

UNIVERZITA PARDUBICE  
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2014

Bc. Vlastimil Morávek

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Motokolo Start

Bc. Vlastimil Morávek

Diplomová práce

2014

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Vlastimil Morávek**  
Osobní číslo: **D10797**  
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**  
Studijní obor: **Dopravní prostředky: Silniční vozidla**  
Název tématu: **MOTOKOLO START**  
Zadávací katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Konstrukční návrh skládacího rámu
2. Pevnostní analýza rámu
3. Konstrukční návrh kombinovaného pohonu
4. Vypracování výkresové dokumentace

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího práce

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran textu a přílohy

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

[ 1 ] KOVÁŘ, J. Metodika konstruování. Nakladatelství technické literatury, Praha 1977

[ 2 ] KALÁB, K. Návrh a výpočet řetězového převodu, vysokoškolská příručka. VŠB - Technická Univerzita Ostrava fakulta strojní, Ostrava 2008

[ 3 ] LEINVEBER, J.,ŘASA, J., VÁVRA, P. Strojnické tabulky. Pedagogické nakladatelství Scientia spol. s.r.o., Praha 1999. ISBN 80 - 7183 - 164 - 6

Vedoucí diplomové práce: Ing. Ivo Šefčík, Ph.D.


Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání diplomové práce: 21. února 2014

Termín odevzdání diplomové práce: 23. května 2014

  
prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.  
děkan

L.S.

  
doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 21. února 2014

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č.121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 14.9. 2014



Bc. Vlastimil Morávek

**Poděkování:**

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce, panu Ing. Ivovi Šefčíkovi, Ph.D., za náměty a odborné vedení a za čas strávený při konzultacích.

## ANOTACE

Práce je zaměřena na řešení návrhu a následně konstrukci skládacího kola a jeho kombinovaného pohonu složeného ze spalovacího motoru, pedálů a řetězových převodů, pomocí kterých je zajištěn přenos krouticího momentu. V softwaru Autodesk Inventor, který obsahuje pevnostní analýzu různých sestav, konstrukcí a součástí, provedu pevnostní kontrolu skládacího rámu motokola a dimenze jednotlivých částí rámu.

## KLÍČOVÁ SLOVA

*motokolo, skládací rám, pevnostní analýza, kombinovaný pohon, spalovací motor, řetězový převod,*

## TITLE

Motorbikes Start

## ANNOTATION

This work is focused on a design and subsequent construction of a foldable bike and its combined gear which comprises a combustion engine, pedals and chain gears through which the moment of torque is transmitted. Software Autodesk Inventor features a possibility to carry out strength analyses of various assemblies, structures and parts. This feature will be used for performing the given strength analysis of the frame of the foldable motobike and for dimensioning of various frame parts.

## KEYWORDS

*Motorbikes, folding frame, strength analysis, combined drive, gas-engine, chain gear*

# Obsah

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>1. Historický vývoj jízdního kola [ 1 ]</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Současný a budoucí vývoj jízdního kola [ 2 ]</b> .....	<b>14</b>
<b>3. Koncepce skládacího motokola</b> .....	<b>16</b>
3.1. Důležité požadavky pro návrh a konstrukci skládacího motokola .....	16
3.2. Postup návrhu skládacího motokola .....	18
<b>4. Popis jednotlivých navržených variant skládacího motokola</b> .....	<b>20</b>
4.1. Možné varianty skládání rámu motokola.....	20
4.2. Možné varianty kombinovaného pohonu skládacího motokola .....	22
4.3. Možné varianty volby spalovacího motoru motokola.....	26
<b>5. Konstrukční návrh rámu včetně výpočtu a pevnostní analýzy</b> .....	<b>28</b>
5.1. Geometrie rámu.....	29
5.2. Připojovací rozměry rámu.....	30
5.3. Materiál rámu .....	30
5.4. Namáhání rámu .....	30
5.4.1. Určení těžiště soustavy kola a jezdce .....	31
5.4.2. Statické zatížení rámu .....	31
5.4.3. Dynamické zatížení rámu .....	33
5.4.4. Zatížení rámu při brzdění.....	35
5.4.4.1. Zatížení rámu při brzdění přední brzdou .....	36
5.4.4.2. Zatížení rámu při brzdění zadní brzdou.....	38
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>41</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA</b> .....	<b>42</b>
<b>PŘÍLOHY</b> .....	Chyba! Záložka není definována.

# SEZNAM ILUSTRACÍ, TABULEK A GRAFŮ

## Obrázky:

Obrázek 1 „Draisina“ .....	11
Obrázek 2 Michauxův velociped .....	12
Obrázek 3 Kolo CUBE Reaction GTC Pro .....	14
Obrázek 4 Kolo CUBE LTD Pro 29 .....	15
Obrázek 5 Koncept elektrokola EBIQ .....	15
Obrázek 6 Elektrokolo INgSOC .....	15
Obrázek 7 Skládací jízdní kolo Mercedes-Benz Folding Bike .....	17
Obrázek 8 Skládací kolo Brompton M6L .....	18
Obrázek 9 Skládací kolo Bazooka Sports Green .....	18
Obrázek 10 Skládací kolo Dahon Vitesse D7 .....	18
Obrázek 11 Koncept klasického MTB .....	19
Obrázek 12 Varianta 1 skládání rámu motokola .....	20
Obrázek 13 Varianta 2 skládání rámu motokola .....	21
Obrázek 14 Varianta 3 skládání rámu motokola .....	22
Obrázek 15 Varianta A kombinovaného pohonu motokola .....	23
Obrázek 16 Varianta B kombinovaného pohonu motokola .....	24
Obrázek 17 Varianta C kombinovaného pohonu motokola .....	25
Obrázek 18 Geometrie rámu .....	29
Obrázek 19 Poloha těžiště .....	31
Obrázek 20 Statické zatížení jízdního kola .....	32
Obrázek 21 Zobrazení napětí a deformací rámu při statickém zatížení .....	33
Obrázek 22 Zobrazení napětí v rámu při dynamickém zatížení - Narys .....	34
Obrázek 23 Zobrazení napětí v rámu při dynamickém zatížení – 3D pohled 1 .....	34
Obrázek 24 Zobrazení napětí v rámu při dynamickém zatížení – 3D pohled 2 .....	35
Obrázek 25 Rozložení sil při brzdění přední brzdou .....	36
Obrázek 26 Rozložení sil při brzdění zadní brzdou .....	38

## **Tabulky:**

Tabulka 1 Technická data dvoudobého spalovacího motoru.....	26
Tabulka 2 Technická data čtyřdobého motoru Honda GX35 .....	27
Tabulka 3 Součinitel adheze a brzdné zpomalení při brzdění přední brzdou.....	37
Tabulka 4 Součinitel adheze a brzdné zpomalení při brzdění zadní brzdou .....	40

## **Grafy:**

Graf 1 Křivka výkonu a krouticího momentu dvoudobého motoru .....	27
Graf 2 Křivka výkonu a krouticího momentu čtyřdobého motoru Honda GX35.....	28
Graf 3 Závislost brzdného zpomalení na součiniteli adheze při brzdění přední brzdou.....	37
Graf 4 Závislost brzdného zpomalení na součiniteli adheze při brzdění zadní brzdou .....	40

## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

MTB – Mountain Bikes – Horská kola

HA – hlavový úhel

SL – délka sedlové trubky

TT – délka horní trubky

SA – úhel sedlové trubky

BB – výška středu

WB – rozvor kol

HL – délka hlavové trubky

CHS – délka zadní nástavby

$m_j$  – hmotnost jezdce

$m_k$  – hmotnost kola

$m$  – celková hmotnost

$l$  – rozvor kol

$l_p$  - vzdálenost těžiště od předního kola

$l_z$  – vzdálenost těžiště od zadního kola

$h$  – výška těžiště

$r_{val}$  – valivý poloměr kola

$F_x$  – síly v ose x

$F_y$  – síly v ose y

$Z_p$  – reakce na předním kole

$G$  – zatěžující síla

$Z_z$  – reakce na zadním kole

$g$  – tíhové zrychlení

$F_{Bp}$  – brzdná síla na předním kole

$F_S$  – setrvačná síla

$Z_{zB}$  – reakce na zadním kole při brzdění

$Z_{pB}$  – reakce na předním kole při brzdění

$M_Q$  – moment k bodu Q

$M_P$  – moment k bodu P

$\varphi$  – součinitel adheze

$a_{Bp}$  – brzdné zpomalení na předním kole

$a_{Bz}$  – brzdné zpomalení na zadním kole

## ÚVOD

V dnešní době si stále více lidí klade otázku jak se co nejrychleji a nejpohodlněji dostat z místa A do místa B. Ještě před několika lety jako ideálním dopravním prostředkem byl osobní automobil. Jenže se vrůstajícími cenami pohonných hmot a hustotou silničního provozu se cestování osobními vozidly už nejeví jako optimální. Tato situace je způsobena rychle se rozvíjícím automobilovým průmyslem, kdy na trh přicházejí nové modely automobilů, a předešlé modely si můžeme pořídit v bazarech za minimální ceny.

Z výše uvedeného tedy vyplývá, že je potřeba se zamyslet nad novými způsoby osobní dopravy, a proto jsem navrhl skládací motokolo, které vychází z klasického MTB kola (Mountain Bikes neboli horského kola).

Má představa o nových způsobech dopravy a cestování je taková, že bychom měli více využívat integrovanou hromadnou dopravu (vlakovou či autobusovou) ve spojení s mým navrhovaným skládacím motokolem. Tento navrhovaný způsob dopravy se jeví jako ideální při každodenním cestování do zaměstnání. Uvedu na příkladu, kdy bydliště mám v Pardubicích a za prací musím dojíždět do Chrudimi. Doma nasednu na skládací motokolo a pohodlně a rychle se dopravím na nádraží, kde kolo složím a nasednu do vlaku, který mne během chvilky přepraví do Chrudimi, kde kolo opět rozložím a dopravím se do zaměstnání.

Tento způsob cestování má své výhody i nevýhody, ale pokud člověk není pohodlný, tak klady tohoto cestování určitě zvítězí nad zápory (nepříznivé počasí, či osobní námaha)

## 1. Historický vývoj jízdního kola [ 1 ]

Jízdní kolo neboli bicykl je jednostopé vozidlo poháněné silou lidských svalů. Za vynálezce jízdního kola bývá považován Karel Friedrich von Drais ze Sauerbronnu v Bádensku, ale neustále se vedou spory o jeho prvenství. Nyní se podíváme na chronologický vývoj.

Už v dávných dobách asi 2500 let před naším letopočtem vynalézají Sumerové kolo jako takové. V roce 1350 př. n. l. se nalézá v hrobce egyptského vládce Tutanchamona kresba, která zobrazuje zařízení poháněné odražením nohou od země. Dlouhou dobu se nic neobjevuje až kolem roku 1492 náčrtý od Leonarda da Vinciho. První vozidlo poháněné lidskou silou sestrojil kolem roku 1650 norimberský hodinář Johan Hautzche. Že i on nebyl první, dokazuje kresba na okně anglického kostelíka ve vesničce Stoke Poges. Neznámý malíř zde vykreslil kolem roku 1643 anděla sedícího na dvoukolém vozidle jako na koni. Dále následuje rok 1791. Francouz Medé de Sivrac zkonstruoval tzv. "rychlloběžku" - céleriferu. Další pozoruhodný samohyb bylo možné spatřit v roce 1801 v slavnostním průvodu při korunovaci ruského cara Alexandra I. Tento stroj byl pozoruhodný tím, že byl vybaven na předních kolech šlapadly. V průvodu ho řídil sám vynálezce uralský nevolník Artamov. Všechny tyto vynálezy byly postiženy velkým nepochopením současníků a potkal je osud jiných vynálezů. Přišly na svět příliš brzy a lidé nebyli na něco takové připraveni. Až v roce 1813 zkonstruoval Karel Friedrich von Drais tzv. "draisinu", jak byl vynález nazýván, stal se opravdovým lidovým vozítkem. Aby nebylo sporů o prvenství málo, objevily se současně podobné stroje jak v Anglii tak Francii a Drais měl potíže patentovat "draisinu" jak doma v Německu, tak i v ostatních státech. Drais měl propagační jízdu z Karlsruhe do Strasburgu, kterou zvládl na své draisině za 4 hodiny, přičemž cesta pěšky trvala okolo 16 hodin. Jak draisina vypadala, ukazuje následující obrázek.



Obrázek 1.,Draisina“ [ 1 ]

Nejlépe popis vystihli tehdejší kronikáři: "Na těžkém dřevěném podstavci, opatřeném rovněž dvěma dřevěnými koly jest připevněná poduška mající představovat sedadlo. Ruce jezdce spočívají při jízdě na tyči, již lze řídit přední kolo. Aby se tento stroj uvedl do pohybu, nutno se odrážet nohama od země. Lze si představit, že jízda na tomto těžkém stroji, silně se otřásajícím při každém nárazu, není žádným požitkem." Draisovo vozidlo nebylo úplně dokonalé, a jízda na něm byla opravdu náročná. Tělesná námaha, která se musela vynaložit, neodpovídala vůbec ujeté vzdálenosti. Za jednu hodinu dokázal zdatný sportovec ujet asi 10 km, ale při stoupání do kopce se nemohl vyrovnat ani rychlosti chodce. Pocit z jízdy byl ale tak silný, že se draisina šířila po celém světě. Neustále probíhala drobná zlepšování, zejména v Americe a Anglii, ale za nedlouho se na draisinu úplně zapomnělo. Sláva tohoto vozidla trvala přibližně 10 let. Draisina se objevila i u nás v Čechách kolem roku 1820 a náš obrozenecký básník Jan Kollár ji dokonce věnoval několik veršů v díle "Slávy dcera". Ačkoli odpichování od země bylo značně náročné, byly pokusy draisinu vylepšovat. Až roku 1840 vynalézá skotský kovář Kirkpatrick Macmillan kolo s pohonem zadních kol pomocí táhel. Dále následoval Milius z Themaru v Sasku, který v roce 1845 přidělal na přední kolo draisiny kliky se šlapadly. Totéž provedl i Philip Moritz Fischer ze Schweinfurtu. V roce 1863 použil Francouz Pierre Michaux šlapadla na přední kolo, nechal si vozidlo patentovat a o tři roky opatřil kolo brzdou. Svůj stroj nazval "velocipède". Výhodou tohoto stroje bylo umožnění jízdy bez dotyku nohou se zemí. V roce 1861 byly vyrobeny pouze dva velocipedy, o rok později jich bylo už 142. Angličan Madison v roce 1867 představil v kolech drátěné loukotě místo dřevěných. Následující rok 1868 představila francouzská firma Mayer and Co. bicykl s řetězovým převodem na zadní kolo, ale bohužel nevzbudila žádný zájem.

Michauxův velociped byl opravdovým mechanickým dopravním prostředkem a zaznamenal velký krok kupředu. Svoji rychlostí překonal Draisinu, o čemž svědčí vítězství v závodě na 1200 m v Saint-Cloudu u Paříže, které bylo pořádáno 31. 5. 1868 otcem a synem Michauxovými. Úspěch v tomto závodě jim přinesl velké zakázky jak pro Evropu, tak dokonce i Ameriku. Tím vznikla první továrna na jízdní kola pod názvem Michaux a



Obrázek 2 Michauxův velociped [ 1 ]

Lallement. Kola dostaly různé pojmenování. Anglicky se kolům říkalo "boneshaker", německy "Knocheschüttler" a v českých zemích "kostiřas" nebo "mišódka".

V roce 1869 již bylo vyrobeno na 50 000 velocipedů. Tentýž rok začíná firma Mayer and Co. nahrazovat dřevěné rámy železnými. V tomto roce také vychází první cyklistický časopis La velocipède illustré. Také se v tomto roce začínají pořádat různé závody. První meziměstský závod se konal 17. 2. 1869 mezi Londýnem a Brightonem. Další závod byl v Rakousku-Uhersku v Brně Lužánkách, který se konal 15. 8. 1869. Pak následoval závod mezi Paříží a Rouenem, který měřil na 126 km a jelo ho na 300 závodníků, který se jel 17. 11. 1869. Dne 11. 8. 1870 bylo v Anglii patentováno první vysoké celokovové kolo s pryžovou obručí v ráfcích. Konstrukteři tohoto kola byli James Starley a William Hillman. 1872 se začínají objevovat první vysoká kola neboli velocipedy (kostiřasy). Přední kolo tohoto velocipedu bylo konstruktéry zvětšováno na průměr 150 - 200 cm. Zadní kolo bylo podstatně menší. Jezdec seděl nad předním kolem, kde se nacházely i řídítka. Tento typ kola měl sice velmi mnoho konstrukčních chyb, ale udržel se přibližně na 20 let. V Čechách v letech 1874 začíná pořádat Český klub velocipedistů Pražskou míli. O čtyři roky později 1878 Pařížan Šilme znovu objevuje řetězový pohon. 11. 6. 1882 je ve Vídni pořádán cyklistický závod na jednu míli, ve kterém zvítězil český cyklista Josef Kohout.

