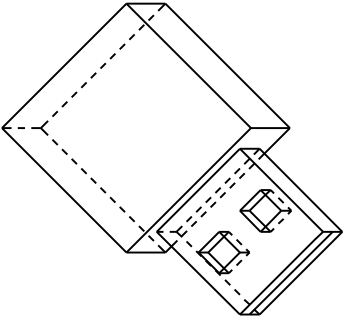
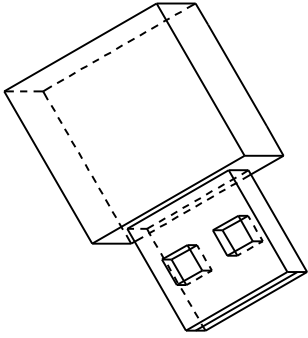
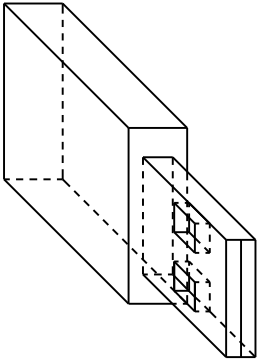
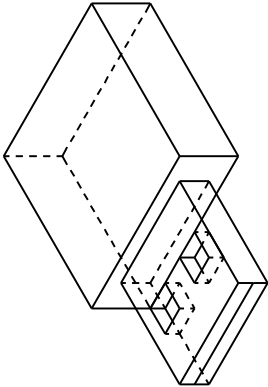
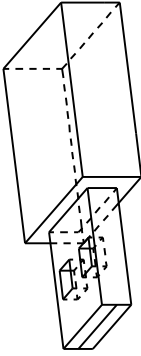
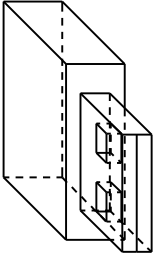
Obr. 3.53 – držák zásuvky na tažné zařízení v technické dimetrii



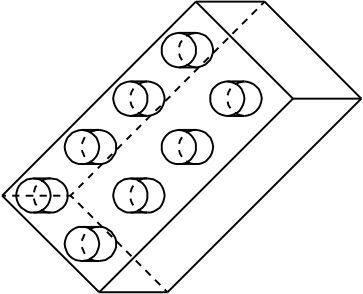
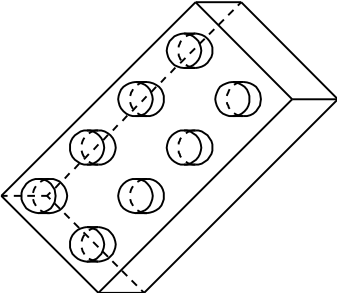
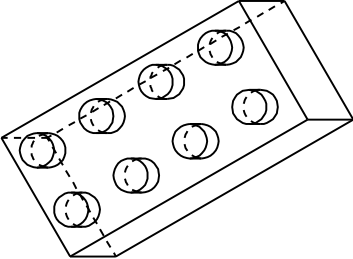
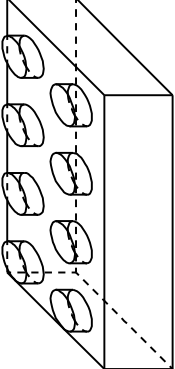
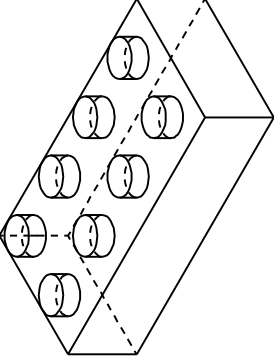
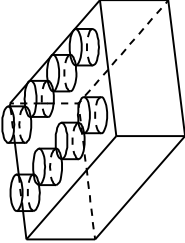
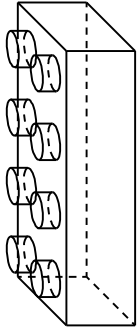
Obr. 3.54 – držák zásuvky na tažné zařízení v kabinetní axonometrii, 1. způsob zadání



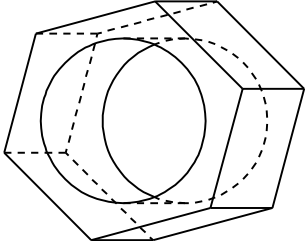
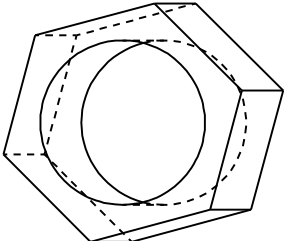
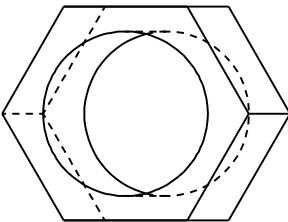
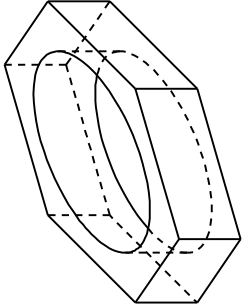
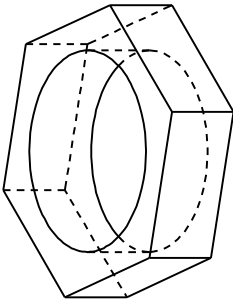
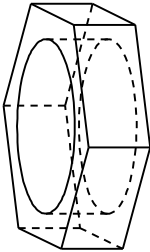
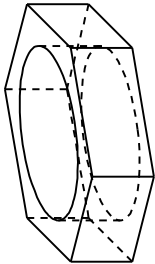
Obr. 3.55 – držák zásuvky na tažné zařízení v kabinetní axonometrii, 2. způsob zadání

Vojenská perspektiva		Planometrie, 1. způsob zadání		Planometrie, 2. způsob zadání		Kavalimí perspektiva	
Technická izometrie		Technická dimetrie		Kabinetí axonometrie			

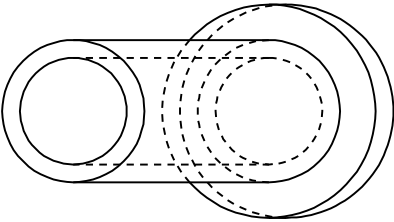
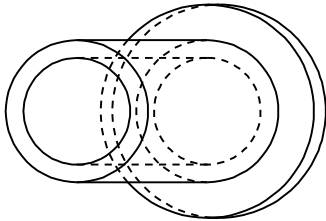
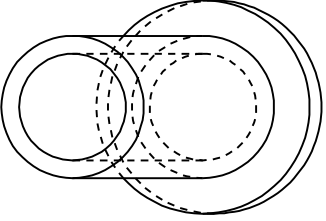
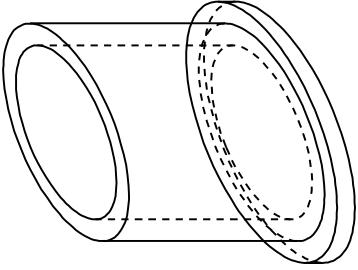
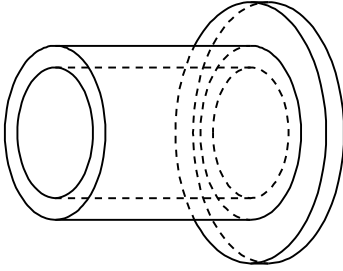
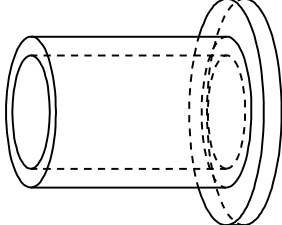
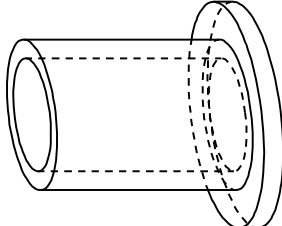
Obr. 3.56 – model USB flash disku v axonometrických promítáních

Vojenská perspektiva		Planometrie, 1. způsob zadání		Planometrie, 2. způsob zadání		Kavalírní perspektiva	
Technická izometrie		Technická dimetrie		Kabinetí axonometrie			

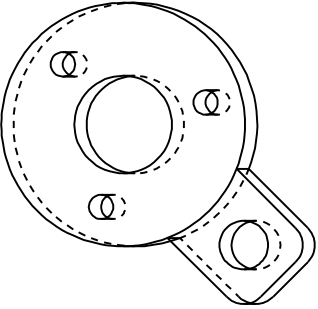
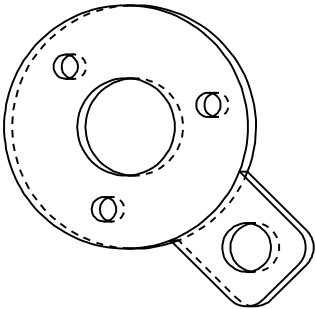
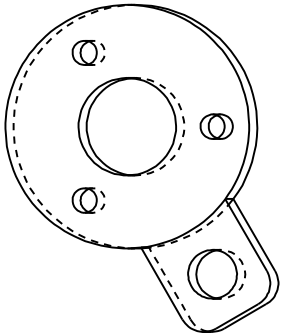
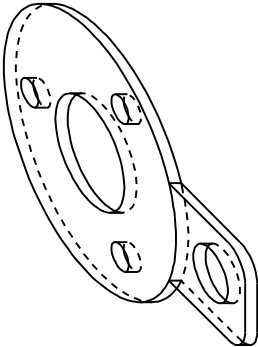
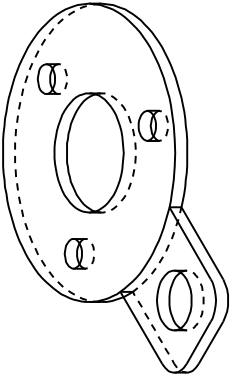
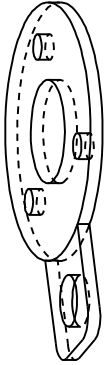
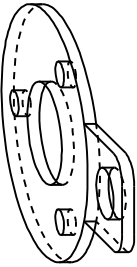
Obr. 3.57 – stavebnice v axonometrických promítáních