V roce 1888 sestrojil John Kemp Starley (synovec James Starley) variantu kola Rover. Průměr předního kola se velice blížil průměru zadnímu a pohon obstarávaly, pedály, kliky, řetěz a ozubená kola. Typ tohoto rámu se stal vzorem na dalších sto let. Roku 1890 nahradil irský zvěrolékař John Boyd Dunlop pryžové obruče na ráfcích pneumatikami plněnými vzduchem. Následuje rok 1895, v kterém bylo firmou Tangent and Coventry Co. vyrobeno nízké kolo (tzv. "kangaroo") a u tohoto typu byl využit řemenový převod na zadní kolo. Angličan Lawson uplatňuje řetězový převod v roce 1899. O rok později jsou Danielem Gousseau založena pravidla cyklokrosu. 1. 7. 1903 se konal první ročník Tour de France, vypsáný novináři Lefévre a Desrange. Trať měla šest etap o celkové délce 2400 km. 1911 Francouz Joanny Pélissier navrhl první měnič převodů (přehazovalo se do tří poloh pomocí táhel). 1921 došlo k založení firmy Shimano panem Shozaburem Shimane v Japonsku. 1933 uvádí na trh Ignác Schwinn první kolo s balónovými pneumatikami. Dále už následovala éra moderních bicyklů, které známe z dnešních dob.

## 2. Současný a budoucí vývoj jízdního kola [ 2 ]

Současným hitem v cyklistice je snižování hmotnosti. Rámy váží něco málo přes 600 gramů a plně funkční silniční kolo může vážit jenom kolem 4600 gramů. Snižování hmotnosti je možné zejména díky novým materiálům, které se používají k výrobě komponent. Novým trendem je používání karbonových prvků. Přednosti karbonových prvků jsou proti dříve používanému hliníku nižší hmotnost, vyšší tuhost a lepší tvarovatelnost. Karbon navíc na rozdíl od hliníku nestárne. Jedinou nevýhodou je vyšší cena. V budoucnosti by ale měla cena postupně klesat a tato technologie by měla být dostupná i pro rekreační cyklisty. Rám vyhotovený z karbonu se vyrábí pomocí speciálních forem a to způsobem, kdy v namáhaných místech je materiálů více a v ostatních méně. Proto je řízení pohodlné a zároveň dobře tlumí nárazy. Z hlediska geometrie se dnes už jen těžko setkáte se špatně postaveným rámem. Dalším trendem jsou 29 palcová kola. Tato kola se po úspěchu na americkém trhu prosazují i v Evropě. Spojují současně výhody horských a crossových kol. Velká kola se lépe odvalují (lze dosáhnout vyšších rychlostí), překonávají snadněji menší překážky a nerovnosti a zároveň mají širší pneumatiky, které dobře tlumí otřesy. Nevýhody 29 palcového kola jsou v horší obratnosti, větší kola nezatačí tak dobře jako klasická 26 palcová kola. 29 palcové kolo je určené především pro ty, kteří preferují rychlost na úkor obratnosti. Z hlediska výšky nemá smysl toto kolo pro člověka s postavou pod 170 cm. Z hlediska výšky toto kolo ocení jezdcí s postavou 185 cm a vyšší, kteří se už nemusí omezovat velikostí rámu. Hodně velký rozvoj je také u odpružení kol. Odpružená kola nabízí pohodlnou jízdu, která je bezpečná a jistější vzhledem k neustálému styku pneumatik s povrchem. Nároky na servis jsou minimální a ani poruchovost není častým jevem. Menším nedostatkem je pak vyšší hmotnost a vyšší cena než u klasických pevných rámu. K brzdění se čím dál více používají kotoučové brzdy, které mají velkou účinnost.

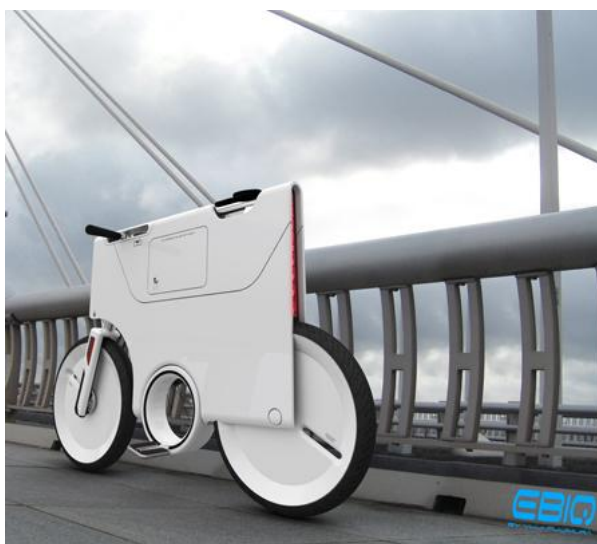


Obrázek 3 Kolo CUBE Reaction GTC Pro [ 3 ]



Obrázek 4 Kolo CUBE LTD Pro 29 [ 3 ]

V budoucnu se budou určitě dále rozvíjet odpružená a celoodpružená kola. Karbon bude dostupný širšímu spektru obyvatel. Pokračovat bude také trend 29 palcových kol. Budou se daleko více prosazovat jízdní kola s hybridním pohonem a s elektronickými pomocníky v podobě navigace, různých čidel, ukazatelů apod.



Obrázek 5 Koncept elektrokola EBIQ [ 4 ]



Obrázek 6 Elektrokolo INgSOC [ 5 ]

### 3. Koncepce skládacího motokola

Jak již bylo naznačeno v úvodu diplomové práce, tak smyslem této práce je navrhnout skládací motokolo, které by lidem usnadnilo cestování v každodenním běžném provozu.

#### 3.1. Důležité požadavky pro návrh a konstrukci skládacího motokola

Na začátku je nutné si položit otázku, co by takové skládací motokolo mělo splňovat?

- a) Legislativní požadavky, které jsou dány vyhláškou Ministerstva dopravy č.341/2002 sb. přílohy č. 13 a jsou tak považována za nemotorová silniční vozidla - jízdní kola. [ 6 ]

Nejdůležitější body vyhlášky vztahující se k motorovým nástavbám jízdních kol:

- Je nadále zachován původní charakter jízdního kola.
- Výkon motoru nepřesáhne 1kW.
- Motor nemá objem válce (válců) větší než 50 cm<sup>3</sup>.
- Maximální konstrukční rychlost nebude vyšší než 25 km/h
- Montáž pohonného systému (motor, nádrž paliva) na jízdní kolo si nevyžádá zásah na jeho nosných částech.

- b) Požadavky kladené normami ČSN, ČSN ISO, ČSN EN, ČSN EN ISO [ 7 ]

- ČSN ISO 8090 Jízdní kola. Terminologie
- ČSN ISO 4210 Jízdní kola. Bezpečnostní požadavky na jízdní kola
- ČSN ISO 6695 Jízdní kola. Montážní podskupiny. Spojení kliky a hřídele středového složení se čtyřhranem
- ČSN ISO 6742-1 Jízdní kola. Osvětlovací a odrazná zařízení. Fotometrické a fyzikální požadavky. Část 1: Osvětlovací zařízení
- ČSN ISO 6742-2 Jízdní kola. Osvětlovací a odrazná zařízení. Fotometrické a fyzikální požadavky. Část 2: Odrazná zařízení
- ČSN ISO 6692 Jízdní kola. Značení dílů jízdních kol
- ČSN 01 4045 Zvláštní závity pro jízdní kola
- ČSN EN 14 872 Jízdní kola – Příslušenství jízdních kol – Zavazadlové nosiče
- ČSN EN 14 764 Městská a trekkingová kola – bezpečnostní požadavky a zkušební metody
- ČSN EN 614 - 1 Bezpečnost strojních zařízení – Ergonomické zásady navrhování – Část 1: Terminologie a všeobecné zásady

- ČSN EN 842+A1 Bezpečnost strojních zařízení – Vizuální signály nebezpečí – Všeobecné požadavky, navrhování a zkoušení
  - ČSN EN 999+A1 Bezpečnost strojních zařízení – Umístění ochranných zařízení s ohledem na rychlost přiblížení části lidského těla
  - ČSN EN 1088+A2 Bezpečnost strojních zařízení – Blokovací zařízení spojená s ochrannými kryty – Zásady pro konstrukci a volbu
  - ČSN EN ISO 1101 Geometrické specifikace výrobků (GPS) – Geometrické tolerování – Tolerance tvaru, orientace, umístění a házení
  - ČSN EN ISO 12100-1 Bezpečnost strojních zařízení – Základní pojmy, všeobecné zásady pro konstrukci – Část 1: Základní terminologie, metodologie
  - ČSN EN ISO 12100-2 Bezpečnost strojních zařízení – Základní pojmy, všeobecné zásady pro konstrukci – Část 2: Technické zásady
  - ČSN EN ISO 14314 Pístové spalovací motory – Vratné spouštěcí zařízení – Všeobecné bezpečnostní požadavky
- c) Skládací motokolo by mělo být vysoce spolehlivé, s co nejmenší hmotností, mělo by být lehce ovladatelné, bezpečné a pohodlné pro jízdu jak v terénu tak i ve městě.
- d) Skládání rámu motokola by mělo být jednoduché a snadné pro každého uživatele.
- e) Spalovací motor motokola by měl mít co nejnižší spotřebu, minimální hlučnost a vibrace od motoru by neměly být přenášeny do rámu motokola.
- f) Motokolo by mělo být řešeno i po designové stránce tak, aby při prodeji upoutalo uživatele na první pohled.

#### **Ukázka moderního designu skládacího kola**



Obrázek 7 Skládací jízdní kolo Mercedes-Benz Folding Bike [ 8 ]

### 3.2. Postup návrhu skládacího motokola

Před řášením samotného návrhu skládacího motokola byl proveden průzkum trhu, jaká skládací kola lze koupit a jak je vlastně řešen způsob skládání rámu. Z průzkumu vyplynulo, že tato problematika je velice rozšířena a trh je zasyčen nejrůznějšími skládacími koly viz obrázky níže.



Obrázek 8 Skládací kolo Brompton M6L [ 9 ]



Obrázek 9 Skládací kolo Bazoocka Sports Green [ 10 ]

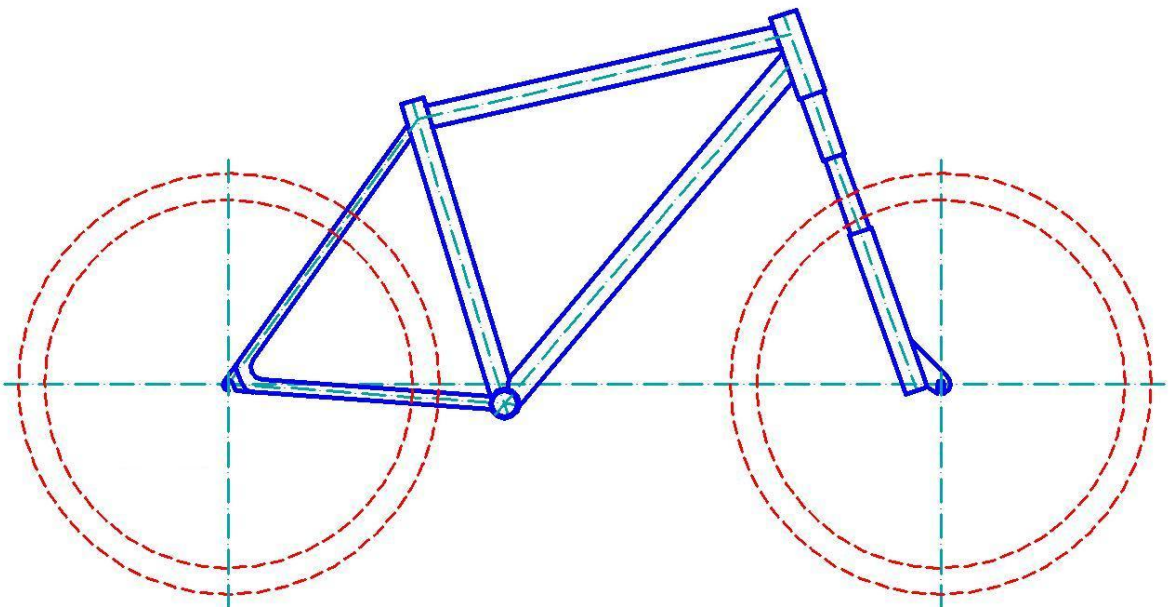


Obrázek 10 Skládací kolo Dahon Vitesse D7 [ 11 ]

Po prostudování skládacích kol na trhu, byl zahájen samotný návrh skládacího motokola, které vychází z klasického MTB (horského kola). Nejdříve byl v AutoCadu nakreslen klasický pevný rám kola (viz obr. 11) a poté se začalo uvažovat nad způsobem rozdělení rámu a navržení vhodného složení rámu. Podařily se navrhnout tři možné způsoby skládání rámu kola (viz níže uvedený popis jednotlivých variant).

Jako další část motokola byl řešen návrh vhodného kombinovaného pohonu zadního kola. Zde se vycházelo z poznatků mé bakalářské práce, která se zabývala návrhem Minimotokola Start 1, které mělo též kombinovaný pohon zadního kola.

Jako poslední část návrhu koncepce skládacího motokola byla provedena vhodná volba velikosti kol, druh a ovládání brzd, odpružení přední vidlice.



Obrázek 11 Koncept klasického MTB

## 4. Popis jednotlivých navržených variant skládacího motokola

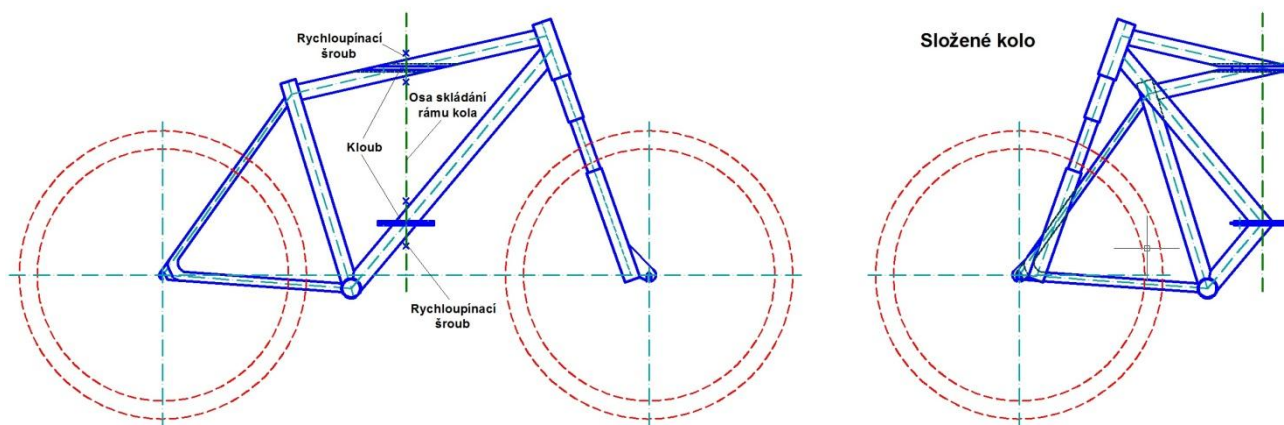
V této části diplomové práce je detailní popis jednotlivých možných řešení skládacího rámu, kombinovaného pohonu zadního kola a dále je zde proveden vhodný výběr spalovacího motoru skládacího motokola.

### 4.1. Možné varianty skládacího rámu motokola

a) **Varianta 1:** skládací rám je tvořeno pomocí dvou kloubů (obr. 12) kde přerušení rámu je na dvou místech ve vodorovné rovině. V místě přerušení jsou vloženy tři tvarové desky, z nichž krajní desky jsou pevně spojeny (přivařeny) k rámu kola. Prostřední deska je na každé straně připevněna do krajní desky pomocí otočného čepu tak, že vlevo je prostřední deska připevněna pouze ke spodní desce a vpravo je prostřední deska připevněna k horní desce. Středem tvarových desek vede rychloupínací šroub, který pevně stáhne desky dohromady a zajistí tak tuhý spoj.

Složení rámu kola se provádí tak, že nejprve povolíme a vyjmeme rychloupínací šrouby. Následně přední část kola otočíme doprava o 180 stupňů. Složené kolo zajistíme pomocným přípravkem (např. gumou s dvěma háčky).

Tato varianta skládacího kola je velice jednoduchá a nenáročná na zástavbu do klasického rámu kola. Nevýhodou je snížení tuhosti rámu a náročnější výroba tvarových desek.