Vojenská perspektiva		Planometrie, 1. způsob zadání		Planometrie, 2. způsob zadání		Kavalimí perspektiva	
Technická izometrie		Technická dimetrie		Kabinetí axonometrie			

Obr. 3.58 – matice bez závitů v axonometrických promítáních

<p>Vojenská perspektiva</p> 	<p>Planometrie, 1. způsob zadání</p> 	<p>Planometrie, 2. způsob zadání</p> 	<p>Kavalimí perspektiva</p> 
<p>Technická izometrie</p> 	<p>Technická dimetrie</p> 	<p>Kabinetí axonometrie</p> 	

Obr. 3.59 – válcové kluzné ložisko v axonometrických promítáních

Vojenská perspektiva		Planometrie, 1. způsob zadání		Planometrie, 2. způsob zadání		Kavalimí perspektiva	
Technická izometrie		Technická dimetrie		Kabinetí axonometrie			

Obr. 3.60 – držák zásuvky na tažné zařízení v axonometrických promítáních

4 Zobrazení ozubeného kola

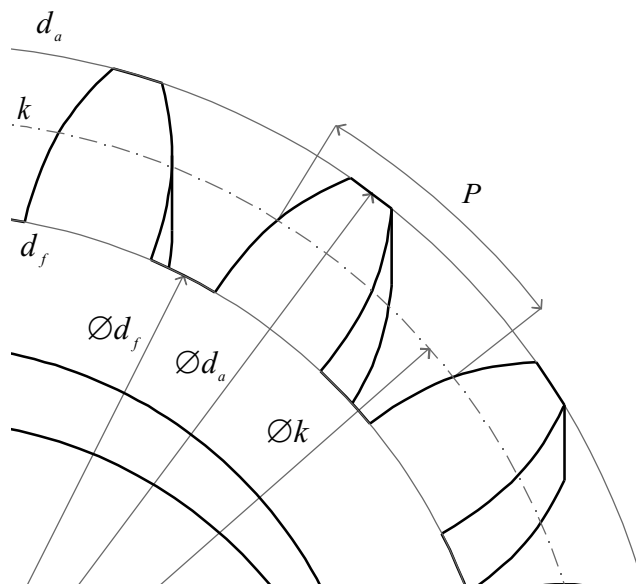
4.1 Zadání ozubeného kola

Ozubená kola se jsou v technické praxi hodně využívány, např. ozubení spojky u převodového systému auta, ozubnicová železnice. Boky zubů tvoří křivky, které vznikají jako trajektorie bodů při zadaném pohybu. Na základě druhu pohybu vzniká příslušné ozubení. Například při cykloidním pohybu získáváme cykloidní ozubení, při evolventním pohybu evolventní ozubení. V této kapitole se podíváme na evolventní ozubení, které se používá častěji. Jak uvádí [3], cykloidní ozubení se používá jen ve zvláštních případech, např. v jemné mechanice.

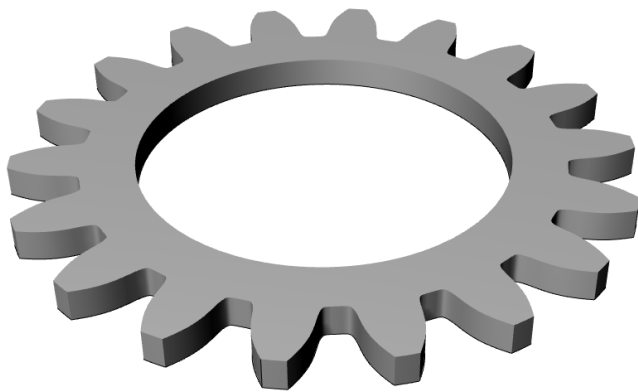
Evolventní pohyb a ozubené kolo

Evolventním pohybem vznikají křivky nazývané se evolventy, které tvoří boky zubů. Evolventní pohyb u ozubeného kola zadáme kružnicí k – roztečnou kružnicí a přímkou t – přímkou záběru. Poloměr roztečné kružnice r je dán vztahem $r = \frac{mz}{2}$, kde z je počet zubů ozubeného kola a m je modul. Modul m je poměr průměru roztečné kružnice a počtu zubů udáván v milimetrech. Přímka záběru t svírá podle ČSN 01 4607 se společnou tečnou roztečných kružnic úhel $\alpha = 20^\circ$, jak uvádí [3]. Důležitou součástí jsou ještě patní kružnice d_f a hlavová kružnice d_a . Průměr patní kružnice je dán vztahem $d_f = d - 2,5m = (z - 2,5)m$ a průměr hlavové kružnice je $d_a = d + 2m = (z + 2)m$. Střed patní a hlavové kružnice splývá se středem roztečné kružnice. Roztečná kružnice, patní kružnice a hlavová kružnice jsou zobrazeny na výřezu ozubeného kola na obr. 4.1. Na obrázku je také zobrazena rozteč P , dána vztahem $P = \pi m$. Ozubené kolo vymodelované v programu Rhinoceros je pro názornou představu na obr. 4.2 a na obr. 4.3, zachyceno z různých pohledů.

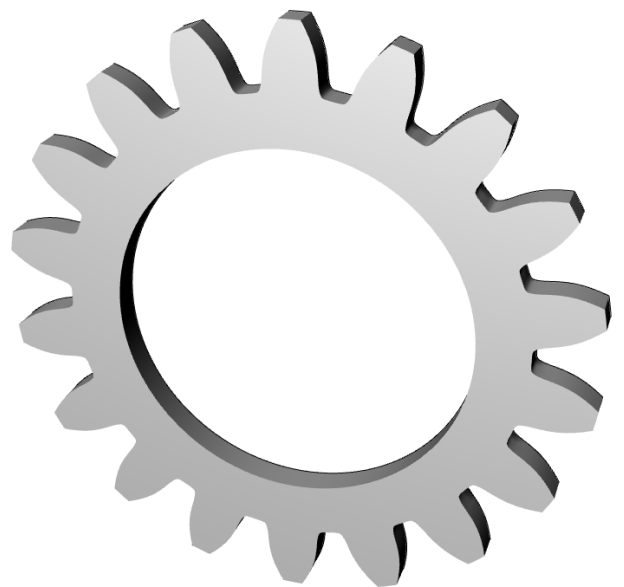
Sestrojíme nyní profil boku evolventního zubu, známe-li počet zubů $z = 18$, $m = 10$ a úhel $\alpha = 20^\circ$. Poloměr roztečné kružnice je tedy $r = \frac{mz}{2} = \frac{10 \cdot 18}{2} = 90$ mm. Vzhledem k velikostem rozměrů jsou v práci obrázky zmenšené, obrázky se skutečnou velikostí, lze nalézt v přílohách.



Obr. 4.1 – kružnice u ozubeného kola



Obr. 4.2 – ozubené kolo, pohled 1



Obr. 4.3 – ozubené kolo, pohled 2

Kromě poloměru roztečné kružnice $r = 90 \text{ mm} = 9 \text{ cm}$, spočítáme také poloměry patní a hlavové kružnice.

Patní kružnice:

$$d_f = d - 2,5m = (z - 2,5)m$$

$$d_f = (18 - 2,5) \cdot 10 = 155 \text{ mm}$$

Poloměr patní kružnice je $77,5 \text{ mm} = 7,75 \text{ cm}$.

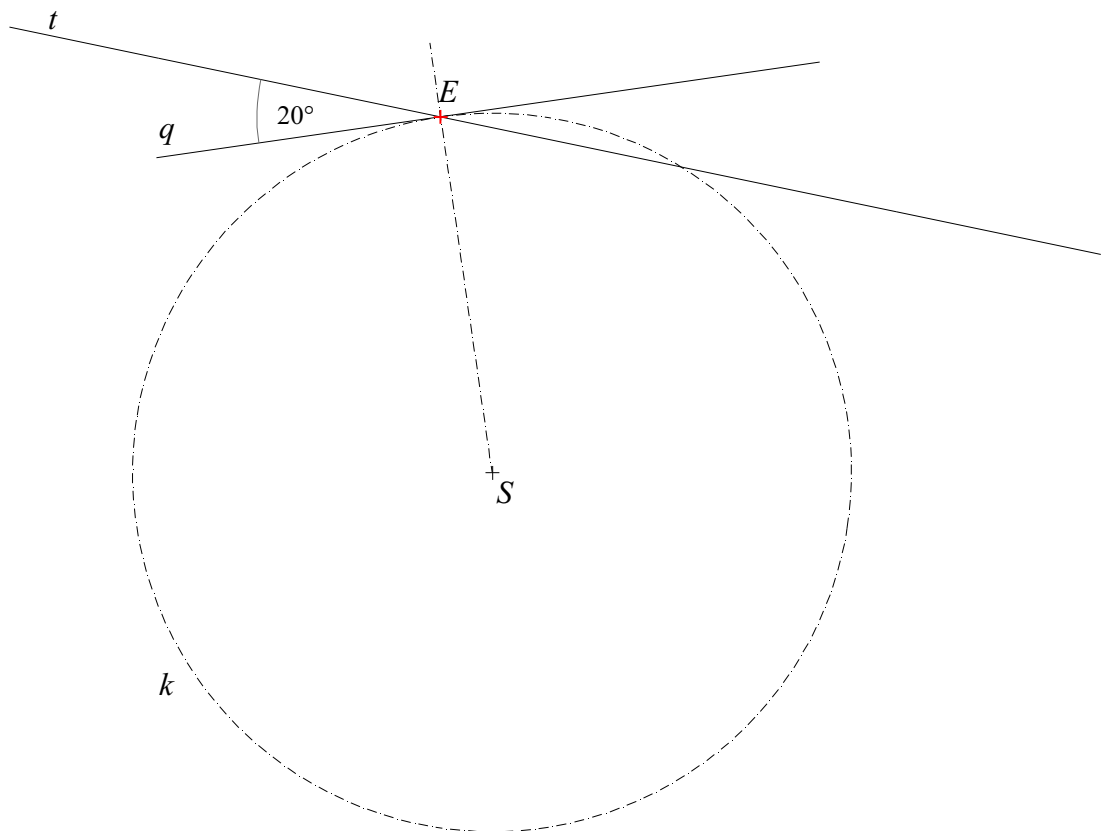
Hlavová kružnice:

$$d_a = d + 2m = (z + 2)m$$

$$d_a = (18 + 2) \cdot 10 = 200 \text{ mm}$$

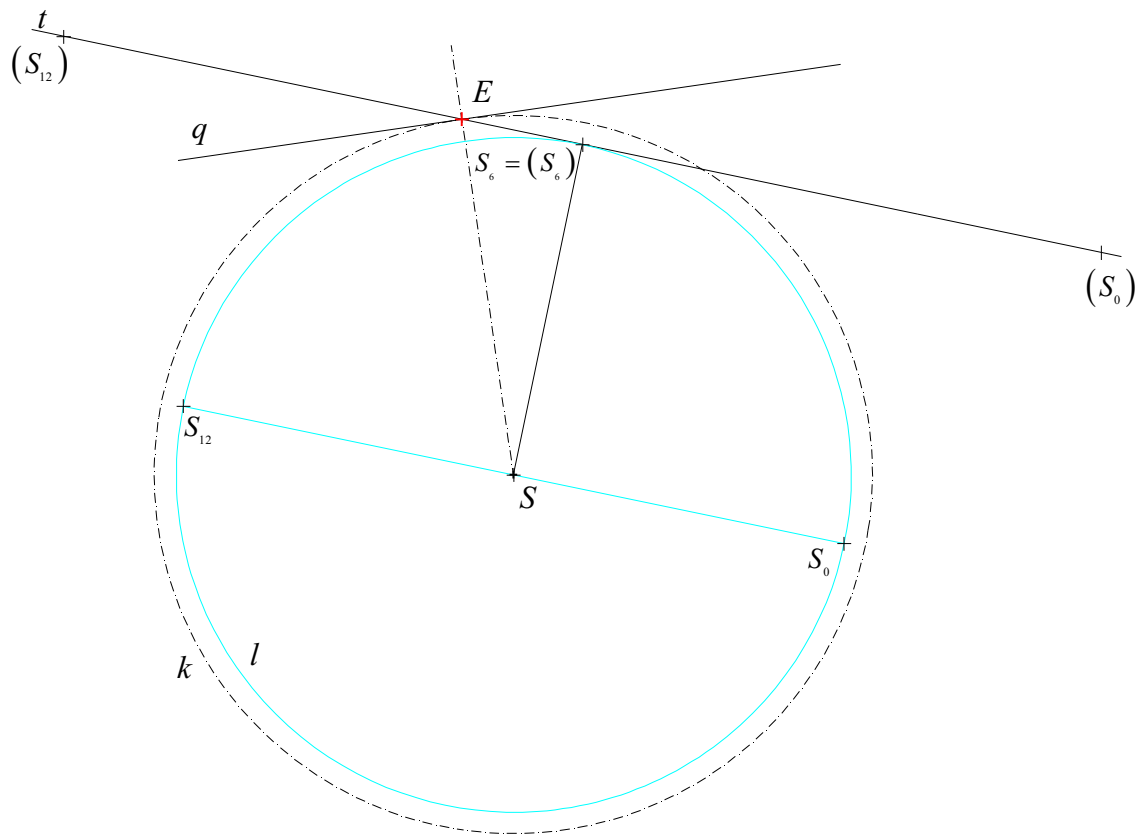
Poloměr hlavové kružnice je $100 \text{ mm} = 10 \text{ cm}$.

Máme-li spočítané potřebné údaje, můžeme přejít k samotné konstrukci. Sestrojíme si roztečnou kružnici k ($S, r = 9 \text{ cm}$). Na roztečné kružnici si zvolíme libovolně bod E , který bude vytvářet evolventní pohyb. V bodě E sestrojíme tečnu q k roztečné kružnici k . Přímka záběru t prochází bodem E a svírá s tečnou q úhel o velikosti 20° , jak je tomu na obr. 4.4 a v příloze 4.1.



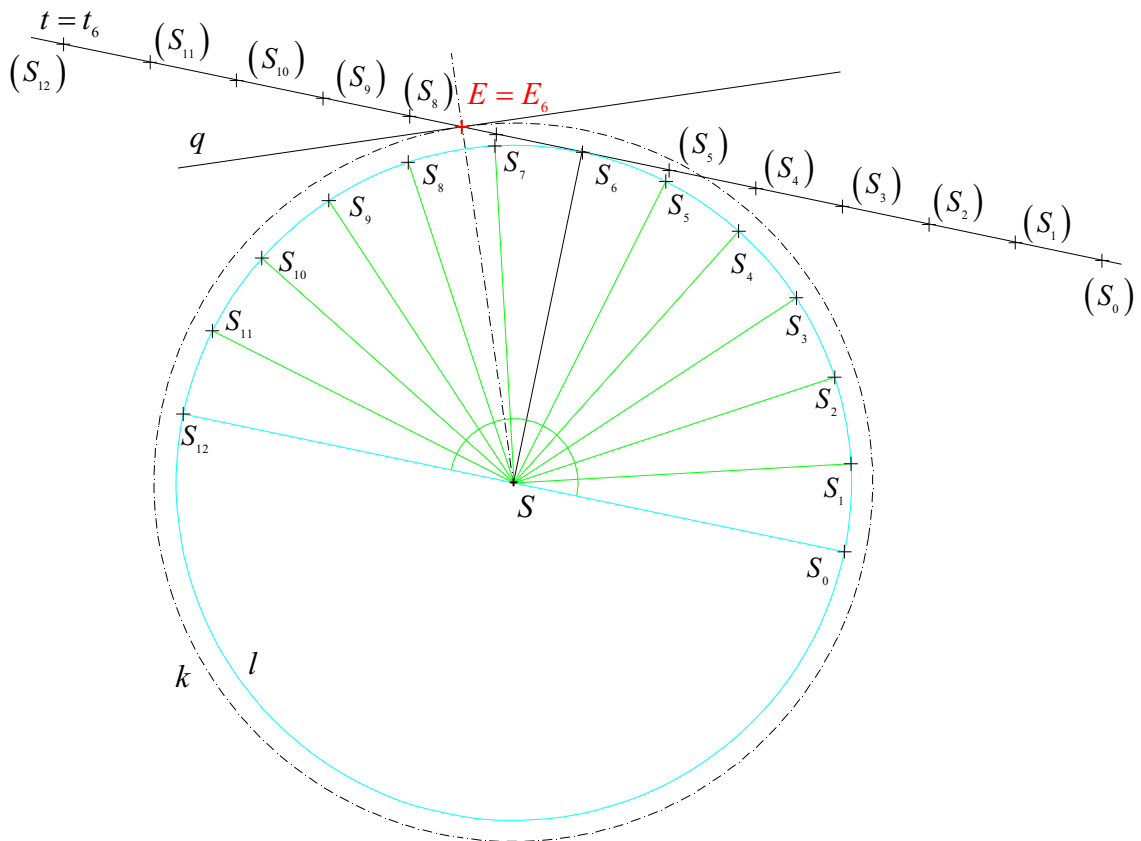
Obr. 4.4 – 1. krok konstrukce

Sestrojíme tzv. základní kružnici l , zobrazenou na obr. 4.5 a v příloze 4.2. Střed základní kružnice l splývá se středem roztečné kružnice a přímka záběru je její tečna. Bod dotyku základní kružnice a přímky záběru označíme $S_6 = (S_6)$. Důvod tohoto označení si vysvětlíme u dalšího kroku konstrukce. Nyní provedeme Kochaňského rektifikaci kružnice, jejíž postup lze najít v [9]. Středem základní kružnice S sestrojíme průměr rovnoběžný s přímkou záběru t . Krajní body průměru označme S_0 a S_{12} . Na přímce záběru sestrojíme body (S_0) a (S_{12}) tak, aby byla vzdálenost bodů $|(S_0)(S_6)| = |(S_6)(S_{12})| = \frac{\pi |SS_0|}{2}$ rovna čtvrtině délky základní kružnice.