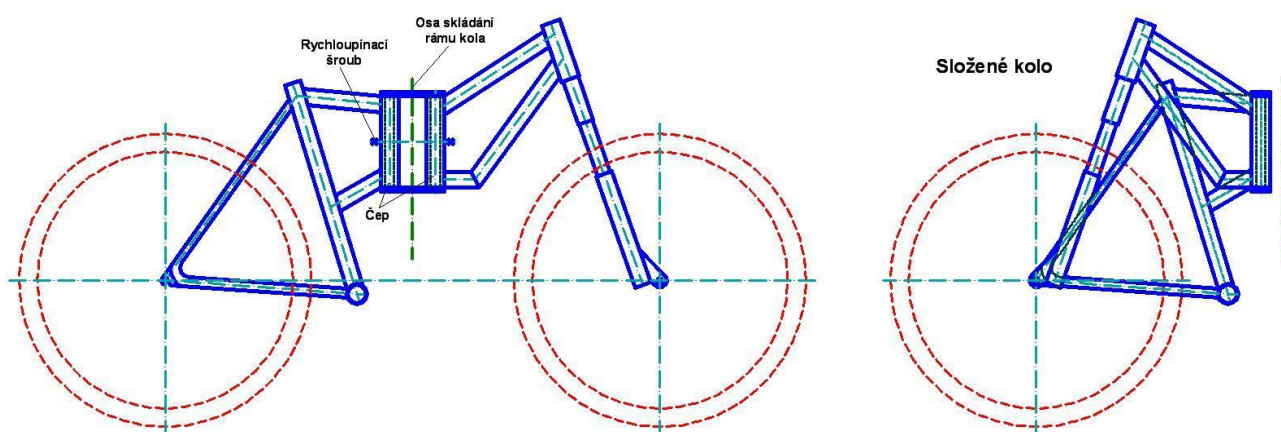


Obrázek 12 Varianta 1 skládacího rámu motokola

b) **Varianta 2:** skládání rámu je tvořeno pomocí dvou čepů (obr. 13). Rám je rozdělen na přední a zadní část. Každá část je zakončena svislou trubkou, která slouží jako pozdro pro čep, kolem kterého se otáčí daná část kola. Skrze čepy je proveden otvor, kterým je veden rychloupínací šroub, který zajišťuje pevnou polohu rámu kola.

Složení rámu kola se provádí tak, že nejprve povolíme a vytáhneme rychloupínací šroub. Následně přední část kola otočíme o  $180^\circ$  a zajistíme kolo ve složené poloze.

Tato varianta skládání kola má tuhou konstrukci, jednoduchý způsob skládání rámu. Nevýhodou je vyšší hmotnost a robustnost rámu kola a ne příliš vzhledný design kola.

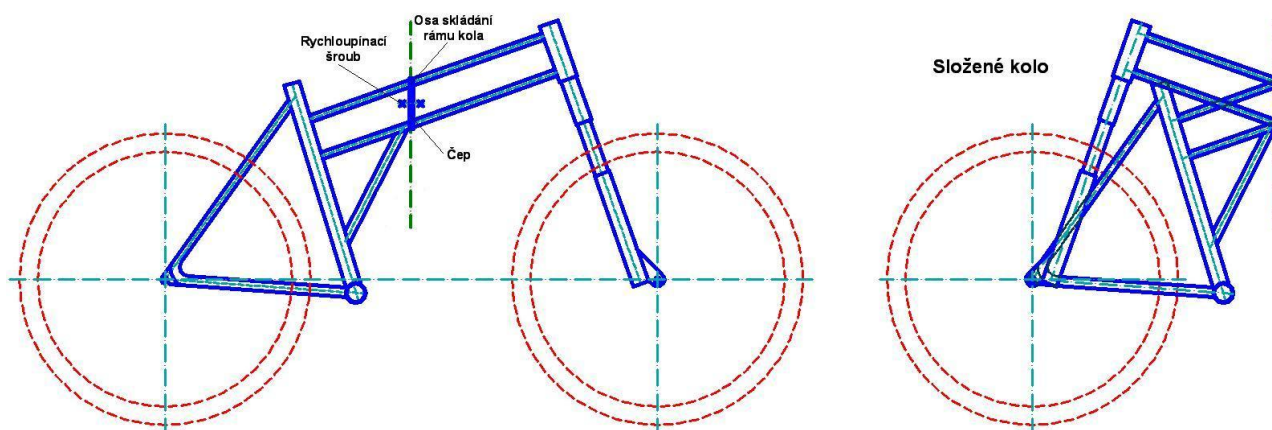


Obrázek 13 Varianta 2 skládání rámu motokola

c) **Varianta 3** (obr. 14) je odlišná od předcházejících variant v tom, že rám kola tvoří jeden nosník složený ze dvou rovnoběžných trubek a žebra pevně upevněného (svařeného) mezi těmito trubkami. V zadní části rámu kola je pak umístěna vzpěra, která zvyšuje tuhost rámu kola. Skládání rámu je pak tvořeno jedním čepem. Rám (nosník) je přerušen ve svislé rovině. Na každé části nosníku je pevně připevněna (přivařena) deska. Tyto dvě desky doléhají na sebe a jsou na jedné straně spojeny čepem. Na druhé straně jsou desky spojeny rychloupínacím šroubem.

Samotné skládání probíhá tak, že nejdříve povolíme rychloupínací šroub a následně otočíme přední část kola kolem osy čepu o  $180^\circ$ . Složené kolo zajistíme pomocným přípravkem (např. gumou s dvěma háčky).

Tento způsob skládání kola je velice jednoduchý a již dlouhá léta využívaný na tzv. „Skládačkách“. Velikou nevýhodou je omezená tuhost rámu kola.

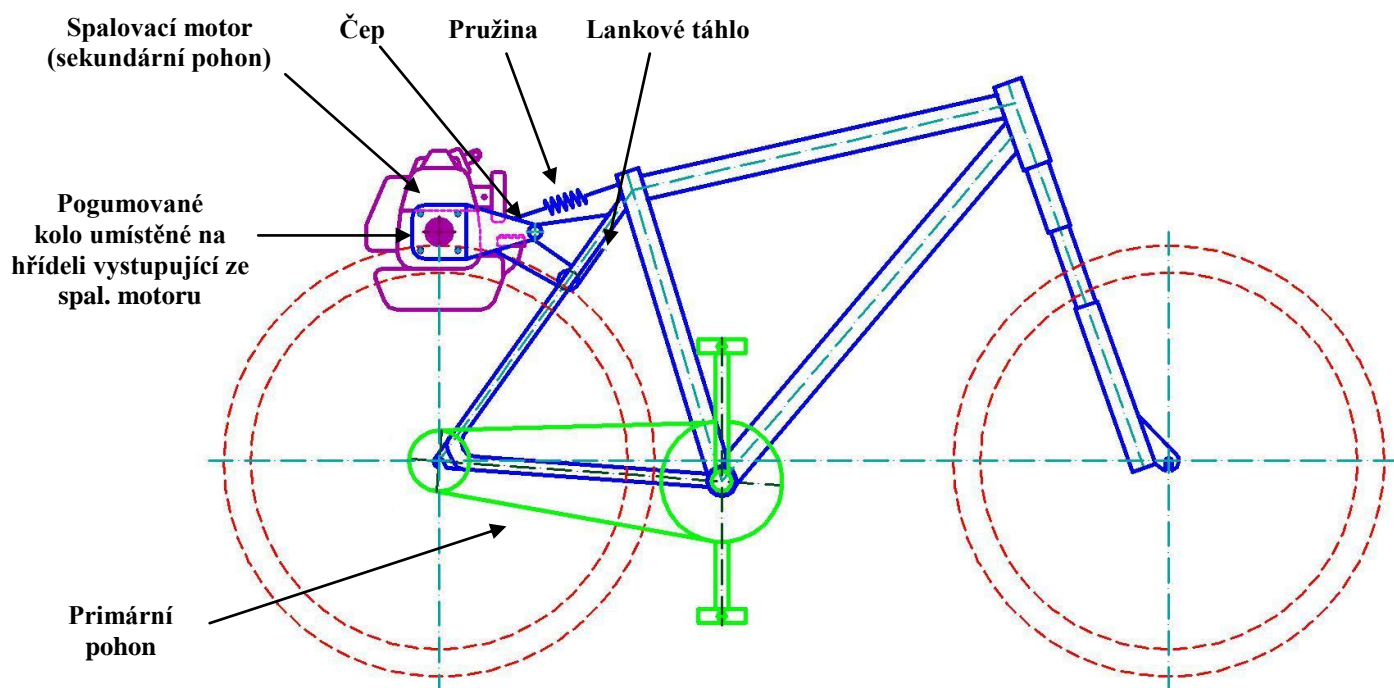


Obrázek 14 Varianta 3 skládání rámu motokola

#### 4.2. Možné varianty kombinovaného pohonu skládacího motokola

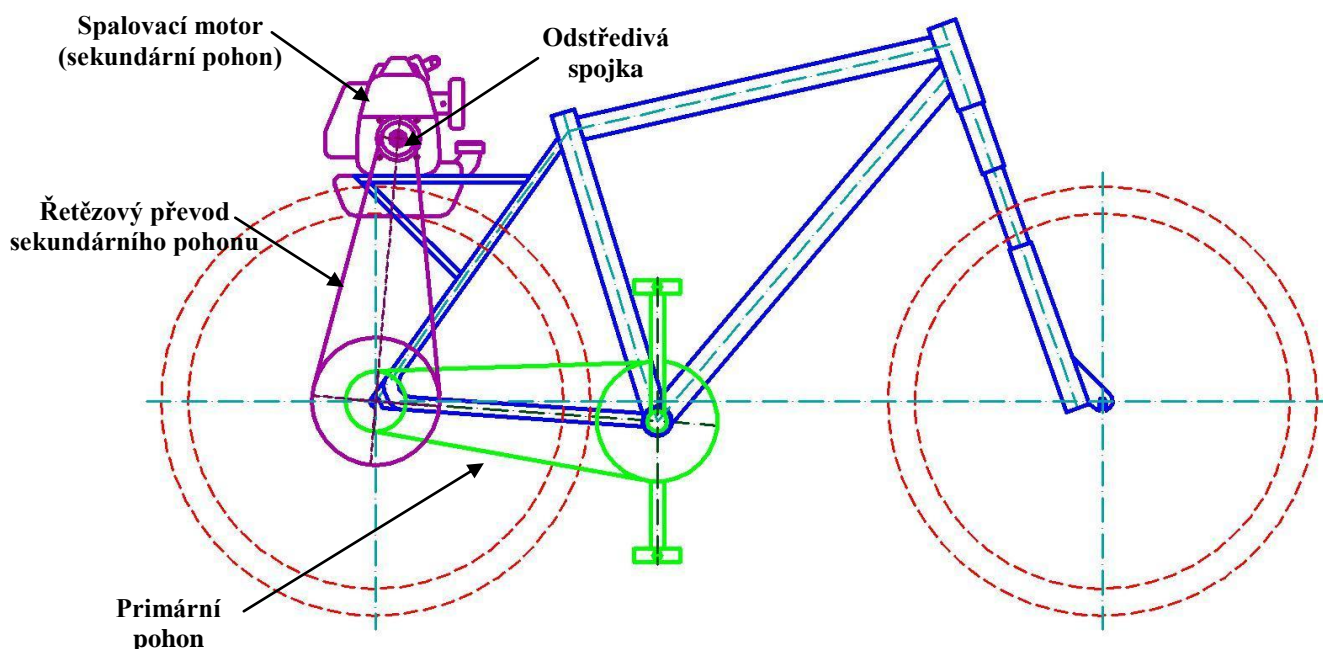
Kombinovaný pohon motokola se skládá vždy z primárního a sekundárního pohonu. Primární pohon je vždy řešen řetězovým převodem, kde vlastní pohon zajišťuje uživatel pomocí pedálů pevně spojených s řetězkou. Sekundární pohon je řešen spalovacím motorem a vhodným převodem (přenosem kroutícího momentu) na zadní kolo skládacího motokola. Ovládání spalovacího motoru je řešeno z řídítek motokola jako u klasického motocyklu, kdy ovládání plynu je umístěno na pravé straně v otočném madle řídítek. Startování a vypnutí spalovacího motoru je řešeno tlačítky umístěných z boku řídítek.

a) **Varianta A** kombinovaného pohonu motokola je řešena pomocí třecího převodu. Spalovací motor je uchycen k rámu kola pomocí konstrukce, která je rozdělena na dvě části spojené čepem. Ze spalovacího motoru vystupuje hřídel na jejímž konci je osazeno pogumované kolo, které dosedá na plášť zadního kola a přenáší pomocí tření kroutící moment na kolo. Přitlačná síla pogumovaného kola je vyvozena přes lankové táhlo ukončené na řídítkách ovládací pákou s mechanismem zajištění páky v požadované poloze. Dále je zde umístěna pružina, která nám slouží k odpojení pomocného pohonu. Výhodou této vatianty je jednoduchá a levná konstrukce pomocného pohonu motokola. Nevýhodou je umístění dalšího ovládacího prvku na řídítka a uchycení spalovacího motoru ke konstrukci, kdy dochází k velkému namáhání bloku motoru při přejezdech nerovností. Další velkou nevýhodou je vystupující hřídel z motoru, která je přitlačována na zadní kolo a je namáhána na ohyb, což způsobuje snížení životnosti ložisek v motoru.



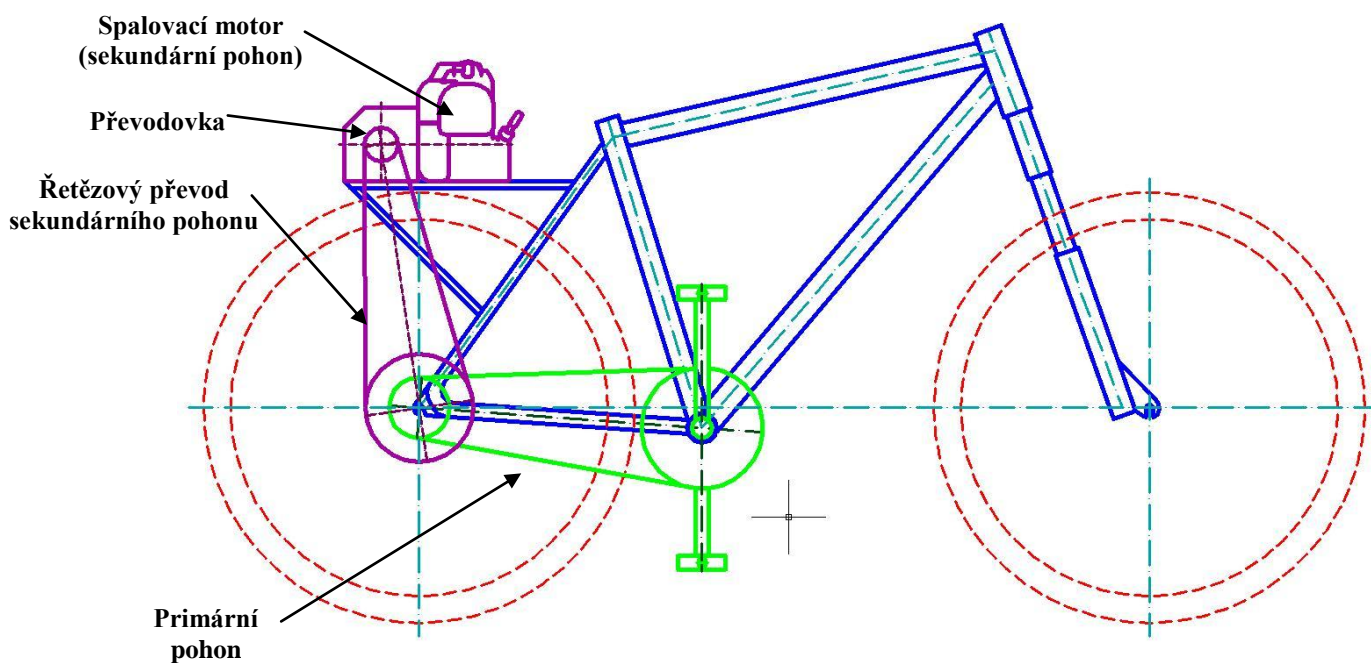
Obrázek 15 Varianta A kombinovaného pohonu motokola

b) **Varianta B** kombinovaného pohonu motokola je řešena pomocí odstředivé spojky a řetězového převodu. Spalovací motor je upevněn na pomocné konstrukci, která je pevně spojena s rámem motokola. Ze spalovacího motoru vystupuje hřídel, která je osazena odstředivou spojkou, na které je umístěno řetězové kolo sekundárního pohonu motokola. V ose zadního kola jsou umístěna dvě řetězová kola pro primární a sekundární pohon. Obě řetězová kola jsou usazena na volnoběžné spojce, aby nedocházelo k pohybu sekundárního pohonu, když zrovna uživatel používá primární pohon a naopak. Výhodou této varianty je plynulý přenos kroutícího momentu přes odstředivou spojku a jednoduchost ovládání, kdy uživatel nastartuje spalovací motor přes startovací tlačítko, přidá plyn a dojde k přenosu kroutícího momentu od spalovacího motoru na zadní kolo. Nevýhodou této varianty je uložení motoru mimo podélnou osu kola.



Obrázek 16 Varianta B kombinovaného pohonu motokola

c) **Varianta C** kombinovaného pohonu motokola je řešena pomocí spalovacího motoru, převodovky a řetězového převodu. Spalovací motor je připevněn na pomocné konstrukci pevně spojené s rámem motokola. Ke spalovacímu motoru je připevněna vhodně navržená převodovka, ze které vystupuje hřídel na které je osazeno řetězové kolo sekundárního pohonu. V ose zadního kola jsou opět umístěna dvě řetězová kola pro primární a sekundární pohon. Obě řetězová kola jsou usazena na volnoběžné spojce, aby nedocházelo k pohybu sekundárního pohonu, když zrovna uživatel používá primární pohon a naopak. Výhodou této varianty je jednoduchost ovládání a umístění motoru co nejbližší k podélné ose kola. Nevýhodou této varianty je složitost řešení a vyšší pořizovací náklady za převodovku.



Obrázek 17 Varianta C kombinovaného pohonu motokola

### 4.3. Možné varianty volby spalovacího motoru motokola

V dnešní době je na trhu široká škála spalovacích motorů, ale ne každý spalovací motor splní podmínky vyhlášky 341/2002 Sb., která určuje, za jakých podmínek je motokolo považováno za motorové či nemotorové silniční vozidlo.

Musí být zvolen takový spalovací motor, aby podle vyhlášky bylo motokolo považováno za nemotorové silniční vozidlo, které musí splňovat následující základní podmínky:

- Při montáži spalovacího motoru není zasahováno do nosných částí jízdního kola
- Maximální rychlost do 25km/hod
- Nejvyšší povolený výkon motoru je 1kW
- Obsah motoru musí být nižší než 50cm<sup>3</sup>

Tyto podmínky vyhlášky splňují následující spalovací motory:

První možnou variantou je použití dvoudobého spalovacího motoru.

Tabulka 1 Technická data dvoudobého spalovacího motoru [ 12 ]

<b>typ:</b>	2-dobý jednoválec
<b>chlazení:</b>	vzduchem - ventilátorem
<b>objem motoru:</b>	25,66 cm <sup>3</sup>
<b>vrtání x zdvih</b>	33mmx30mm
<b>kompresní poměr:</b>	10:1
<b>maximální výkon:</b>	0,9 HP (0,67 kW)/6500 ot.min-1
<b>max. kroučící výkon:</b>	1Nm-1/6000 ot.min-1
<b>palivo:</b>	bezolovnatý benzín s olejem v poměru 1:50
<b>poměr směsi benzín : olej</b>	50 : 1
<b>spotřeba statická:</b>	934 g/kw-hod. (6000ot. min-1)
<b>spotřeba při jízdě:</b>	1,5 l/100km při 25 km/h
<b>objem palivové nádrže:</b>	0,5 l
<b>dojezd na plnou nádrž:</b>	33 km
<b>hmotnost (kola):</b>	20 kg
<b>max. zatížení:</b>	100kg:
<b>max. rychlost:</b>	25 km/ hod

Graf 1 Křivka výkonu a krouticího momentu dvoudobého motoru [ 12 ]

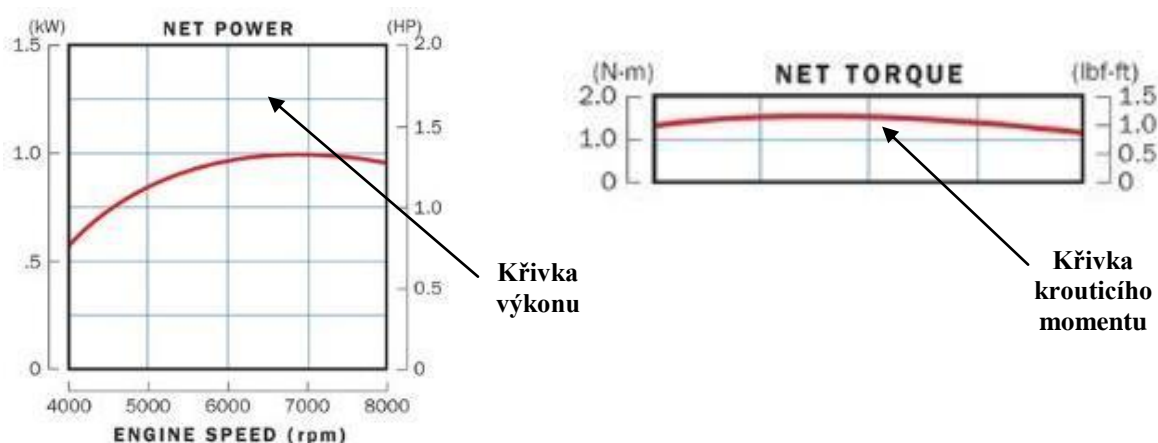


Druhou možnou variantou je použití čtyřdobého motoru Honda GX35

Tabulka 2 Technická data čtyřdobého motoru Honda GX35 [ 12 ]

<b>typ:</b>	4-dobý jednoválec OHC HONDA GX35
<b>chlazení:</b>	vzduchem - ventilátorem
<b>objem motoru:</b>	35,80 cm <sup>3</sup>
<b>vrtání x zdvih</b>	39mmx30mm
<b>kompresní poměr:</b>	8:1
<b>maximální výkon:</b>	1,3 HP (1,00 kW)/7.000 ot.min-1
<b>max. krouticí výkon:</b>	1,6 Nm-1/5.500 ot.min-1
<b>palivo:</b>	bezolovnatý benzín Natural 95
<b>spotřeba statická:</b>	360 g/kw-hod. (6000ot. min-1)
<b>spotřeba při jízdě:</b>	0,9 l/100km při 20 km/h
<b>objem palivové nádrže:</b>	1,25 l
<b>dojezd na plnou nádrž:</b>	130 km
<b>hmotnost (kola):</b>	26 kg
<b>max. zatížení:</b>	110kg:
<b>max. rychlost:</b>	25 km/ hod

Graf 2 Křivka výkonu a krouticího momentu čtyřdobého motoru Honda GX35 [ 12 ]



## 5. Konstrukční návrh rámu včetně výpočtu a pevnostní analýzy

Při konstrukci rámu horských kol potažmo skládacího motokola je kladen velký důraz na hmotnost rámu při zachování dostatečné tuhosti a pevnosti rámu. Tyto věci jsou ve velké míře ovlivněny zvoleným typem závěsu zadního kola a typem konstrukce rámu. V případě skládacího motokola budou výše uvedené věci hodně ovlivněny navrženým způsobem skládání rámu.

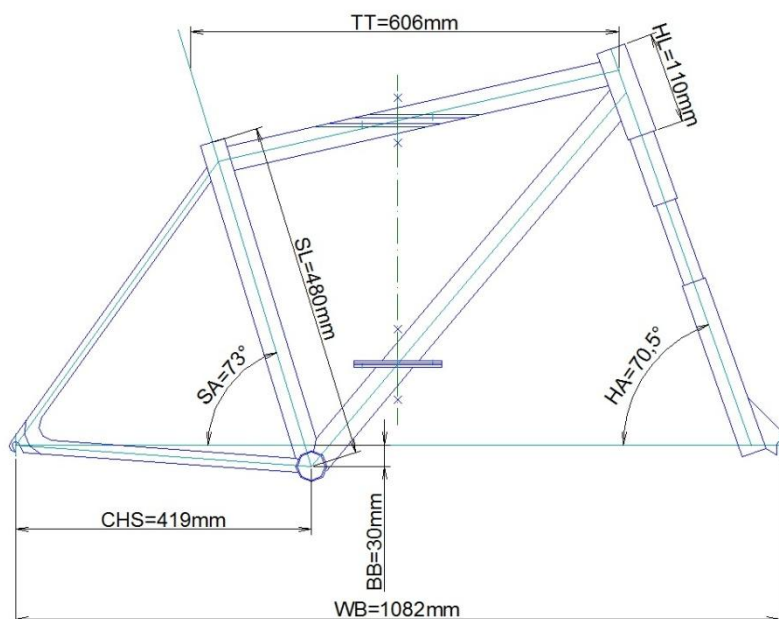
Pro řešení další problematiky je potřeba se seznámit s následující problematikou:

- geometrie rámu
- přípojovací rozměry rámu
- materiály rámu
- zatížení rámu při jízdě

## 5.1. Geometrie rámu

Geometrii rámu ovlivňuje ovladatelnost kola při jízdě. Motokolo je určeno pro „pohodovou jízdu“ jak v terénu, tak i ve městě a tomu musí být uzpůsobena geometrie celého motokola.

Z výše uvedeného je proto vhodné zvolit přední vidlici o zdvihu 100mm a kola o průměru 26“. Představec by měl být krátký, aby řízení bylo citlivější a reakce na změnu směru rychlejší. Základní rozměry rámu jsou uvedeny na Obr. 18



Obrázek 18 Geometrie rámu

**Hlavový úhel (HA):** ovlivňuje stabilitu kola a velikost zatížení rámu v místě za hlavovým složením. Hlavové úhly se pohybují nejčastěji v rozmezí 68-72°.

**Délka sedlové (SL) a horní (TT) trubky:** ovlivňuje velikost rámu. Menší rám je ovladatelnější a má větší tuhost oproti velikostně většímu rámu.

**Úhel sedlové trubky (SA):** ovlivňuje polohu jezdce při jízdě. Těžiště více vzadu je výhodou při jízdě z kopce, těžiště více vpředu při jízdě do kopce

**Výška středu (BB):** ovlivňuje výšku těžiště kola. Pro vyšší stabilitu je výhodné mít těžiště nízko, ovšem při jízdě terénem to nemusí být vždy výhoda

**Rozvor kol (WB):** ovlivňuje stabilitu kola. Kratší rozvor znamená ovladatelnější kolo, delší rozvor znamená stabilnější kolo.

**Délka hlavové trubky (HL), Délka zadní stavby (CHS)**

## 5.2. Připojovací rozměry rámu

Připojovací rozměry jsou následující:

- Typ středové osy
- Typ zadní osy náboje
- Typ hlavového uložení
- Průměr sedlové trubky
- Typ návarků na brzdu

**Středové osy** u horských kol bývají nejčastěji s anglickým závitem BSA o šířkách 68/73mm, 83mm a 100mm.

**Zadní osa náboje** může být o průměru 10mm nebo 12mm. Běžná délka nábojů je 135mm.

V případě motokola bude průměr i délka zadní osy náboje řešena s ohledem na umístění řetězových kol primárního a sekundárního pohonu.

**Hlavová složení** jsou nejčastěji do rámu nalisována a bývají o průměrech 30mm, 30,2mm, 34mm, 37mm.

**Průměry sedlových trubek** pro horská kola bývají 26,8mm, 27mm, 27.2mm, 28.6mm, 30mm, 30,9mm, 31.6mm.

**Typ návarků na brzdy** se používá buď pro kotoučové brzdy, které jsou v dnešní době rozšířenější nebo klasické V- brzdy (ráfkové), které se používají u levnějších horských kol, popřípadě u trekkingových nebo silničních kol.

## 5.3. Materiál rámu

V dnešní době se nejčastěji používají na namáhanější rámy slitiny hliníku (slitiny 6061 a 7020) nebo oceli (Cr-Mo). Kompozity a titanové slitiny se většinou používají pouze pro rámy kol určených pro „šetrné zacházení“ (jsou ale i výjimky jako je např. firma Specialized, která má ve své nabídce endurové rámy právě z kompozitů). Nevýhodou kompozitních a titanových rámu je jejich složitější výroba a tím i vyšší pořizovací cena.

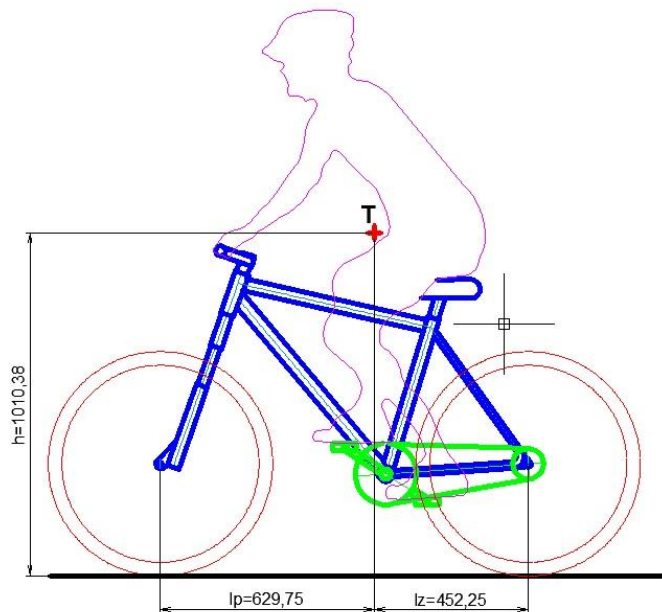
## 5.4. Namáhání rámu

Na kolo jako celek působí při jízdě celá řada zatížení, která jsou způsobena různými vlivy. Jízdní kolo je zatěžováno vlastní hmotností, hmotností jezdce, silami od setrvačných účinků zmíněných hmot při brzdění, dynamickými silami způsobených nerovnostmi podkladu a dopadech při skocích atd. Jednotlivá zatížení nakonec mohou působit v nejrůznějších kombinacích, které je velice obtížné zjistit. Proto je vhodné určovat namáhání rámu pro

jednotlivé typy zatížení. Nejběžněji se pro zjištění namáhání rámu používá zatížení statické, dynamické a zatížení při brzdění.

#### 5.4.1. Určení těžiště soustavy kola a jezdce

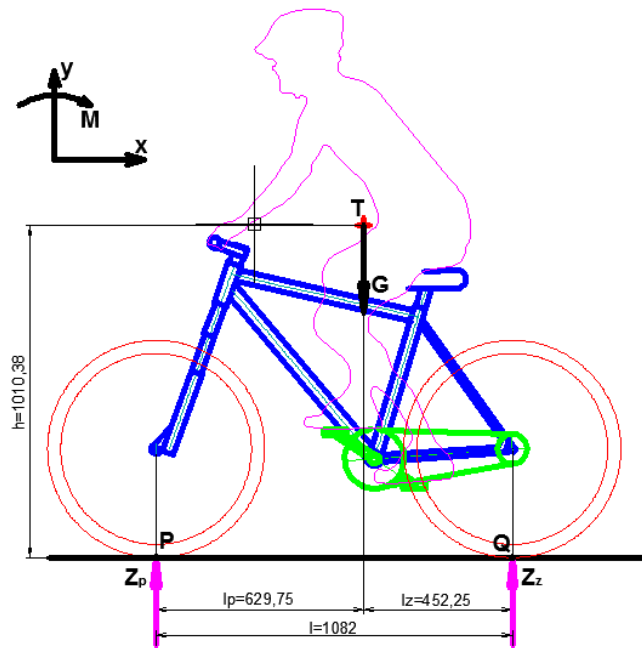
Aby bylo možné stanovit výpočtem namáhání rámu, je nejprve nutné určit těžiště celé soustavy jezdce a kola. K tomuto účelu byl využit program AutoCAD 2014, kde byl nakreslen boční obrys jezdce a kola a následně pomocí funkcí programu stanoveno těžiště soustavy.



Obrázek 19 Poloha těžiště

#### 5.4.2. Statické zatížení rámu

Při statickém zatížení (Obrázek 20) na jízdní kolo působí pouze jeho vlastní hmotnost a hmotnost jezdce. K tomuto stavu se při skutečné jízdě ovšem přiblížíme pouze při jízdě konstantní rychlostí po dokonalém povrchu za předpokladu, že jezdec bude v klidu (bez šlapání a jiných pohybů). Nicméně ani v tomto zdánlivě jednoduchém měření se nevyhneme předpokladům, které měření zkreslují. Jedná se především o polohu jezdce na kole, která může být u různých jezdců jiná.