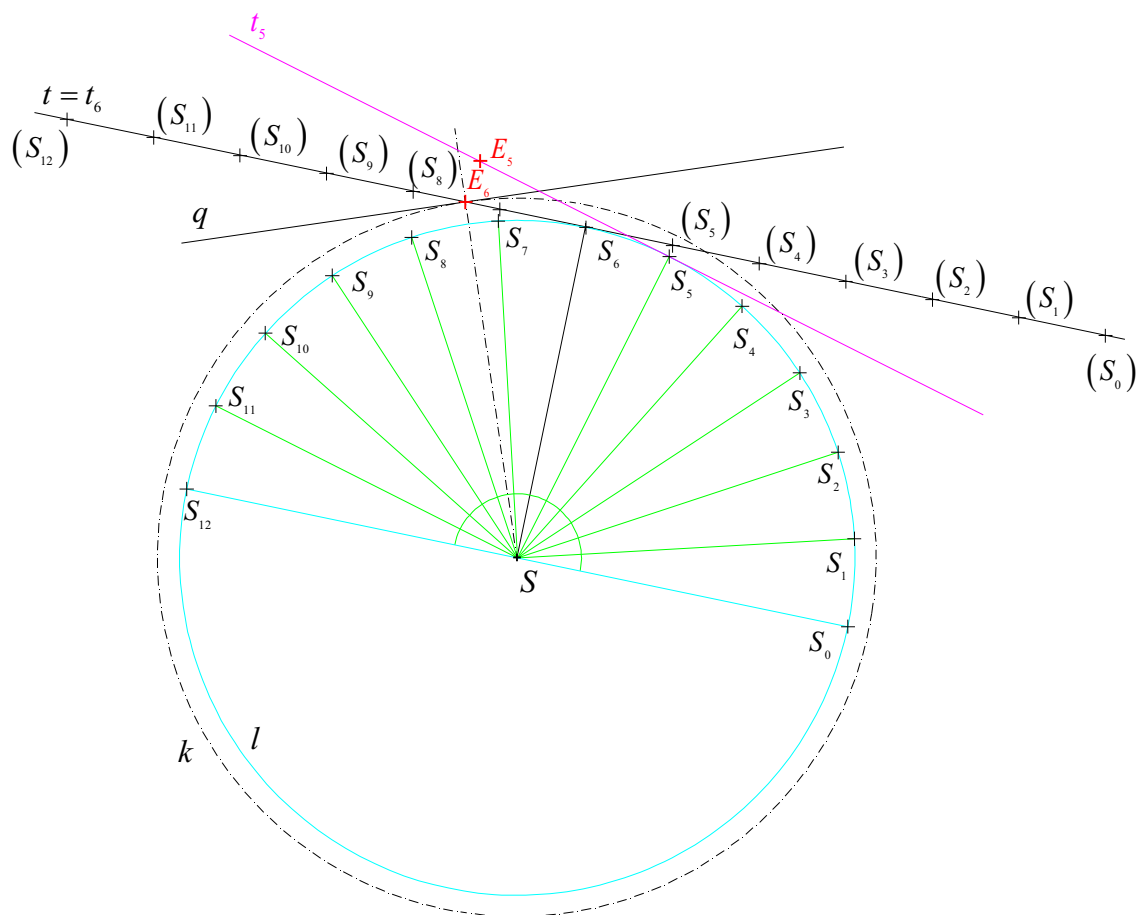
Obr. 4.5 – 2. krok konstrukce

Poloměry S_0S a SS_6 , SS_6 a SS_{12} svírají pravé úhly. Oba úhly rozdělíme na 6 shodných úhlů, jejichž velikost je 15° . Rozdělení je na obr. 4.6 a v příloze 4.3. Body na kružnici označíme S_i , $i = 1, 2, 3, \dots, 12$. Úsečky $(S_0)(S_6)$ a $(S_6)(S_{12})$ rozdělíme na 6 stejných úseček, označíme je (S_i) , $i = 1, 2, 3, \dots, 12$. Označení některých z bodů na obrázcích vynecháváme z důvodu přehlednosti. Délky úseček $|S_{i-1}S_i|$ a délky oblouků $|(S_{i-1})(S_i)|$ se rovnají, tj. $|S_{i-1}S_i| = |(S_{i-1})(S_i)|$.



Obr. 4.6 – 3. krok konstrukce

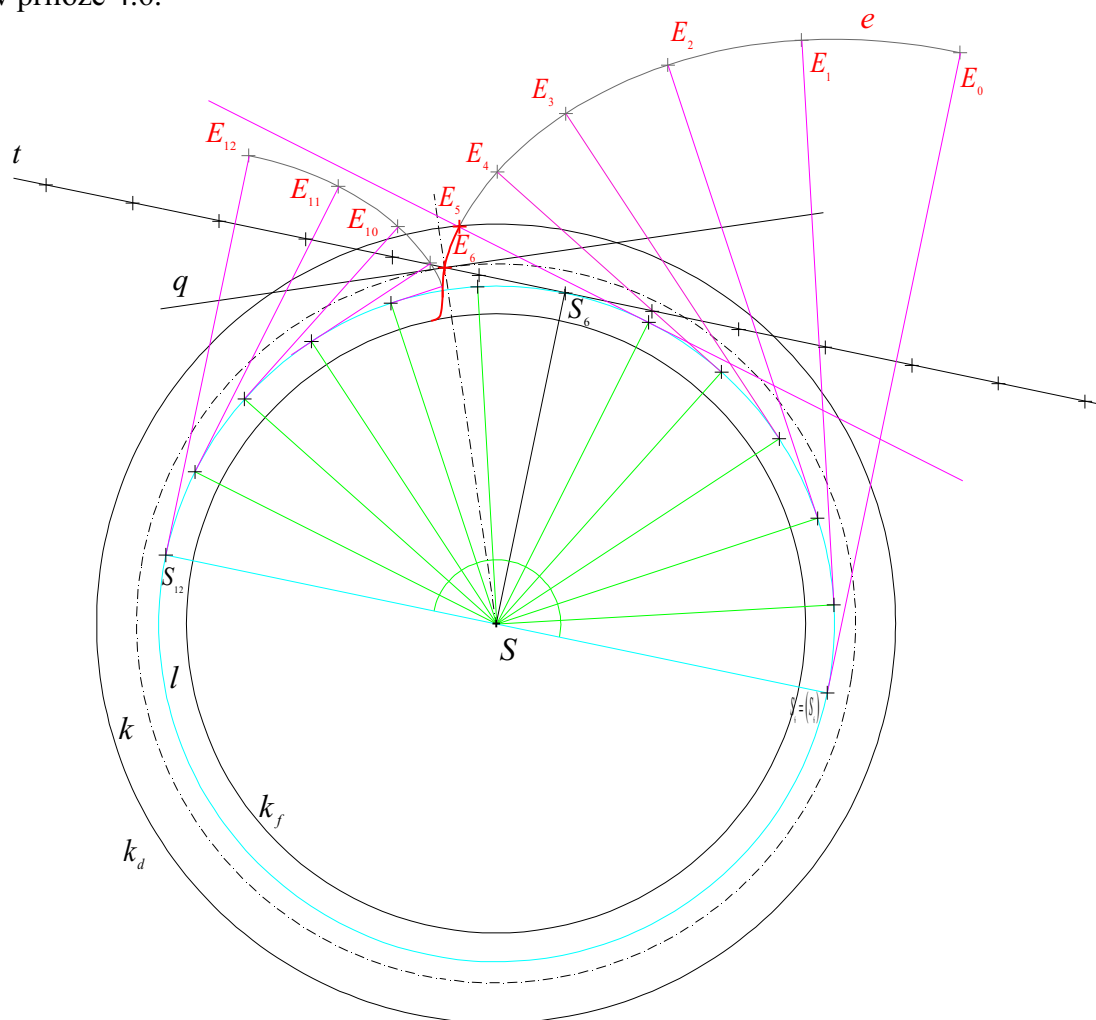
Při evolventním pohybu pro vytvoření zubu se přímka záběru odvaluje po základní kružnici. Při odvalování postupně splývají v daných polohách body S_i a (S_i) . Jako výchozí polohu jsme zvolili polohu $i = 6$, proto jsme bod dotyku na obr. 4.5 označili $S_6 = (S_6)$. Evolventní pohyb vytváří bod E , takže si ho můžeme označit jako bod v 6-té poloze E_6 a přímku záběru t jako t_6 . Na obr. 4.7 a v příloze 4.4 je sestrojena 5. poloha, ve které $S_5 = (S_5)$, přímka záběru t_5 je tečnou k základní kružnici l v bodě $S_5 = (S_5)$ a pro bod E_5 platí $|E_6(S_5)| = |E_5S_5|$.



Obr. 4.7 – 3. krok konstrukce

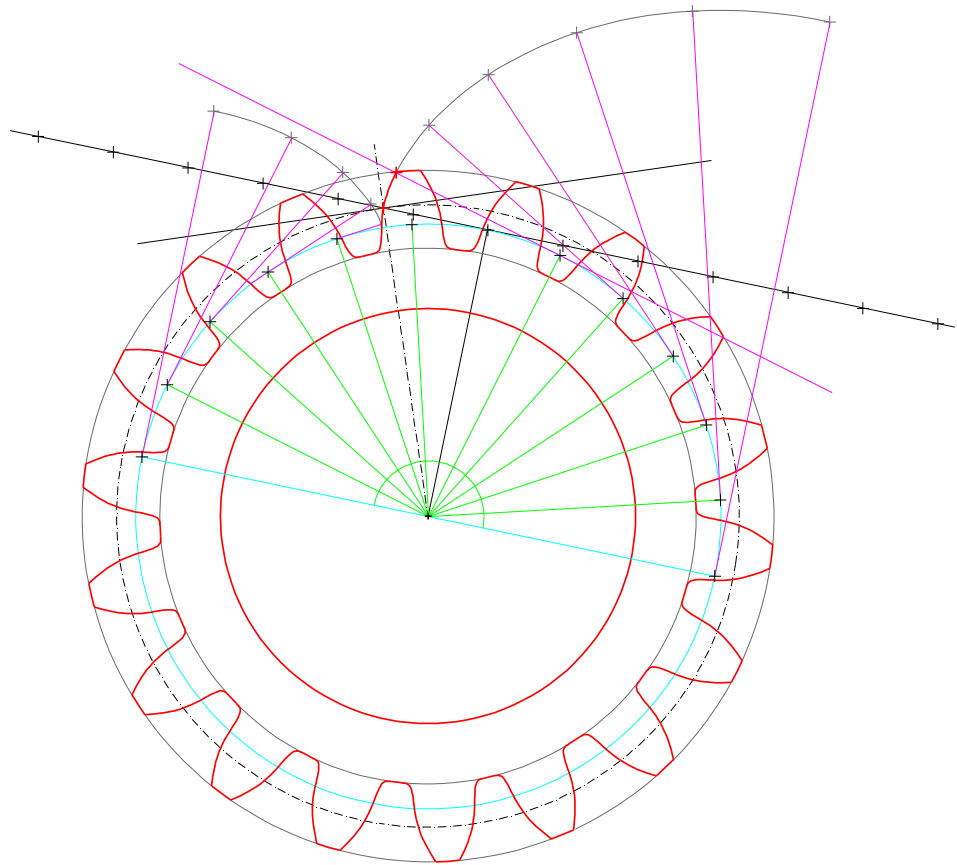
Tímto způsobem sestrojíme 12 poloh přímek záběru a 12 poloh bodů. Body $E_i, i = 1, 2, 3, \dots, 12$ na obr. 4.7, v příloze 4.5, tvoří evolventu e , která vznikla zadaným evolventním pohybem. Evolventa e je zobrazená na obr. 4.8, v příloze 4.6. Čím víc poloh bodů E získáme, tím bude evolventa přesnější. V dnešní době se pro konstrukce složitějších křivek využívají grafické softwary, které jsou přesnější, než ruční rýsování. Je ovšem důležité znát také postupy, o které nás můžou softwary připravit. Dynamické softwary, např. GeoGebra, zná příkaz množina bodů. Pomocí tohoto příkazu sestrojí křivku způsobem, který jsme ukázali, tj. na základě evolventního pohybu. Statické softwary využívají matematické předpisy zadaných křivek a to z oblastí diferenciální a analytické geometrie.