Obrázek 20 Statické zatížení jízdního kola

Hodnoty pro výpočet:

Hmotnost jezdce  $m_j = 120$  kg

Hmotnost kola  $m_k = 15$  kg

Hmotnost celková  $m = m_j + m_k = 120 + 15 = 135$  kg

Rozvor kol  $l = 1082$  mm

Vzdálenost těžiště od předního kola  $l_p = 629,75$  mm

Vzdálenost těžiště od zadního kola  $l_z = 452,25$  mm

Výška těžiště  $h = 1010,38$  mm

Poloměr kola  $r_{val} = 26/2$  in

Výpočet reakcí:

$$\sum F_x = 0$$

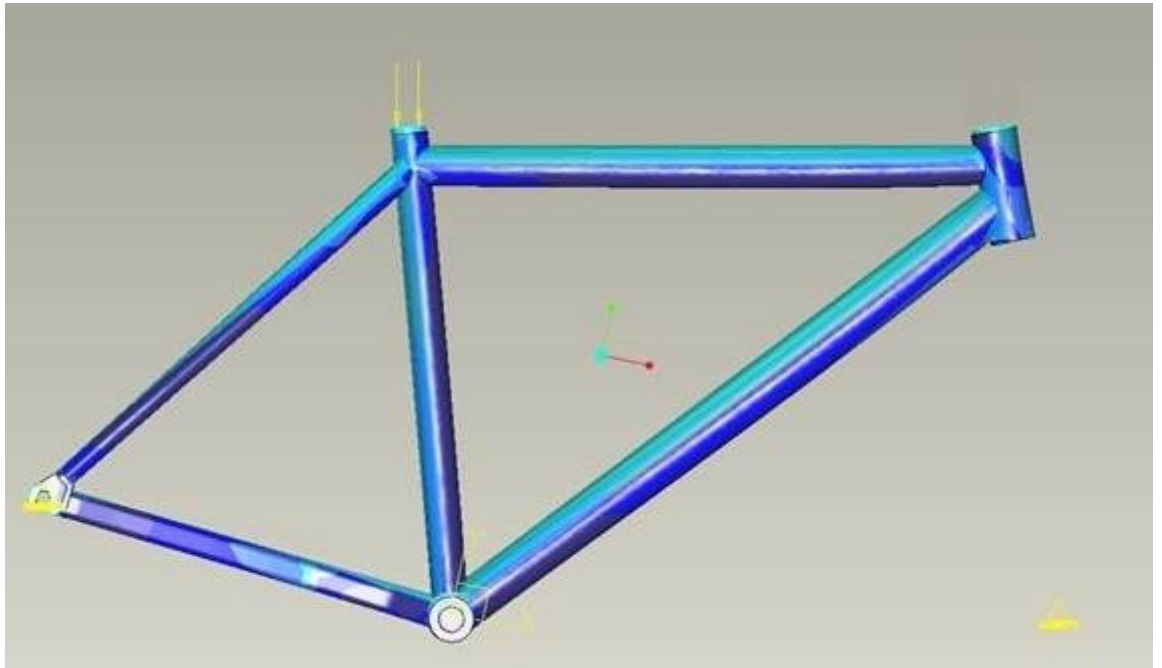
$$\sum F_y = 0$$

$$Z_p - G + Z_z = 0 \Rightarrow Z_z = G - Z_p = m \cdot g - Z_p = 1324,35 - 553,55 = 770,8N$$

$$\sum M_Q = 0$$

$$Z_p \cdot l - G \cdot l_z = 0 \Rightarrow Z_p = \frac{G \cdot l_z}{l} = \frac{m \cdot g \cdot l_z}{l} = \frac{135 \cdot 9,81 \cdot 0,45225}{1,082} = 553,55N$$

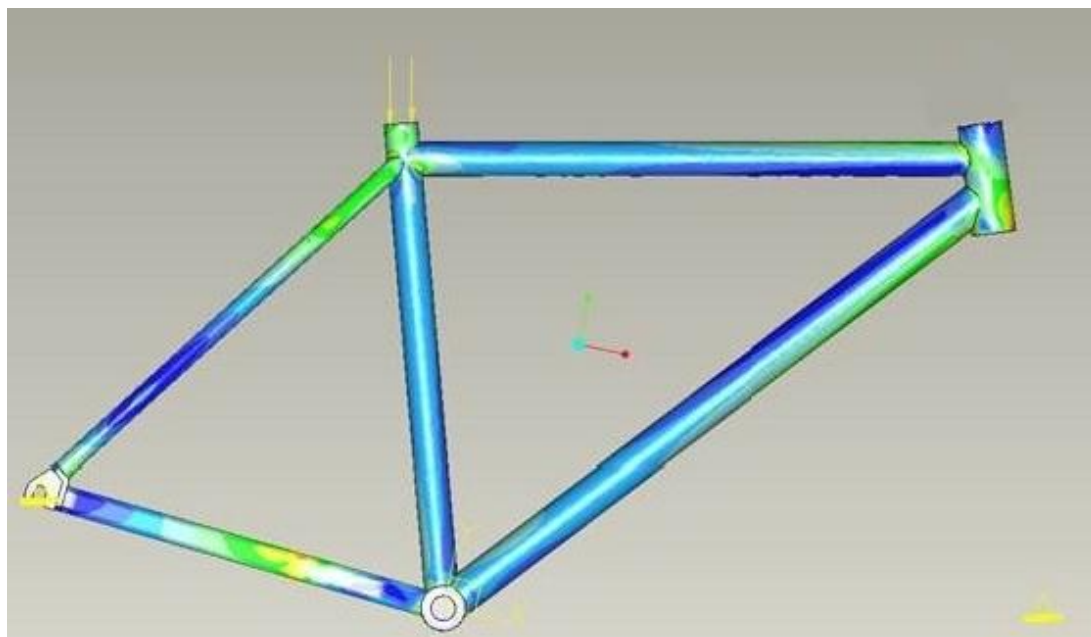
Na obrázku 21 je vidět pevnostní analýza rámu kola při statickém zatížení. To jest při zatížení, kdy jezdec sedí na sedátku a nohy má volně spuštěné k zemi. Při tomto způsobu zatížení lze odhalit prvotní nedostatky při návrhu rámu.



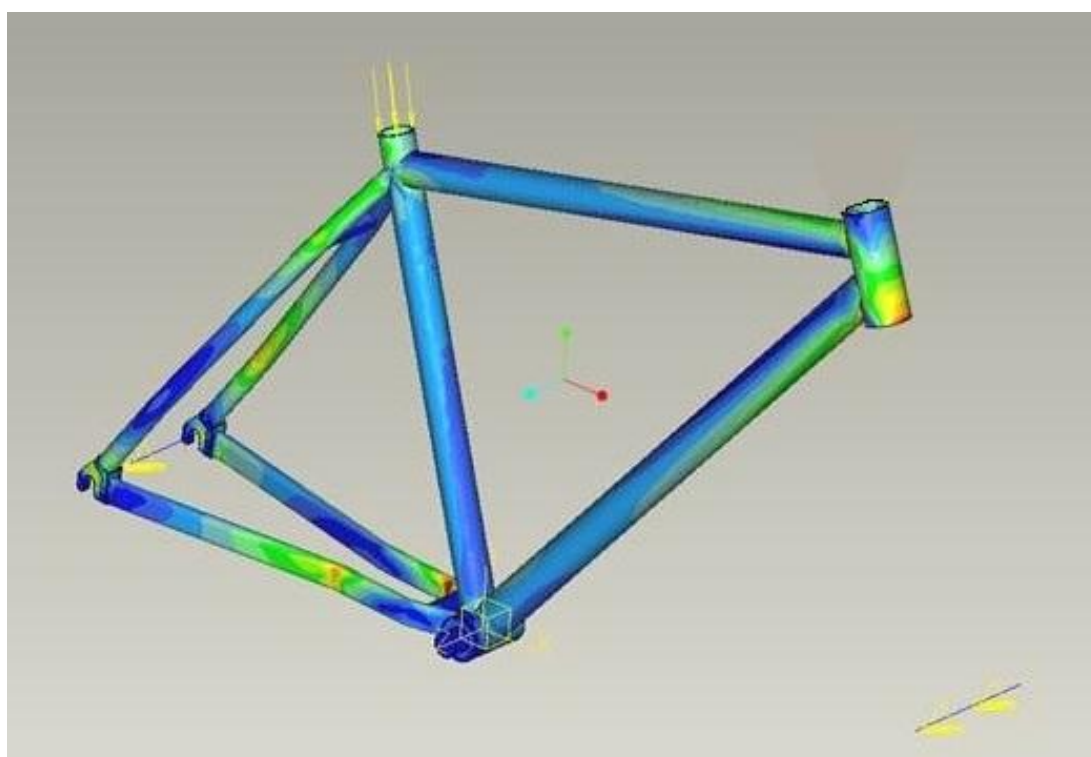
Obrázek 21 Zobrazení napětí a deformací rámu při statickém zatížení

#### 5.4.3. Dynamické zatížení rámu

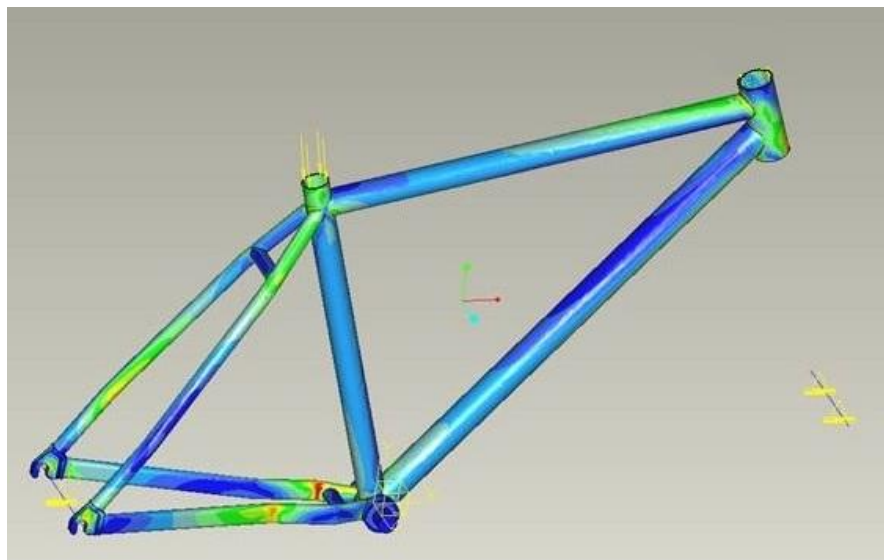
Dynamické namáhání rámu horského (skládacího) kola vzniká převážně dvěma způsoby. Prvním vzniká při jízdě po nerovnostech. Toto má však spíše vliv na životnost rámu (únavové lomy díky šíření trhlinek v nedokonalých svarech). Druhým typem dynamického zatížení je dopad jezdce s kolem po skoku, popř. přejezd přes větší překážku jako je kámen, dřevěná kláda aj. Druhý typ dynamického zatížení je ve velké míře ovlivněn technikou a stylem jízdy jezdce, a tak se velice těžko dá výpočetně, ale i měřením zjistit. Proto se zavádí určité zjednodušení, tzv. dynamický koeficient o velikosti 3 (ze zkušeností výrobců), kterým se přepočítá (vynásobením) statické zatížení.



Obrázek 22 Zobrazení napětí v rámu při dynamickém zatížení - Nárýs



Obrázek 23 Zobrazení napětí v rámu při dynamickém zatížení – 3D pohled 1



Obrázek 24 Zobrazení napětí v rámu při dynamickém zatížení – 3D pohled 2

Na obr. 22,23,24 je vidět rozložení napětí při dynamickém zatížení rámu kola.

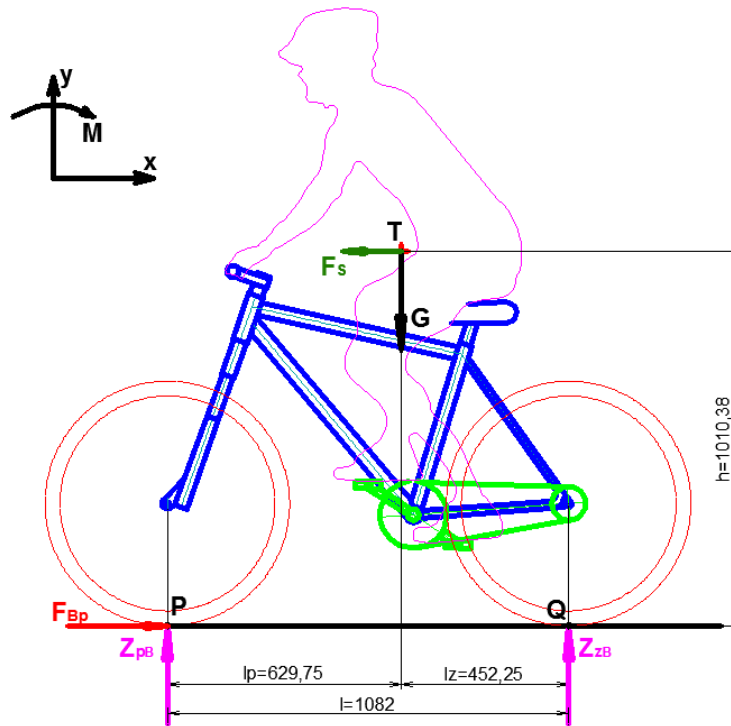
#### 5.4.4. Zatížení rámu při brzdění

Při brzdění vzniká značné namáhání za hlavovým složením a u zadní stavby rámu je namáhána část se třmenem brzdy (popř. v místě ráfkových brzd). Z důvodu, že jsou jízdní kola vybavena dvěma nezávislými brzdami působícími zvláště na přední a zadní kolo, dělí se režim brzdění na tři varianty:

- brzdění přední brzdou
- brzdění zadní brzdou
- brzdění oběma brzdami současně

V následujících výpočtech bude uvažováno brzdění na mezi adheze. Jako styková dvojice bude brána pneumatika a povrch vozovky, kde se uvádí součinitel tření  $f_0=0,7-1$ . Bude uvažován povrch vozovky, protože koeficient u jiných dvojic jako např. pneumatika – hlína, pneumatika – štěrk aj. je nižší a s tím je i nižší vzniklé zatížení

#### 5.4.4.1. Zatížení rámu při brzdění přední brzdou



Obrázek 25 Rozložení sil při brzdění přední brzdou

V tomto případě se brzdící reakce vyskytuje pouze na předním kole, a proto tedy platí rovnost mezi setrvačnou silou jízdního kola s jezdcem a brzdící reakcí.

Výpočet:

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{Bp} - F_S = 0 \Rightarrow F_{Bp} = F_S$$

$$\sum F_y = 0$$

$$Z_{pB} - G + Z_{zB} = 0$$

$$\sum M_Q = 0$$

$$Z_{pB} \cdot l - G \cdot l_z - F_S \cdot h = 0 \Rightarrow Z_{pB} = \frac{G \cdot l_z + F_S \cdot h}{l} = \frac{m \cdot g \cdot l_z + m \cdot a_{Bp} \cdot h}{l}$$

$$F_{Bp} = Z_{pB} \cdot \varphi$$

$$F_S = m \cdot a_{Bp}$$

$$F_S = F_{Bp}$$

$$m \cdot a_{Bp} = Z_{pB} \cdot \varphi$$

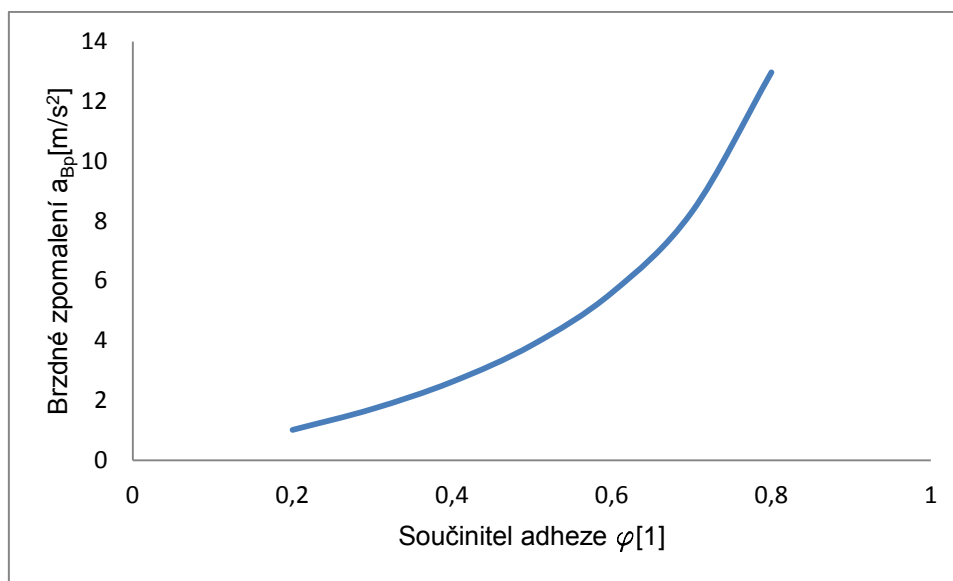
$$m \cdot a_{Bp} = \frac{m \cdot g \cdot l_z + m \cdot a_{Bp} \cdot h}{l} \cdot \varphi \Rightarrow a_{Bp} = \frac{g \cdot l_z \cdot \varphi}{l - h \cdot \varphi}$$

Z výše uvedeného vzorce vidíme, že brzdné zpomalení je závislé na součiniteli adheze, který se pohybuje v rozmezí od <0.2 – 0.8>

Tabulka 3 Součinitel adheze a brzdné zpomalení při brzdění přední brzdou

$\varphi[1]$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$a_{Bp}[m/s^2]$	1,008	1,709	2,618	3,846	5,595	8,287	12,968

Graf 3 Závislost brzdného zpomalení na součiniteli adheze při brzdění přední brzdou



Z výše uvedené tabulky 3 a grafu 3 vyplývá, že největší brzdné zpomalení bude při součiniteli adheze  $f=0,8$  což odpovídá suchému hrubému betonu.

Nyní je potřeba provést kontrolu, aby při maximálním brzdném zpomalení nedošlo k zablokování předního kola a pádu jezdce přes řídítka.