V dalším kroku sestrojíme patní kružnici k_f a hlavovou kružnici k_d . Poloměry těchto kružnic jsme spočítali na začátku kapitoly. Důležitou část evolventy e ohraničuje základní a hlavová kružnice. Část zubu mezi základní a patní kružnicí se dodělává pomocí přechodové křivky. Část zubu vidíme na obr. 4.10 a v příloze 4.6.

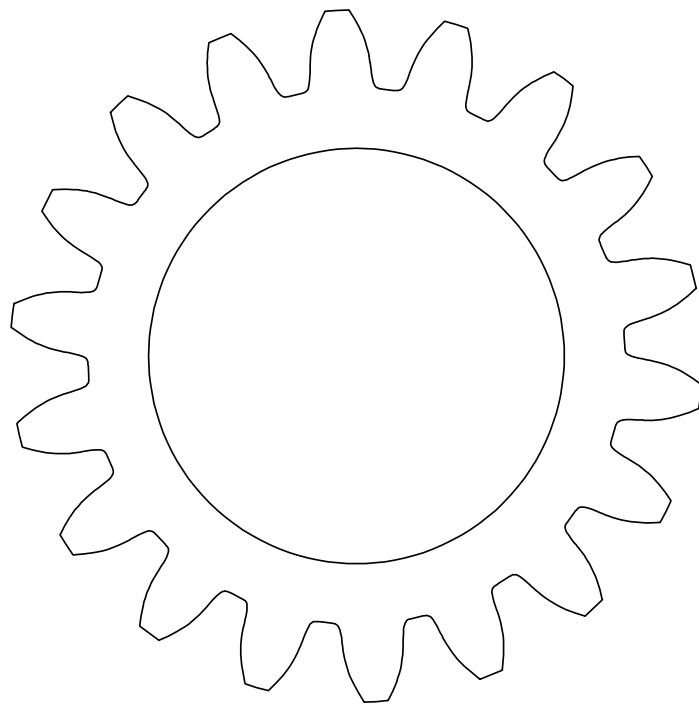


Obr. 4.11 – 7. krok konstrukce

Pomocí rozteče $P = \pi$ sestrojíme zbylé zuby, kterých má být dle zadání 18. Profil ozubeného kola s konstrukcí evolventy je na obr. 4.12 a v příloze 4.8. Výsledný profil ozubeného kola je na obr. 4.13 a v příloze 4.9. Z důvodu přehlednosti obrázků necháváme obr. 4.12 bez popisků. Červená kružnice na obr. 4.12 má poloměr 60 mm a jedná se středový otvor ozubeného kola.



Obr. 4.12 – 8. krok konstrukce

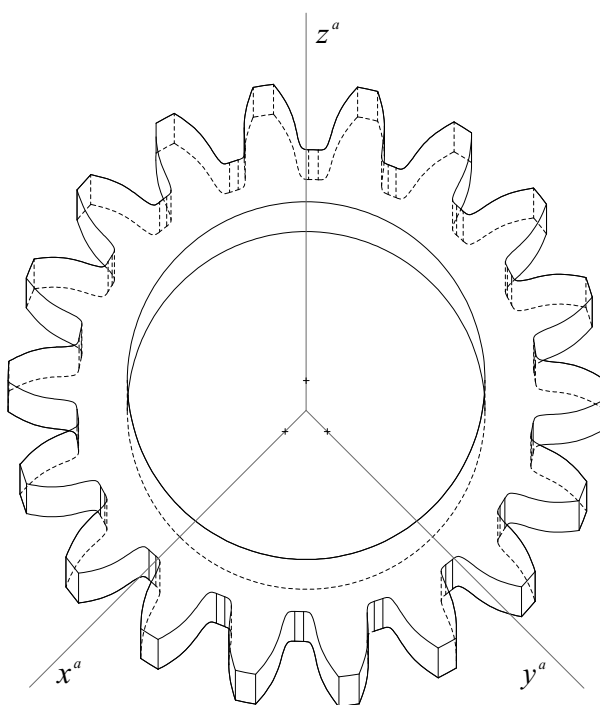


Obr. 4.13 – profil ozubeného kola

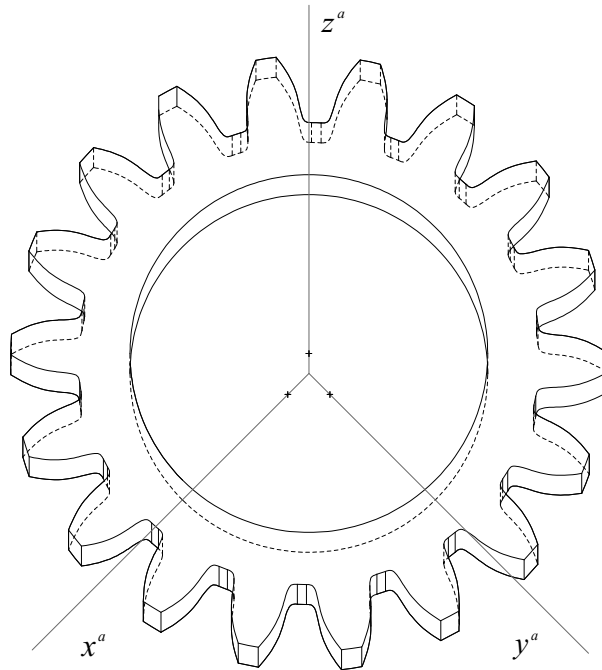
4.2 Zobrazení ozubeného kola

Profil ozubeného kola jsme sestrojili v předchozí kapitole 4.1. Tento profil umístíme do soustavy souřadnic tak, aby střed roztečné kružnice splýval s počátkem soustavy souřadnic. Vytáhneme-li profil ozubeného kola do výšky 10 mm ve směru osy z , získáváme tak model ozubeného kola z obr. 4.2 a 4.3. Tento model ozubeného kola promítneme ve vybraných axonometrických promítáních jako v předchozích kapitolách.

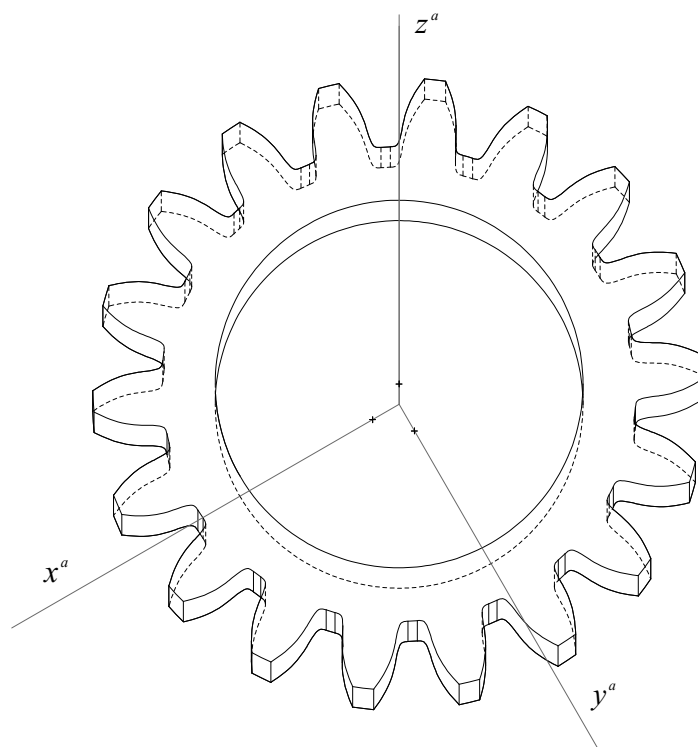
V předchozích kapitolách byly průměty sestrojeny způsobem, jako bychom je rýsovali ručně. K sestrojení průmětů modelu ozubeného kola v této kapitole využijeme grafického softwaru *Rhinoceros*. Jelikož se jedná o složitější model, při ručním rýsování bychom museli sestrojovat každou část zubu bodově. Jednalo by se o konstrukce náročné na přesnost i čas. V práci uvádíme zmenšené průměty ozubeného kola, přičemž nezmenšené průměty kola jsou v přílohách 4.10 – 4.16. Jedním z nejdůležitějších průmětů ozubeného kola je jeho technická izometrie, která je často využívána jako promítání užívající se v technických výkresech.