Aby k výše uvedené skutečnosti nedošlo, musí být splněna následující podmínka:

$$F_s \cdot h \leq G \cdot l_p$$

$$m \cdot a_{Bp} \cdot h \leq m \cdot g \cdot l_p$$

$$a_{Bp} \leq \frac{g \cdot l_p}{h}$$

$$a_{Bp} \leq \frac{9,81 \cdot 0,62975}{1,01038}$$

$$a_{Bp} \leq 6,11 \text{ m/s}^2$$

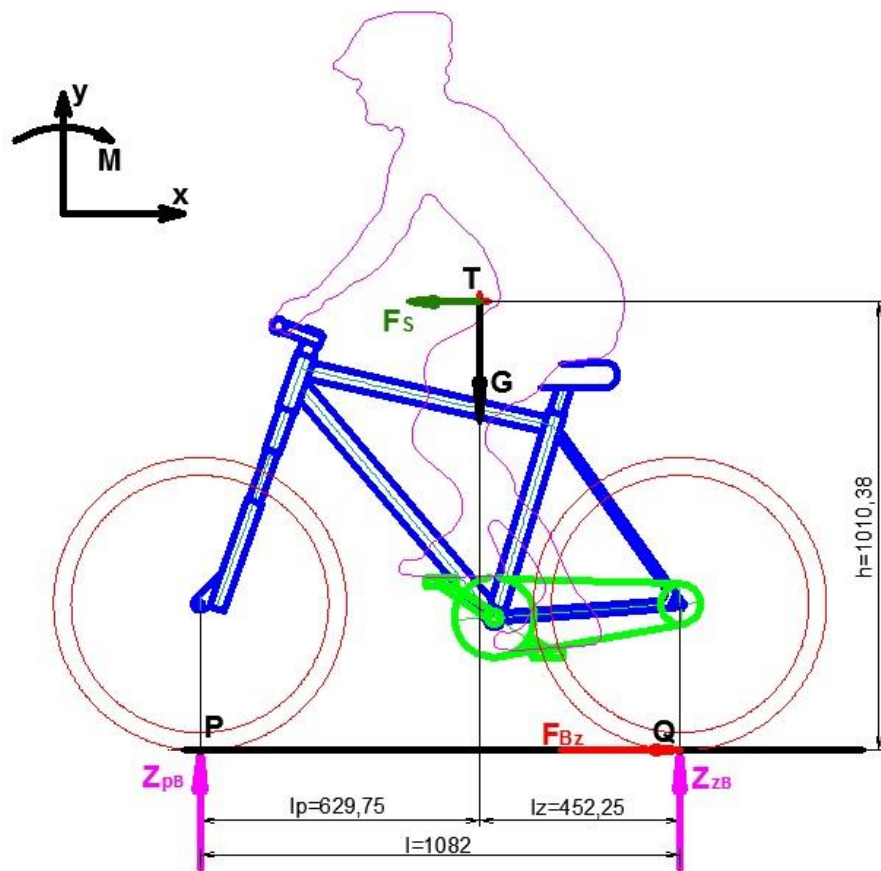
Tomuto vypočtenému brzdnému zpomalení odpovídá součinitel adheze  $\varphi \leq 0,62$

Výpočet reakcí na předním a zadním kole při brzdění přední brzdou:

$$Z_{pB} = \frac{G \cdot l_z + F_s \cdot h}{l} = \frac{m \cdot g \cdot l_z + m \cdot a_{Bp} \cdot h}{l} = \frac{135 \cdot 9,81 \cdot 0,45225 + 135 \cdot 6,11 \cdot 1,01038}{1,082} = 1323,8 \text{ N}$$

$$Z_{pB} - G + Z_{zB} = 0 \Rightarrow Z_{zB} = G - Z_{pB} = 1324,25 - 1323,8 = 0,45 \text{ N}$$

#### 5.4.4.2. Zatížení rámu při brzdění zadní brzdou



Obrázek 26 Rozložení sil při brzdění zadní brzdou

Jedná se o obdobnou situaci, jako v předchozím případě. Tentokrát se přední kolo odvaluje volně a brzdná reakce je na zadním kole. Stejně jako v předešlé situaci platí následující vztahy:

Výpočet:

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{Bz} - F_S = 0 \Rightarrow F_{Bz} = F_S$$

$$\sum F_y = 0$$

$$Z_{pB} - G + Z_{zB} = 0$$

$$\sum M_p = 0$$

$$-Z_{zB} \cdot l + G \cdot l_p - F_S \cdot h = 0 \Rightarrow Z_{zB} = \frac{G \cdot l_p - F_S \cdot h}{l} = \frac{m \cdot g \cdot l_p - m \cdot a_{Bp} \cdot h}{l}$$

$$F_{Bz} = Z_{zB} \cdot \varphi$$

$$F_S = m \cdot a_{Bz}$$

$$F_S = F_{Bp}$$

$$m \cdot a_{Bz} = Z_{zB} \cdot \varphi$$

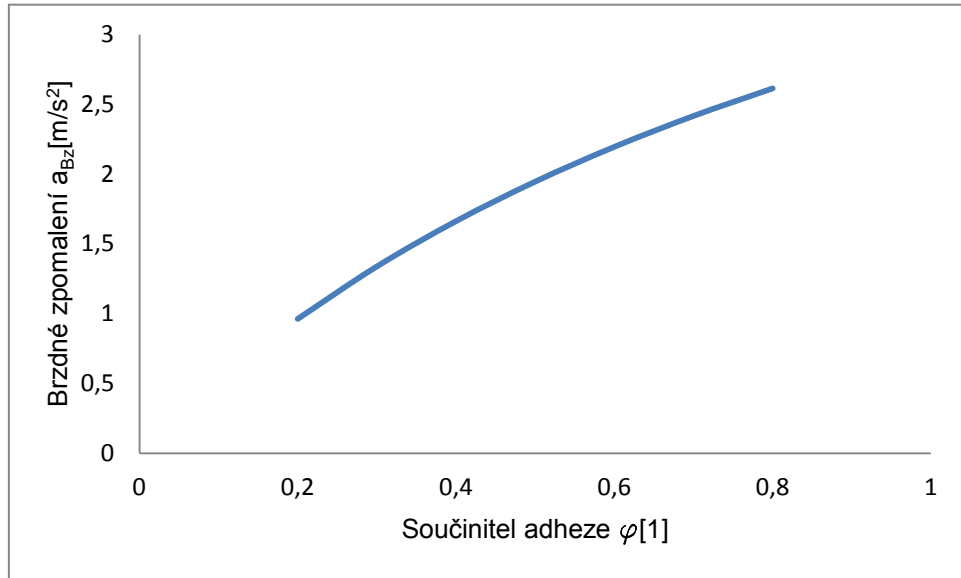
$$m \cdot a_{Bz} = \frac{m \cdot g \cdot l_p - m \cdot a_{Bz} \cdot h}{l} \cdot \varphi \Rightarrow a_{Bz} = \frac{g \cdot l_p \cdot \varphi}{l + h \cdot \varphi}$$

Z výše uvedeného vzorce vidíme, že brzdné zpomalení je závislé na součiniteli adheze  $\varphi$ , který se pohybuje v rozmezí od  $\langle 0.2 - 0.8 \rangle$

Tabulka 4 Součinitel adheze a brzdné zpomalení při brzdění zadní brzdou

$\varphi[1]$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$a_{Bz}[m/s^2]$	0,962	1,338	1,662	1,946	2,196	2,417	2,615

Graf 4 Závislost brzdného zpomalení na součiniteli adheze při brzdění zadní brzdou



Z výše uvedené tabulky 4 a grafu 4 vyplývá, že největší brzdné zpomalení bude při součiniteli adheze  $\varphi=0,8$  což odpovídá suchému hrubému betonu.

Výpočet reakcí na předním a zadním kole při brzdění přední brzdou:

$$Z_{zB} = \frac{G \cdot l_p - F_S \cdot h}{l} = \frac{m \cdot g \cdot l_p - m \cdot a_{Bp} \cdot h}{l} = \frac{135 \cdot 9,81 \cdot 0,62975 - 135 \cdot 2,615 \cdot 1,01038}{1,082} = 441,15N$$

$$Z_{pB} - G + Z_{zB} = 0 \Rightarrow Z_{zB} = G - Z_{pB} = 1324,25 - 441,15 = 883,1N$$

## ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo navrhnout skládací motokolo, které by mělo lidem usnadnit každodenní cestování. Před samotným návrhem motokola byl proveden průzkum trhu a bylo zjištěno, že daná problematika je zastoupena nejrozličnějšími druhy skládacích kol poháněných různými motory.

Následně začal probíhat samotný návrh skládacího motokola, který vychází z klasického horského kola (MTB). Byly navrženy 3 možné varianty skládání rámu, kdy každá varianta měla své plusy i mínusy. Nakonec byla vybrána varianta č. 1, která je velice jednoduchá a nenáročná pro zástavbu do klasického rámu horského kola (příloha B, C).

Poté proběhl návrh pohonu skládacího motokola, který byl rozdělen na dvě základní části (primární a sekundární pohon). Primární pohon je tvořen klasicky řetězovým převodem s klikami a pedály. Při návrhu sekundárního pohonu byly navrženy opět tři varianty, kdy byla nakonec vybrána varianta č. B, která se jevila jako neoptimálnější.

V konečné fázi návrhu skládacího motokola byl vybrán vhodný spalovací motor, který musel splnit veškerá legislativní nařízení. Bylo vybíráno ze dvou variant. Nakonec byl vybrán čtyřtáctný motor Honda GX35, který disponuje lepším výkonem a nižší spotřebou.

V závěru práce proběhlo ověření konceptu skládacího motokola, kdy navržený rám byl přes vhodný program analyzován a zatěžován dle různého působení jezdce a okolí na kolo. Veškeré výpočty a analýzy byly vyhodnoceny kladně a navržený rám skládacího motokola je vhodný pro uživatele do hmotnosti 120kg.

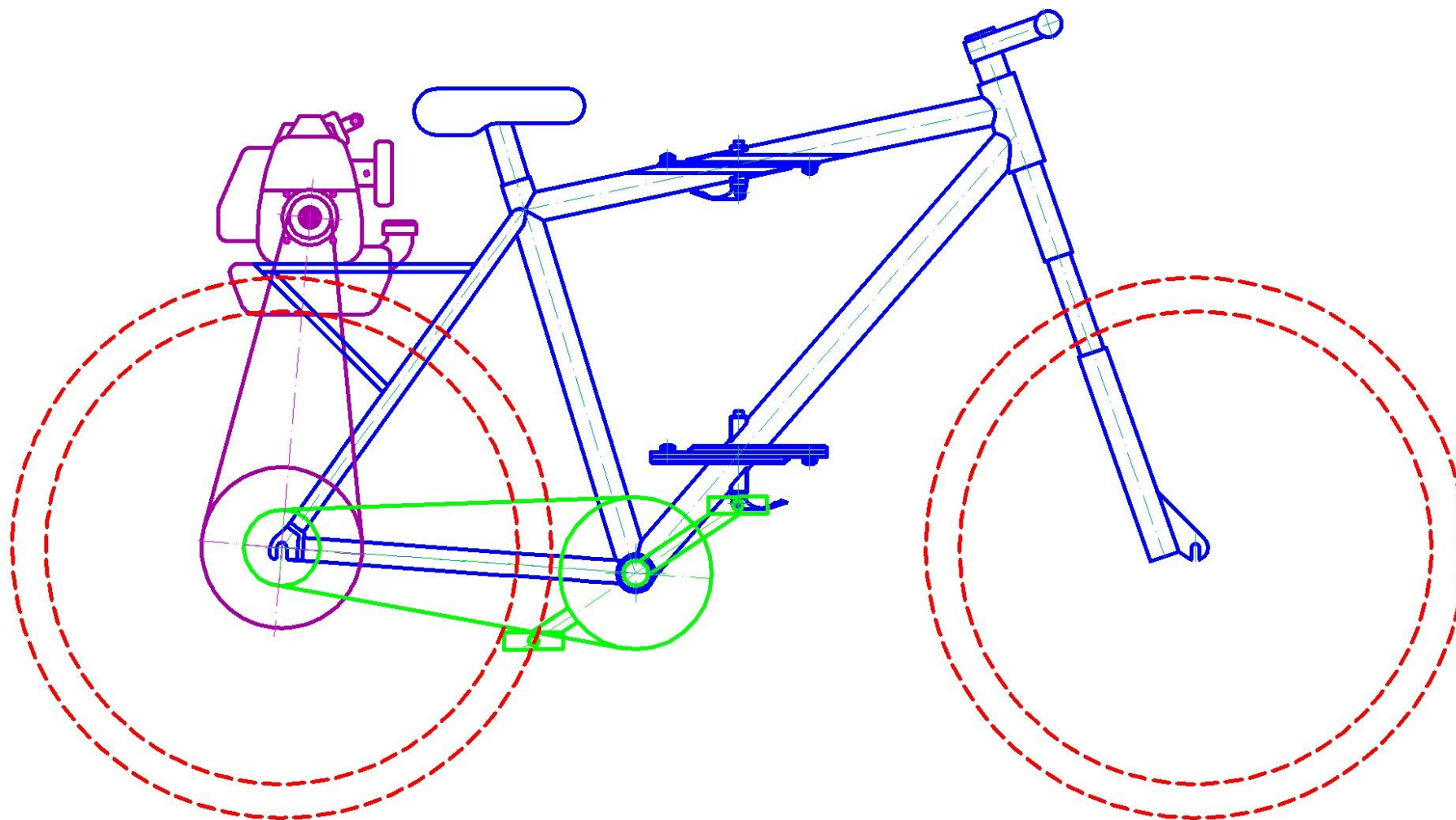
## POUŽITÁ LITERATURA

- [ 1 ] Historie a vývoj jízdního kola [ online ]. c2007 [ cit 2012-06-20 ] Dostupné z <http://www.velocipedy-telc.cz/vyvoj/>
- [ 2 ] KROBOT, D. *Výroba modelu jízdního kola s využitím aditivní metody Fused Deposition Modeling*. Bakalářská práce, VUT - Fakulta Podnikatelská, Ústav Managementu, Brno 2012.
- [ 3 ] Kolo CUBE Reaction GTC Pro, Kolo CUBE LTD Pro 2 [ online ]. c2010 [ cit 2012-06-20 ] Dostupné z <http://www.cube.eu/cz>
- [ 4 ] Koncept elektrokola EBIQ [ online ]. c2006-2012 [ cit 2012-06-20 ] Dostupné z <http://www.hybrid.cz/tagy/jizdni-kola?page=3>
- [ 5 ] Elektrokolo INgSOC [ online ]. c2006-2012 [ cit 2012-06-20 ] Dostupné z <http://www.hybrid.cz/ingsoc-elektrokolo-z-jineho-sveta>
- [ 6 ] Zákon č.341/2002 sb. přílohy č. 13 (kompletní znění)  
Zákon č. 361/2000 Sb O provozu na pozemních komunikacích  
Zákon č. 341/2002 Sb. Ministerstva dopravy a spojů o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích
- [ 7 ] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ, Věstník UNMZ ročník 2009, Praha 2009
- [ 8 ] Skládací jízdní kolo Mercedes-Benz Folding Bike [ online ]. c2006-2012 [ cit 2012-06-20 ] Dostupné z <http://www.hybrid.cz/tagy/poplatky-za-vjezd>
- [ 9 ] Skládací jízdní kolo Mercedes-Benz Folding Bike [ online ]. c2006-2012 [ cit 2012-06-20 ] Dostupné z <http://www.hybrid.cz/tagy/poplatky-za-vjezd>
- [ 10 ] Skládací kolo Bazooka Sports Green [ online ]. c2012 [ cit 2012-06-20 ] Dostupné z <http://www.treehugger.com/green-home/buy-green-large-wheel-folding-bikes.html>
- [ 11 ] Skládací kolo Dahon Vitesse D7 [ online ]. C2001-2012 [ cit 2012-06-20 ] Dostupné z <http://rebelbike.com/kola.php>
- [ 12 ] Technická data dvoudobého motoru [ online ]. c2005 [ cit 2009-05-18 ] Dostupné z [http://www.bodecek.com/cz/main.phtml?odkaz=technicka\\_data.html](http://www.bodecek.com/cz/main.phtml?odkaz=technicka_data.html)
- [ 13 ] *Návrh rámu horského kola a jeho deformačně napěťová analýza pomocí MKP*. Brno, 2008. Diplomová práce. VUT Brno.

## PŘÍLOHY

Příloha A: Finální koncept skládacího motokola .....	44
Příloha B: Model skládacího rámu motokola – nárys .....	45
Příloha C Model skládacího rámu motokola – 3D pohled .....	46
Příloha D Model skládacího rámu motokola – 3D pohled .....	47
Příloha E Model složeného rámu motokola – nárys .....	48
Příloha F Model složeného rámu motokola – 3D pohled .....	49
Příloha G Model složeného rámu motokola – 3D pohled .....	50
Příloha H Výkres č. SP4 – 1000 – Rám skládacího motokola.....	51
Příloha I Výkres č. SP4 – 2000 – Zadní rám.....	52
Příloha J Výkres č. SP4 – 1001 – Deska 1.....	53
Příloha K Výkres č. SP4 – 1002 – Deska 2 .....	54
Příloha L Výkres č. SP4 – 1003 – Pouzdro.....	55
Příloha M Výkres č. SP4 – 1004 – Podložka 1 .....	56
Příloha N Výkres č. SP4 – 1005 – Deska 3 .....	57
Příloha O Výkres č. SP4 – 1006 – Deska 4 .....	58
Příloha P Výkres č. SP4 – 1007 – Podložka 2 .....	59

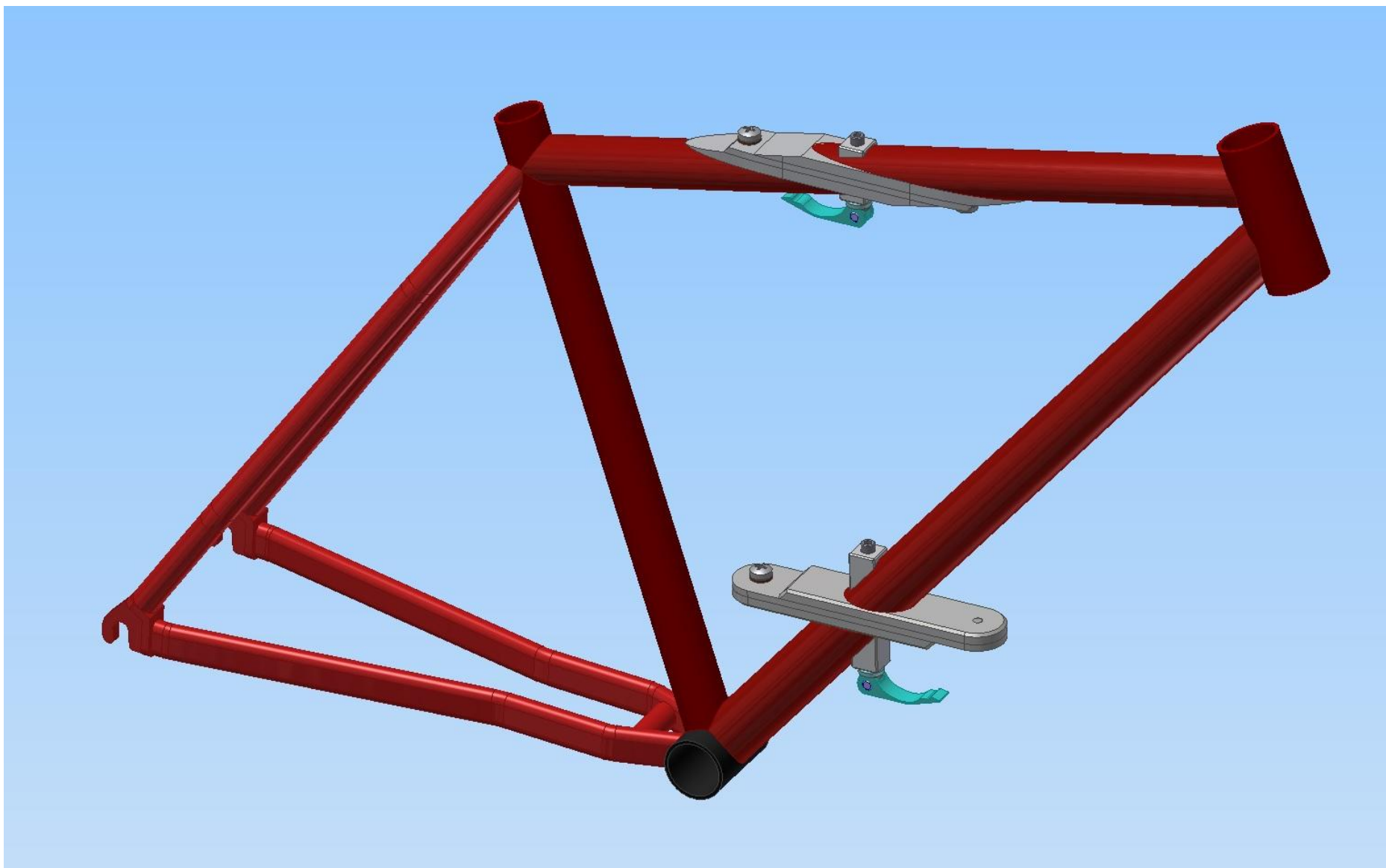
## Příloha A: Finální koncept skládacího motokola



**Příloha B: Model skládacího rámu motokola – nárys**



**Příloha C Model skládacího rámu motokola – 3D pohled**



**Příloha D Model skládacího rámu motokola – 3D pohled**



**Příloha E Model složeného rámu motokola – nárys**



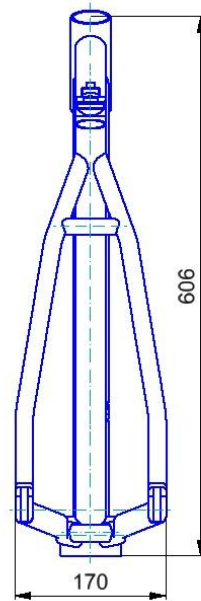
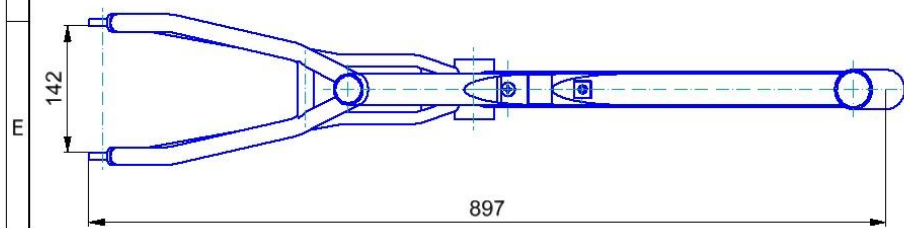
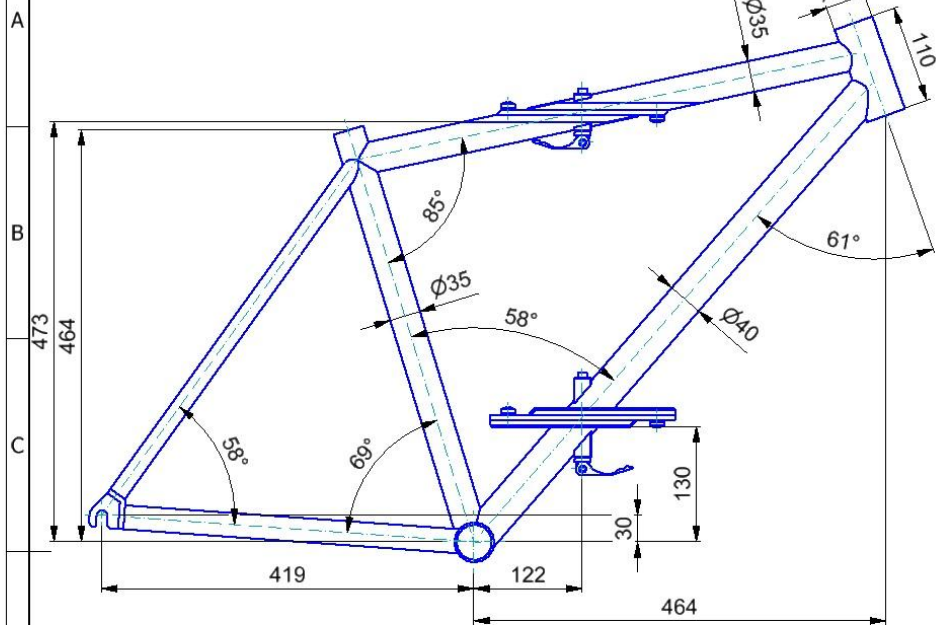
**Příloha F Model složeného rámu motokola – 3D pohled**



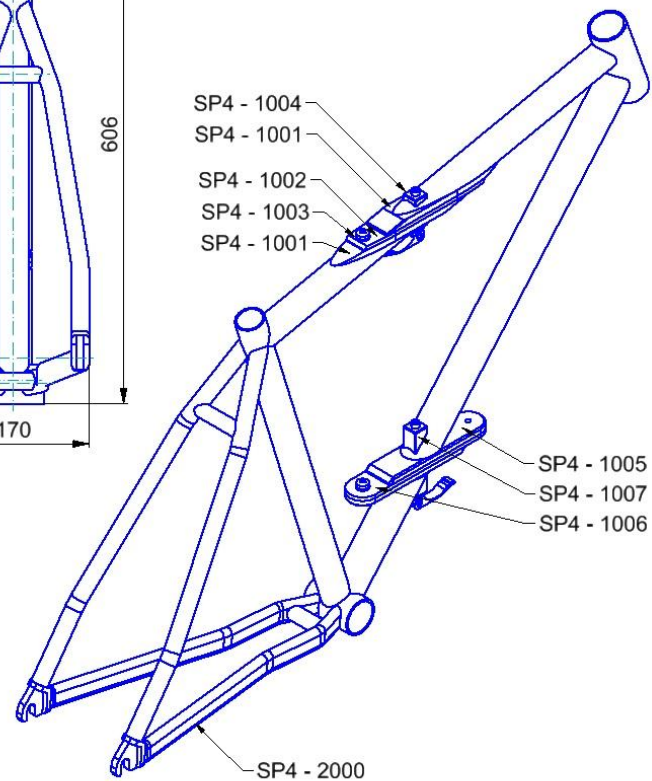
**Příloha G Model složeného rámu motokola – 3D pohled**



**Příloha H Výkres č SP4 - 1000 - Rám skládacího motokola**



SP4 - 1004  
 SP4 - 1001  
 SP4 - 1002  
 SP4 - 1003  
 SP4 - 1001

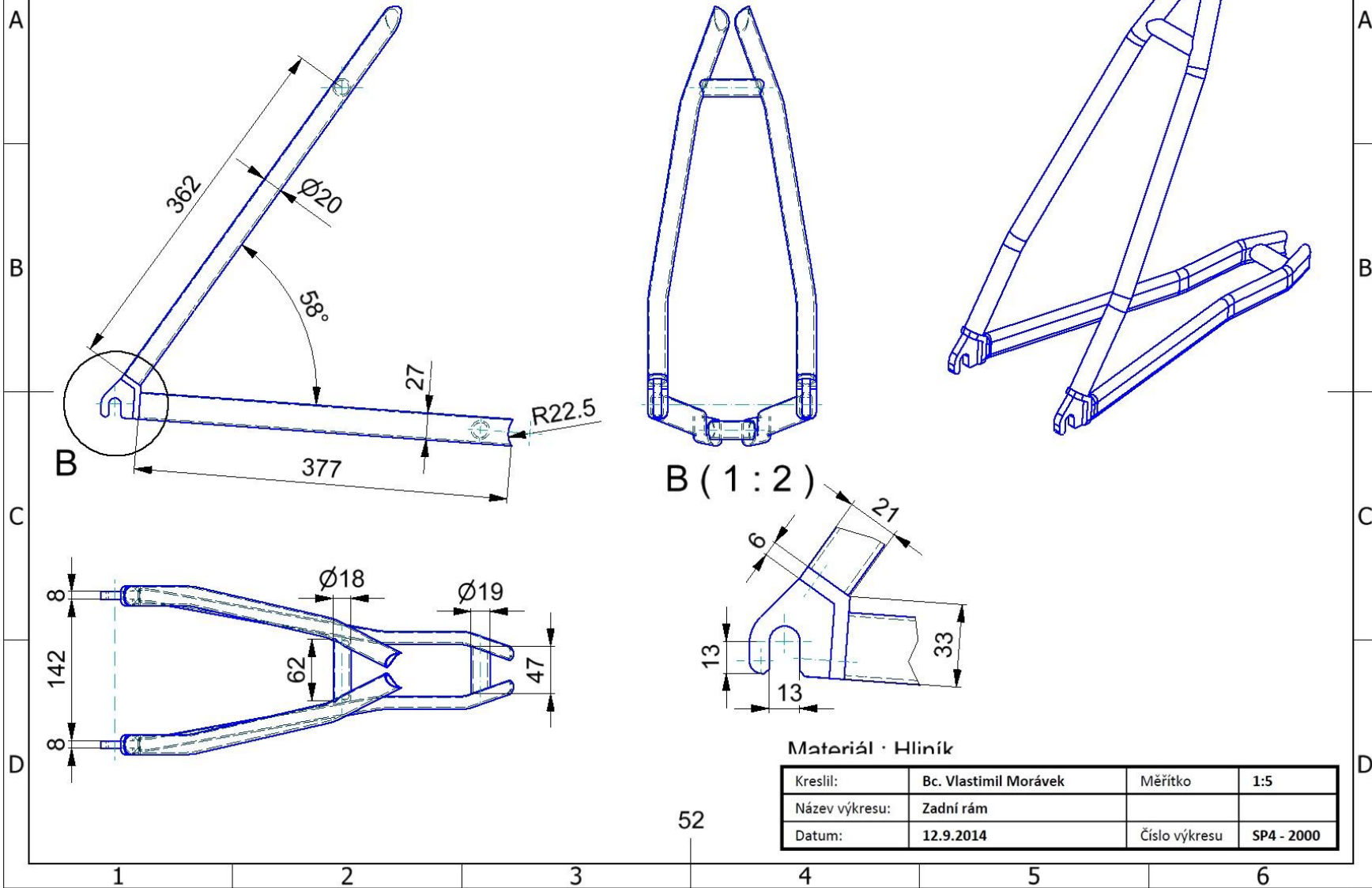


Materiál : Hliník

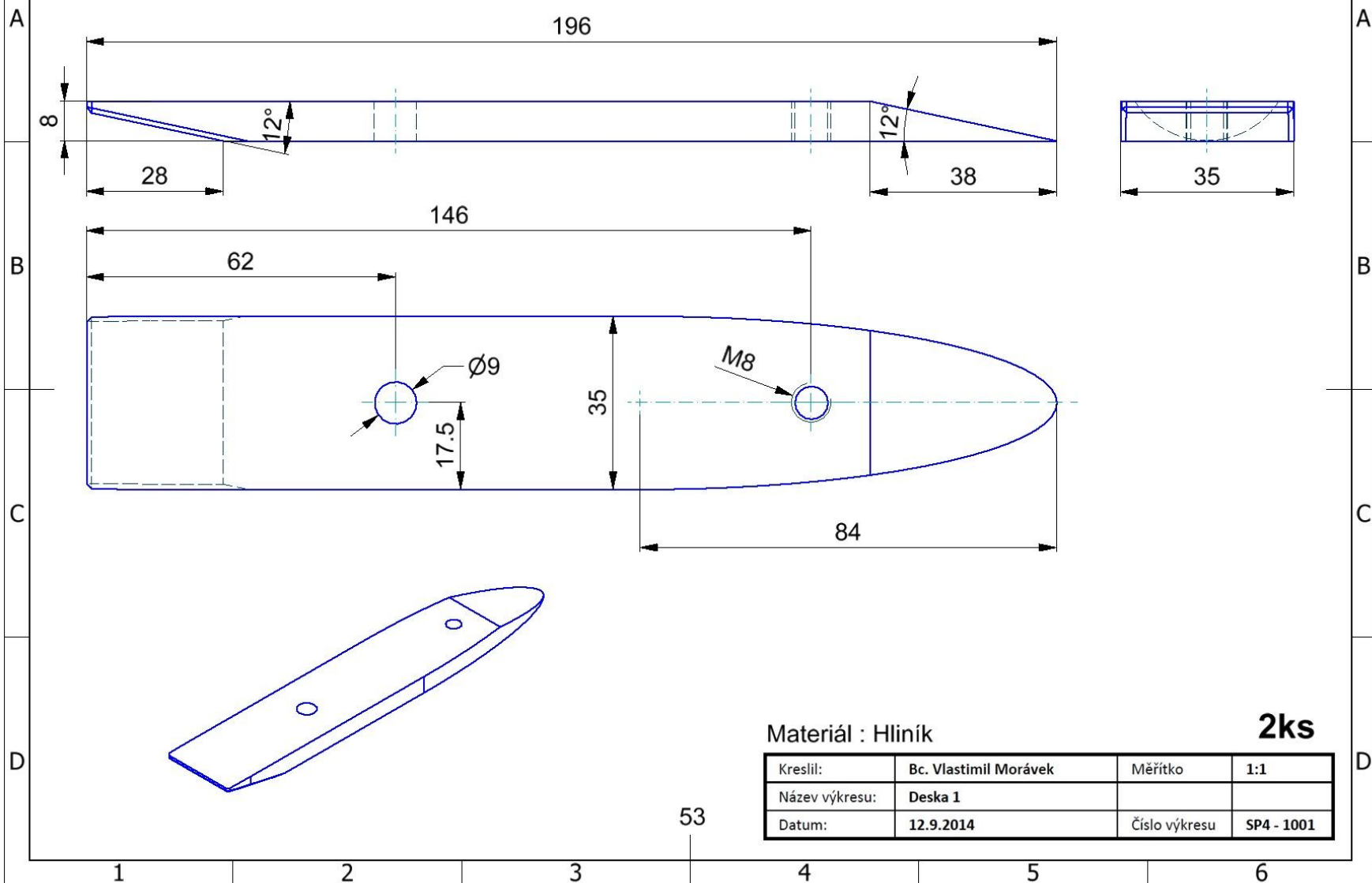
**1ks**

Kreslil:	Bc. Vlastimil Morávek	Měřítko	1:5
Název výkresu:	Rám skládacího motokola		
Datum:	12.9.2014	Číslo výkresu	SP4 - 1000