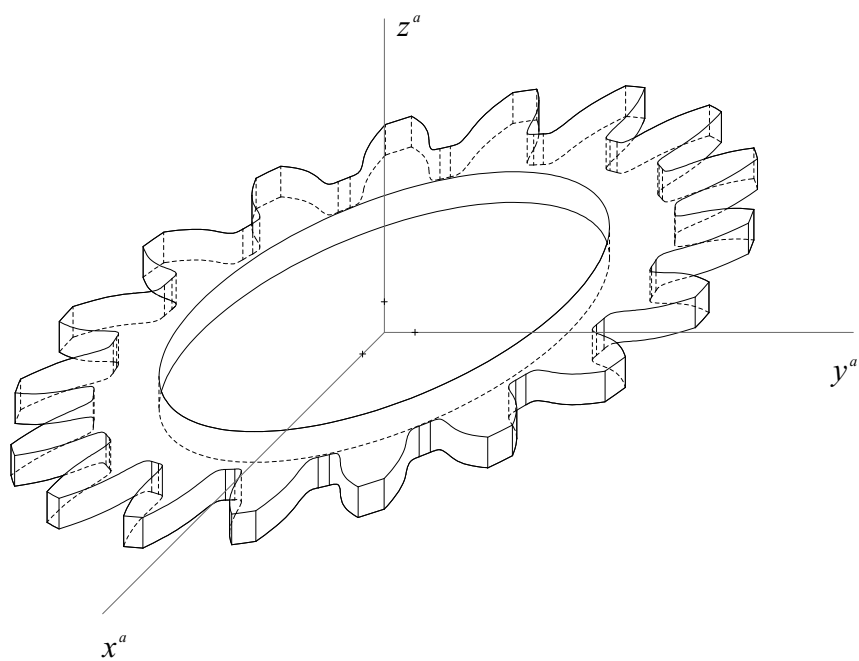
Obr. 4.14 – ozubené kolo ve vojenské perspektivě



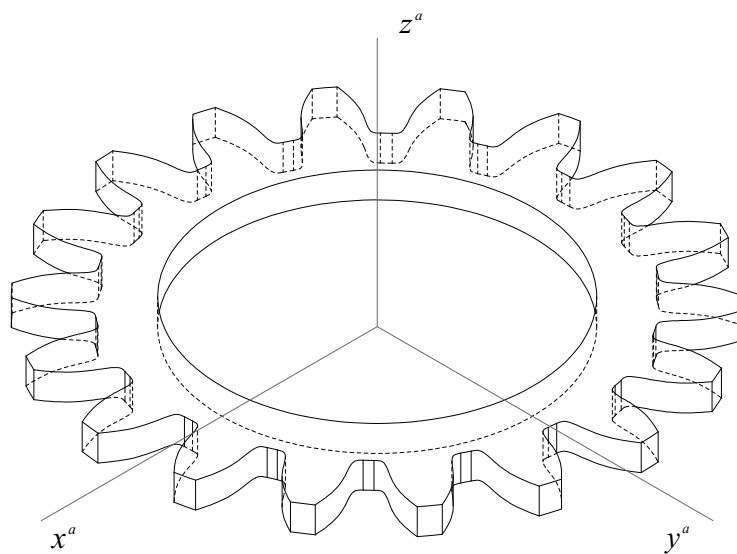
Obr. 4.15 – ozubené kolo v planometrii, 1. Zadání



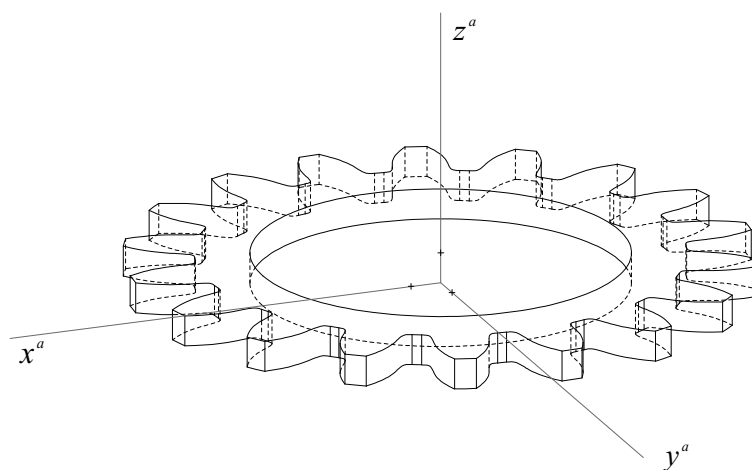
Obr. 4.16 – ozubené kolo v planometrii, 2. zadání



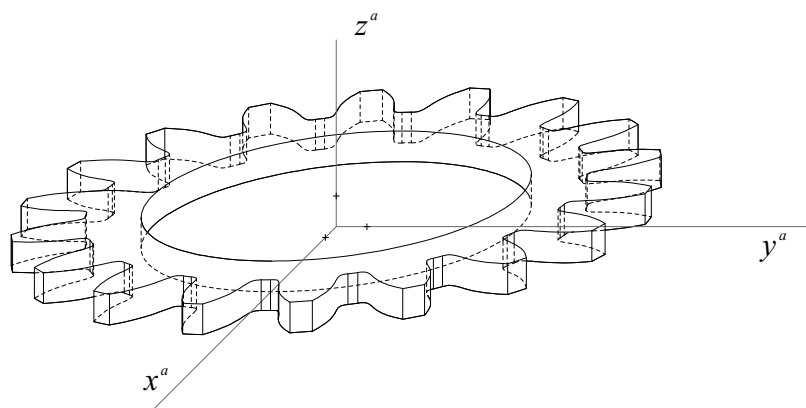
Obr. 4.17 – ozubené kolo v kavalírní perspektivě



Obr. 4.18 – ozubené kolo v technické izometrii

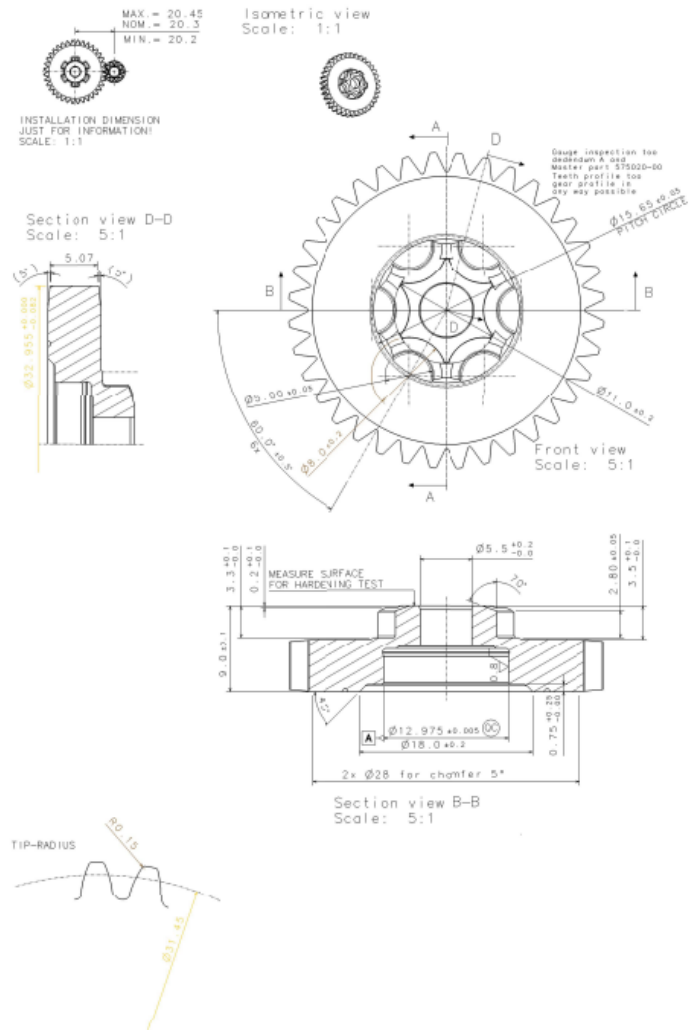


Obr. 4.19 – ozubené kolo v technické dimetrii



Obr. 4.20 – ozubené kolo v kabinetní axonometrii

Část ozubeného kola na technickém výkresu lze vidět na obr. 4.21. Zdroj, který poskytnul část technického výkresu, si nepřál být v práci uveden.



Obr. 4.21 – část technického výkresu ozubeného kola

Závěr

V práci jsme nejdřív popsali základní princip pravoúhlých promítání na několik průmětem a axonometrie, včetně jejího analytického vyjádření. Uvedli jsme klasifikaci jednotlivých speciálních axonometrických promítání. V těchto promítáních jsme si ukázali, jak sestrojít průměty elementárních těles. Zdůraznili jsme výhody a nevýhody některých promítání u vybraných těles. Na konci kapitoly jsme ukázali porovnání průmětů jednotlivých těles v axonometrických promítáních. Ve třetí kapitole jsme vymodelovali 3D součástky v grafickém softwaru, zadali jsme je pomocí svých sdružených průmětů a sestrojili průměty. Na konci kapitoly jsme opět uvedli přehled průmětů součástek v promítáních pro možnost srovnání. Ve čtvrté kapitole jsme ukázali, jakým způsobem lze vytvořit profil kolečka s evolventním ozubením. Následně sestrojené ozubené kolo jsme promítli v zadaných promítáních.

Za přínos práce považuji vytvoření přehledu názorných promítání bez využití hlubších znalostí deskriptivní geometrie, vytvoření obrázků obsahující průměty jednoho tělesa, případně součástky v 7-mi názorných axonometrických promítáních. Doufám, že práce poslouží učitelům matematiky pro demonstraci průmětů elementárních těles v jiných promítáních, než ve volném rovnoběžném promítání, případně učitelům deskriptivní geometrie jako námět jedné kapitoly do volitelného semináře.

Seznam použité literatury

- [1] ČERNÝ, Jaroslav a Milada KOČANDRLOVÁ. *Konstruktivní geometrie*. Praha: ČVUT, 1995. ISBN 80-01-00838-x
- [2] POMYKALOVÁ, Eva. *Deskriptivní geometrie pro střední školy*. Praha: Prometheus, 2010. ISBN 978-80-7196-400-1
- [3] ŠVERCL, Josef. *Technické kreslení a deskriptivní geometrie pro školu a praxi*. Praha: Scientia, pedagogické nakladatelství, 2003. ISBN 80-7183-297-9
- [4] URBAN, Alois. *Deskriptivní geometrie I*. Praha: 1982, Alfa, vydavatelství technické a ekonomické literatury
- [5] HARTMANN Erich, *Darstellende geometrie für Bauingenieure*. [online] Fachbereich Mathematik Technische, Universität Darmstadt, WS 05/06 [cit. 2022-12-24]
Dostupné z: <https://www2.mathematik.tu-darmstadt.de/~ehartmann/dgb.pdf>
- [6] Afinita a kolineace. Matematická sekce / Matematicko-fyzikální fakulta Univerzita Karlova [online], [cit. 2022-12-24]
Dostupné z:
<https://www2.karlin.mff.cuni.cz/~jole/plichtova/Diplomka/AfinitaAKolineace/?page=PrimkaAElipsa>
- [7] POMYKALOVÁ, Eva. *Matematika pro gymnázia*. 4. vyd. Praha: Prometheus, 2009. Učebnice pro střední školy (Prometheus). ISBN 9788071963899.
- [8] MERTL Petr, KARGEROVÁ Marie, *Konstruktivní geometrie*, [online] [cit. 2022-12-24]
Dostupné z: <https://marian.fsik.cvut.cz/~kongo/pm.html>
- [9] DML-CZ-Czech Digital Mathematics Library: Několik důkazů a konstrukcí věty Pohlkeovy. DML-CZ-Czech Digital Mathematics Library [online] [cit. 2022-12-24]
Dostupné z: <https://dml.cz/handle/10338.dmlcz/109362>

Seznam obrázků

- Obr. 1.1 – zobrazení rotačního kužele v Mongeově promítání
- Obr. 1.2 – otočení půdorysny v Mongeově promítání
- Obr. 1.3 – průmět rotačního kužele v Mongeově promítání
- Obr. 1.4 – zobrazení rotačního kužele, 3 průměty
- Obr. 1.5 – zobrazení rotačního kužele, 2 průměty
- Obr. 1.6 – zobrazení rotačního kužele se středem podstavy v počátku soustavy souřadnic
- Obr. 1.7 – zobrazení rotačního kužele se středem podstavy v počátku soustavy souřadnic, odsunutí nárysu a půdorysu
- Obr. 1.8 – model domečku, pohled 1
- Obr. 1.9 – model domečku, pohled 2
- Obr. 1.10 – objekt v pomocné krychli
- Obr. 1.11 – rozvíjení šesti průmětem do jedné roviny
- Obr. 1.12 – průměty domečku v promítání na šest průměten
- Obr. 1.13 – průměty domečku v promítání na šest průměten
- Obr. 1.14 – zadání axonometrie pomocí axonometrických os a axonometrických jednotek
- Obr. 1.15 – analytické vyjádření axonometrie
- Obr. 1.16 – analytické vyjádření axonometrie
- Obr. 1.17 – ukázka zadání axonometrie pomocí úhlů, které svírají souřadnicové osy
- Obr. 2.1 – sdružené průměty krychle
- Obr. 2.2– sdružené průměty kvádra
- Obr. 2.3 – sdružené průměty čtyřbokého jehlanu
- Obr. 2.4 – sdružené průměty rotačního válce
- Obr. 2.5 – sdružené průměty rotačního kužele
- Obr. 2.6 – sdružené průměty koule
- Obr. 2.7 – zadání vojenské perspektivy
- Obr. 2.8 – obraz krychle ve vojenské perspektivě
- Obr. 2.9 – obraz kvádra ve vojenské perspektivě
- Obr. 2.10 – obraz kvádra ve vojenské perspektivě

- Obr. 2.11 – obraz rotačního válce ve vojenské perspektivě
- Obr. 2.12 – obraz rotačního kužele ve vojenské perspektivě
- Obr. 2.13 – obraz koule ve vojenské perspektivě
- Obr. 2.14 – zadání planometrie, 1. způsob
- Obr. 2.15 – zadání planometrie, 2. způsob
- Obr. 2.16 – obraz krychle v planometrii (1. způsob zadání)
- Obr. 2.17 – obraz krychle v planometrii (2. způsob zadání)
- Obr. 2.18 – obraz kvádrů v planometrii (1. způsob zadání)
- Obr. 2.19 – obraz kvádrů v planometrii (2. způsob zadání)
- Obr. 2.20 – obraz čtyřbokého hranolu v planometrii (1. způsob zadání)
- Obr. 2.21 – obraz čtyřbokého hranolu v planometrii (2. způsob zadání)
- Obr. 2.22 – obraz válce v planometrii (1. způsob zadání)
- Obr. 2.23 – obraz válce v planometrii (2. způsob zadání)
- Obr. 2.24 – obraz kužele v planometrii (1. způsob zadání)
- Obr. 2.25 – obraz kužele v planometrii (2. způsob zadání)
- Obr. 2.26 – obraz koule v planometrii (1. způsob zadání)
- Obr. 2.27 – obraz koule v planometrii (2. způsob zadání)
- Obr. 2.28 – zadání kavalírní perspektivy
- Obr. 2.29 – obraz krychle v kavalírní perspektivě
- Obr. 2.30 – obraz kvádrů v kavalírní perspektivě
- Obr. 2.31 – obraz čtyřbokého jehlanu v kavalírní perspektivě
- Obr. 2.32 – obraz rotačního válce v kavalírní perspektivě
- Obr. 2.33 – obraz rotačního kužele v kavalírní perspektivě
- Obr. 2.34 – obraz koule v kavalírní perspektivě
- Obr. 2.35 – odvození jednotek v technické izometrii
- Obr. 2.36 – zadání technické izometrie
- Obr. 2.37 – obraz krychle v technické izometrii
- Obr. 2.38 – obraz kvádrů v technické izometrii
- Obr. 2.39 – obraz čtyřbokého hranolu v technické izometrii
- Obr. 2.40 – obraz rotačního válce v technické izometrii

- Obr. 2.41 – obraz rotačního kužele v technické izometrii
- Obr. 2.42 – obraz koule v technické izometrii
- Obr. 2.43 – zadání technické dimetrie
- Obr. 2.44 – obraz krychle v technické dimetrii
- Obr. 2.45 – obraz kváдру v technické dimetrii
- Obr. 2.46 – obraz čtyřbokého hranolu v technické dimetrii
- Obr. 2.47 – obraz rotačního válce v technické dimetrii
- Obr. 2.48 – obraz rotačního kužele v technické dimetrii
- Obr. 2.49 – obraz koule v technické dimetrii
- Obr. 2.50 – zadání kabinetní axonometrie
- Obr. 2.51 – obraz krychle v kabinetní axonometrii
- Obr. 2.52 – obraz kváдру v kabinetní axonometrii
- Obr. 2.53 – obraz krychle v kabinetní axonometrii
- Obr. 2.54 – obraz rotačního válce v kabinetní axonometrii
- Obr. 2.55 – obraz rotačního kužele v kabinetní axonometrii
- Obr. 2.56 – obraz koule v kabinetní axonometrii
- Obr. 2.57 – obraz krychle v axonometrických promítáních
- Obr. 2.58 – obraz kváдру v axonometrických promítáních
- Obr. 2.59 – obraz kolmého pravidelného čtyřbokého jehlanu v axonometrických promítáních
- Obr. 2.60 – obraz rotačního válce v axonometrických promítáních
- Obr. 2.61 – obraz rotačního kužele v axonometrických promítáních
- Obr. 2.62 – obraz koule v axonometrických promítáních
- Obr. 2.63 – přehled průmětů elementárních těles v axonometrických promítáních
- Obr. 3.1 – model 1. součástky
- Obr. 3.2 – model 2. součástky
- Obr. 3.3 – model 2. součástky
- Obr. 3.4 – model 4. součástky, pohled 1
- Obr. 3.5 – model 4. součástky, pohled 2
- Obr. 3.6 – model 5. součástky
- Obr. 3.7 – zadání 1. Součástky

Obr. 3.8 – zadání 2. součástky
Obr. 3.9 – zadání 3. součástky
Obr. 3.10 – zadání 4. součástky
Obr. 3.11 – zadání 5. součástky
Obr. 3.12 – model USB flash disku ve vojenské perspektivě
Obr. 3.13 – model USB flash disku v planometrii, 1. způsob zadání
Obr. 3.14 – model USB flash disku v planometrii, 2. způsob zadání
Obr. 3.15 – model USB flash disku v kavalírní perspektivě
Obr. 3.16 – model USB flash disku v technické izometrii
Obr. 3.17 – model USB flash disku v technické dimetrii
Obr. 3.18 – model USB flash disku v technické dimetrii 2
Obr. 3.19 – model USB flash disku v kabinetní axonometrii
Obr. 3.20 – stavebnice ve vojenské perspektivě
Obr. 3.21 – stavebnice v planometrii, 1. způsob zadání
Obr. 3.22 – stavebnice v planometrii, 2. způsob zadání
Obr. 3.23 – stavebnice v kavalírní perspektivě, 1. způsob zadání
Obr. 3.24 – stavebnice v kavalírní perspektivě, 2. způsob zadání
Obr. 3.25 – stavebnice v technické izometrii
Obr. 3.26 – stavebnice v technické dimetrii
Obr. 3.27 – stavebnice v kabinetní axonometrii 1. způsob zadání
Obr. 3.28 – stavebnice v kabinetní axonometrii 2. způsob zadání
Obr. 3.29 – matice bez závitů ve vojenské perspektivě
Obr. 3.30 – matice bez závitů v planometrii, 1. způsob zadání
Obr. 3.31 – matice bez závitů v planometrii, 2. způsob zadání
Obr. 3.32 – matice bez závitů v kavalírní perspektivě, 1. způsob zadání
Obr. 3.33 – matice bez závitů v kavalírní perspektivě, 2. způsob zadání
Obr. 3.34 – matice bez závitů v technické izometrii
Obr. 3.35 – matice bez závitů v technické dimetrii
Obr. 3.36 – matice bez závitů v kabinetní axonometrii, 1. způsob zadání
Obr. 3.37 – matice bez závitů v kabinetní axonometrii, 2. způsob zadání

- Obr. 3.38 – válcové kluzné ložisko ve vojenské perspektivě
- Obr. 3.39 – válcové kluzné ložisko v planometrii, 1. způsob zadání
- Obr. 3.40 – válcové kluzné ložisko v planometrii, 2. způsob zadání
- Obr. 3.41 – válcové kluzné ložisko v kavalírní perspektivě, 1. způsob zadání
- Obr. 3.42 – válcové kluzné ložisko v kavalírní perspektivě, 2. způsob zadání
- Obr. 3.43 – válcové kluzné ložisko v technické izometrii
- Obr. 3.44 – válcové kluzné ložisko v technické dimetrii
- Obr. 3.45 – válcové kluzné ložisko v kabinetní axonometrii, 1. způsob zadání
- Obr. 3.46 – válcové kluzné ložisko v kabinetní axonometrii, 2. způsob zadání
- Obr. 3.47 – držák zásuvky na tažné zařízení ve vojenské perspektivě
- Obr. 3.48 – držák zásuvky na tažné zařízení v planometrii, 1. způsob zadání
- Obr. 3.49 – držák zásuvky na tažné zařízení v planometrii, 2. způsob zadání
- Obr. 3.50 – držák zásuvky na tažné zařízení v kavalírní perspektivě, 1. způsob zadání
- Obr. 3.51 – držák zásuvky na tažné zařízení v kavalírní perspektivě, 2. způsob zadání
- Obr. 3.52 – držák zásuvky na tažné zařízení v technické izometrii
- Obr. 3.53 – držák zásuvky na tažné zařízení v technické dimetrii
- Obr. 3.54 – držák zásuvky na tažné zařízení v kabinetní axonometrii, 1. způsob zadání
- Obr. 3.55 – držák zásuvky na tažné zařízení v kabinetní axonometrii, 2. způsob zadání
- Obr. 3.56 – model USB flash disku v axonometrických promítáních
- Obr. 3.57 – stavebnice v axonometrických promítáních
- Obr. 3.58 – matice bez závitu v axonometrických promítáních
- Obr. 3.59 – válcové kluzné ložisko v axonometrických promítáních
- Obr. 3.60 – držák zásuvky na tažné zařízení v axonometrických promítáních
- Obr. 4.1 – kružnice u ozubeného kola
- Obr. 4.2 – ozubené kolo, pohled 1
- Obr. 4.3 – ozubené kolo, pohled 2
- Obr. 4.4 – 1. krok konstrukce
- Obr. 4.5 – 2. krok konstrukce
- Obr. 4.6 – 3. krok konstrukce
- Obr. 4.7 – 3. krok konstrukce

- Obr. 4.8 – 4. krok konstrukce
- Obr. 4.9 – 5. krok konstrukce
- Obr. 4.11 – 7. krok konstrukce
- Obr. 4.12 – 8. krok konstrukce
- Obr. 4.13 – profil ozubeného kola
- Obr. 4.14 – ozubené kolo ve vojenské perspektivě
- Obr. 4.15 – ozubené kolo v planometrii, 1. Zadání
- Obr. 4.16 – ozubené kolo v planometrii, 2. zadání
- Obr. 4.17 – ozubené kolo v kavalírní perspektivě
- Obr. 4.18 – ozubené kolo v technické izometrii
- Obr. 4.19 – ozubené kolo v technické dimetrii
- Obr. 4.20 – ozubené kolo v kabinetní axonometrii
- Obr. 4.21 – část technického výkresu ozubeného kola

Seznam tabulek

Tabulka 1.1 – přehled kvadrantů a souřadnicových os, které jej určují

Tabulka 1.2 – označení směrů pohledů

Tabulka 2.1 – speciální typy axonometrií a jejich určení

Tabulka 2.2 – nejčastější volba speciálních typů axonometrií a jejich určení

Tabulka 2.3 – zadání elementárních těles

Tabulka 3.1 – seznam součástí

Seznam příloh

Vzhledem k formátu příloh, nejsou tištěné přílohy součástí vázané části práce, ale jsou vloženy jako samostatné listy do desek práce. V elektronické verzi práce jsou přílohy vloženy jako samostatné soubory. Zde uvádíme jejich seznam:

Příloha 2.1 – obraz krychle v axonometrických promítáních

Příloha 2.2 – obraz kvádra v axonometrických promítáních

Příloha 2.3 – obraz pravidelného kolmého čtyřbokého jehlanu v axonometrických promítáních

Příloha 2.4 – obraz rotačního válce v axonometrických promítáních

Příloha 2.5 – obraz rotačního kužele v axonometrických promítáních

Příloha 2.6 – obraz koule v axonometrických promítáních

Příloha 3.1 – model USB flash disku ve vojenské perspektivě

Příloha 3.2 – model USB flash disku v planometrii

Příloha 3.3 – model USB flash disku v kavalírní perspektivě

Příloha 3.4 – model USB flash disku v technické izometrii

Příloha 3.5 – model USB flash disku v technické dimetrii

Příloha 3.6 – model USB flash disku v kabinetní axonometrii

Příloha 3.7 – model stavebnice ve vojenské perspektivě

Příloha 3.8 – model stavebnice v planometrii

Příloha 3.9 – model stavebnice v kavalírní perspektivě

Příloha 3.10 – model stavebnice v technické izometrii

Příloha 3.11 – model stavebnice v technické dimetrii

Příloha 3.12 – model stavebnice v kabinetní axonometrii

Příloha 3.13 – model matice bez závitu ve vojenské perspektivě a v planometrii

Příloha 3.14 – model matice bez závitu v kavalírní perspektivě

Příloha 3.15 – model matice bez závitu v technické izometrii a technické dimetrii

Příloha 3.16 – model matice bez závitu v kabinetní axonometrii

Příloha 3.17 – model válcového kluzného ložiska ve vojenské perspektivě a v planometrii

Příloha 3.18 – model válcového kluzného ložiska v kavalírní perspektivě

Příloha 3.19 – model válcového kluzného ložiska v technické izometrii a v technické dimetrii

Příloha 3.20 – model válcového kluzného ložiska v kabinetní axonometrii

Příloha 3.21 – model držáku zásuvky na tažné zařízení ve vojenské perspektivě

Příloha 3.22 – model držáku zásuvky na tažné zařízení v planometrii 1

Příloha 3.23 – model držáku zásuvky na tažné zařízení v planometrii 2

Příloha 3.24 – model držáku zásuvky na tažné zařízení v kavalírní perspektivě 1

Příloha 3.25 – model držáku zásuvky na tažné zařízení v kavalírní perspektivě 2

Příloha 3.26 – model držáku zásuvky na tažné zařízení v technické izometrii a technické dimetrii

Příloha 3.27 – model držáku zásuvky na tažné zařízení v kabinetní axonometrii

Příloha 3.28 – obraz modelu USB flash v axonometrických promítáních

Příloha 3.29 – obraz modelu stavebnice v axonometrických promítáních

Příloha 3.30 – obraz modelu matice bez závitů v axonometrických promítáních

Příloha 3.31 – obraz modelu válcového kluzného ložiska v axonometrických promítáních

Příloha 3.32 – obraz držáku zásuvky na tažné zařízení v axonometrických promítáních

Příloha 4.1 – 1. krok konstrukce profilu ozubeného kola

Příloha 4.2 – 2. krok konstrukce profilu ozubeného kola

Příloha 4.3 – 3. krok konstrukce profilu ozubeného kola

Příloha 4.4 – 4. krok konstrukce profilu ozubeného kola

Příloha 4.5 – 5. krok konstrukce profilu ozubeného kola

Příloha 4.6 – 6. krok konstrukce profilu ozubeného kola

Příloha 4.7 – 7. krok konstrukce profilu ozubeného kola

Příloha 4.8 – 8. krok konstrukce profilu ozubeného kola

Příloha 4.9 – profil ozubeného kola

Příloha 4.10 – ozubené kolo ve vojenské perspektivě

Příloha 4.11 – ozubené kolo v planometrii, 1. zadání

Příloha 4.12 – ozubené kolo v planometrii, 2. zadání

Příloha 4.13 – ozubené kolo v kavalírní perspektivě

Příloha 4.14 – ozubené kolo v technické izometrii

Příloha 4.15 – ozubené kolo v technické dimetrii

Příloha 4.16 – ozubené kolo v kabinetní axonometrii

Příloha A – síť pro vojenskou perspektivu

Příloha B – síť pro planometrii, 1.způsob zadání

Příloha C – síť pro planometrii, 1.způsob zadání

Příloha D – síť pro kavalírní perspektivu

Příloha E – síť pro technickou izometrii

Příloha F – síť pro technickou dimetrii

Příloha G – síť pro kabinetní axonometrii