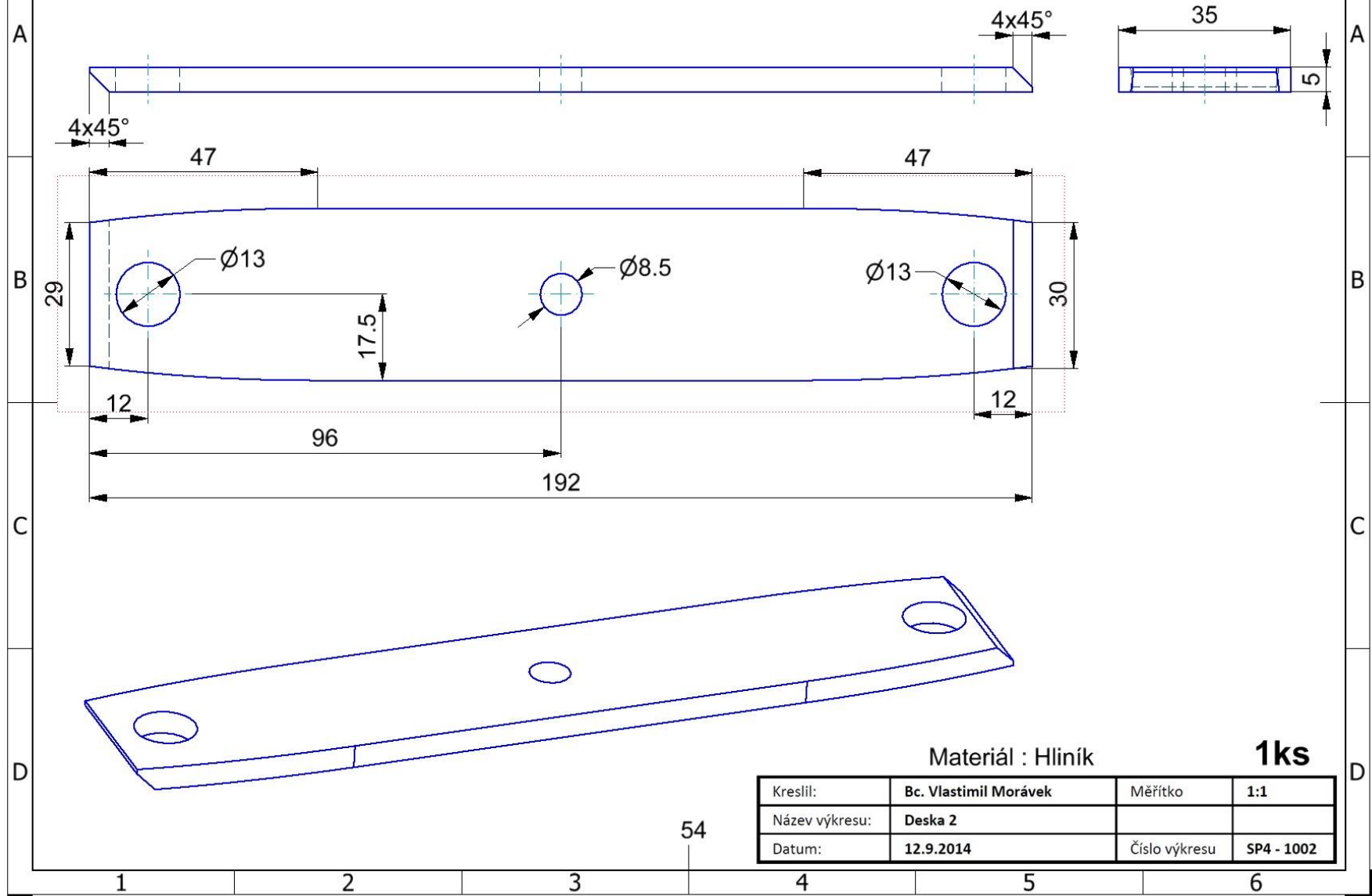
**Příloha I Výkres č. SP4 - 2000 - Zadní rám**



# Příloha J Výkres č. SP4 - 1001 - Deska 1



# Příloha K Výkres č. SP4 - 1002 - Deska 2



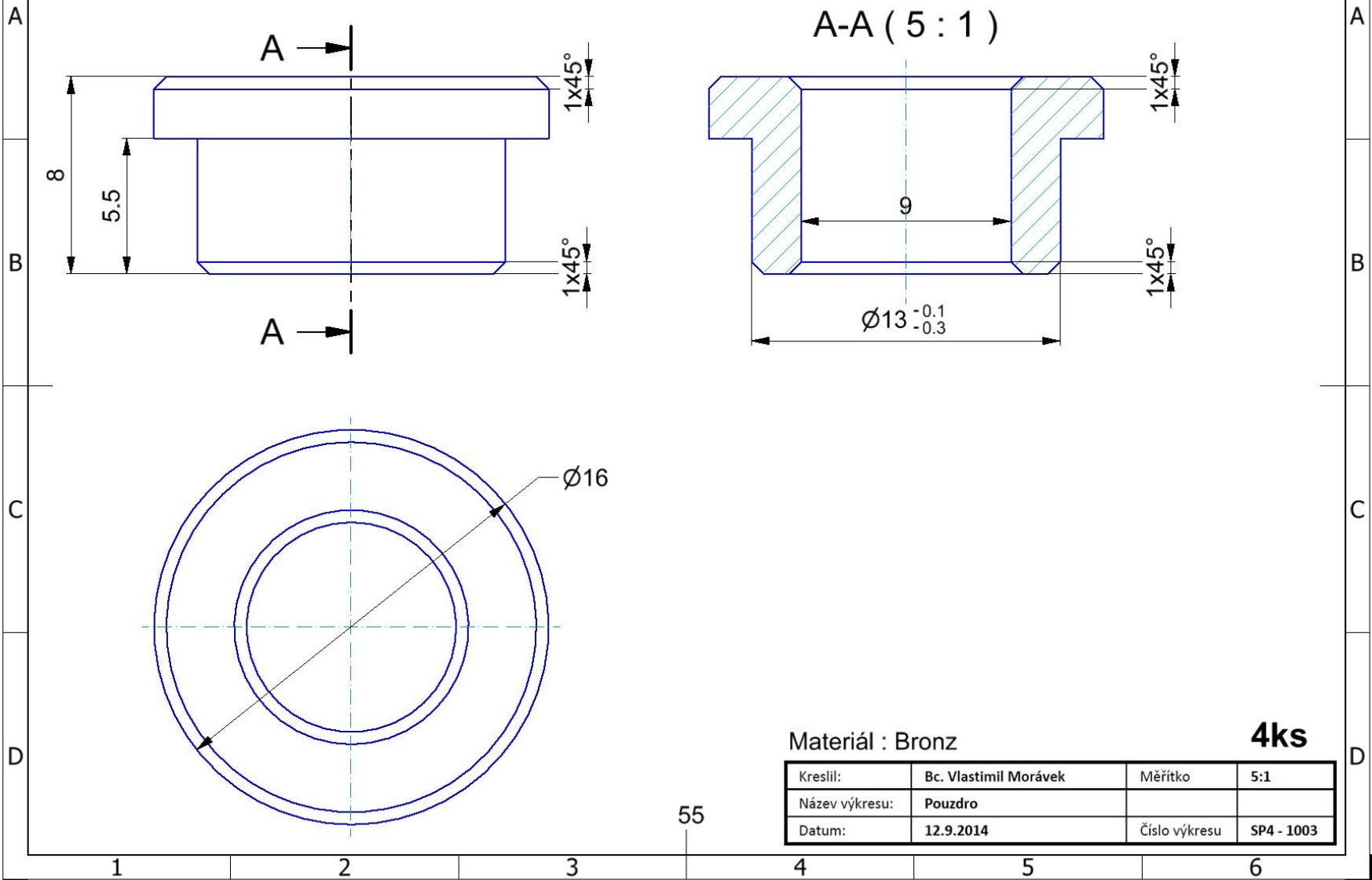
Materiál : Hliník

**1ks**

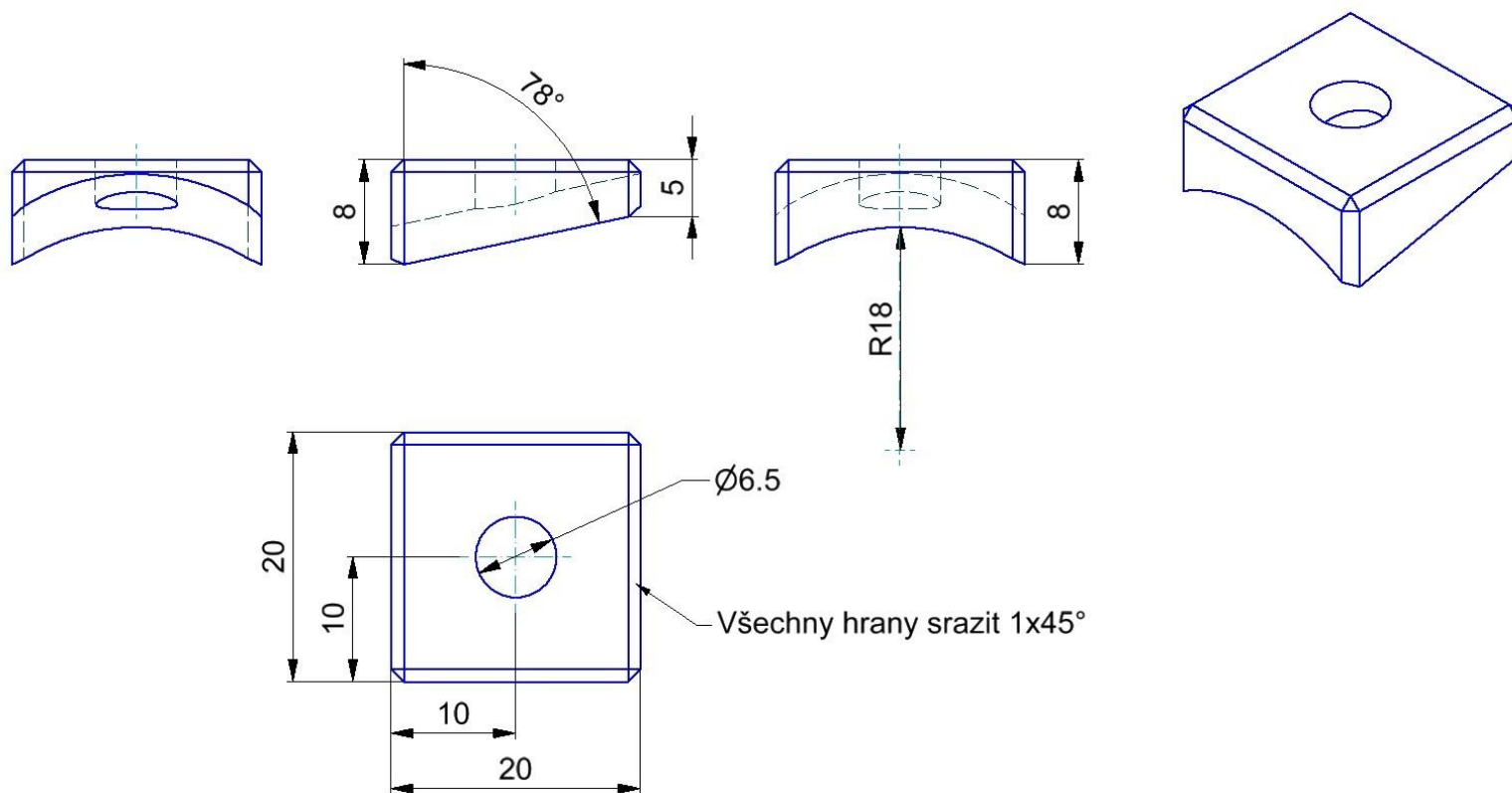
Kreslil:	Bc. Vlastimil Morávek	Měřítko	1:1
Název výkresu:	Deska 2		
Datum:	12.9.2014	Číslo výkresu	SP4 - 1002

54

**Příloha L Výkres č. SP4 - 1003 - Pouzdro**



# Příloha M Výkres č. SP4 - 1004 - Podložka 1



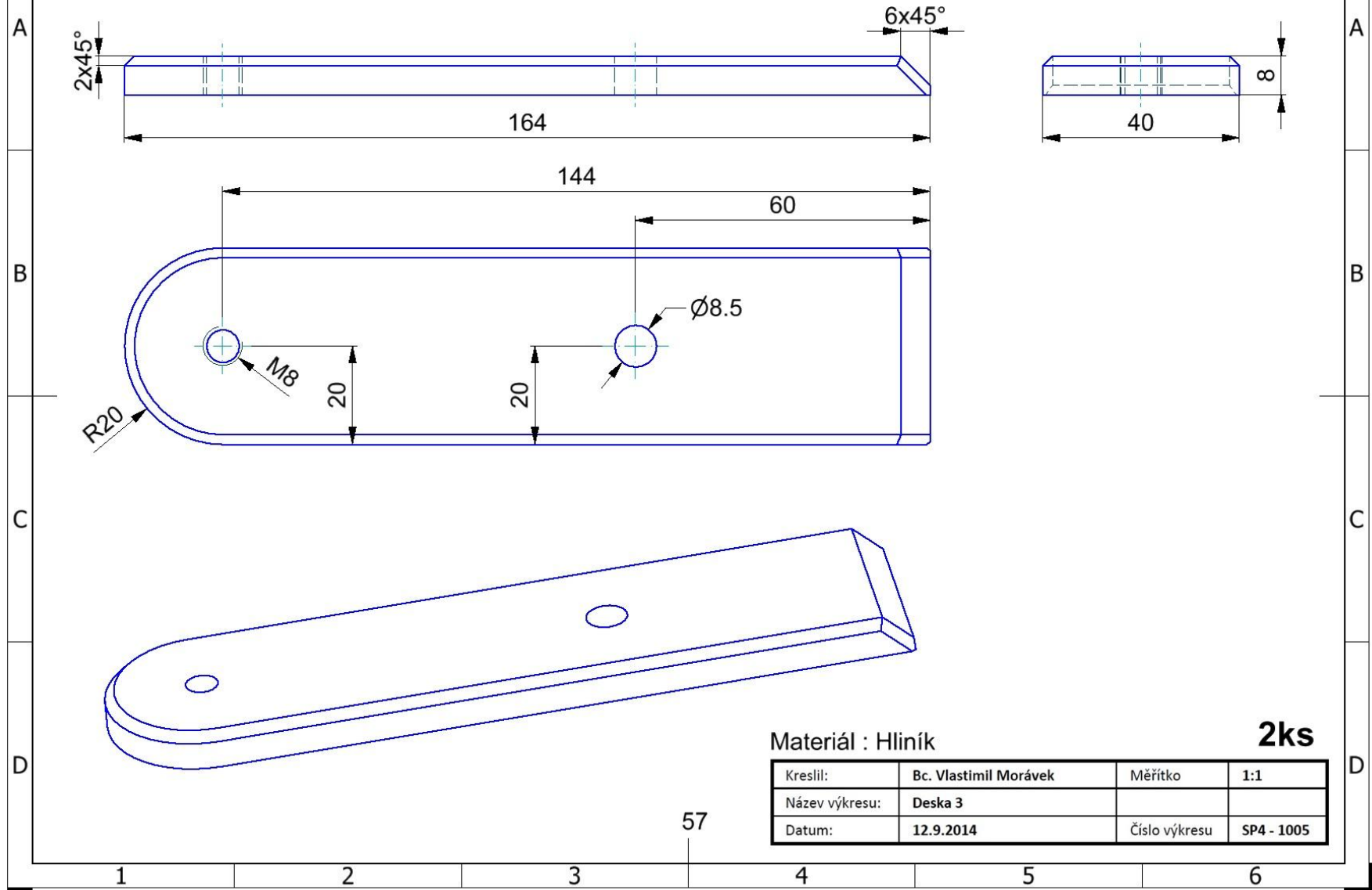
Materiál : Hliník

**2ks**

Kreslil:	Bc. Vlastimil Morávek	Měřítko	2:1
Název výkresu:	Podložka 1		
Datum:	12.9.2014	Číslo výkresu	SP4 - 1004

56

**Příloha N Výkres č. SP4 - 1005 - Deska 3**



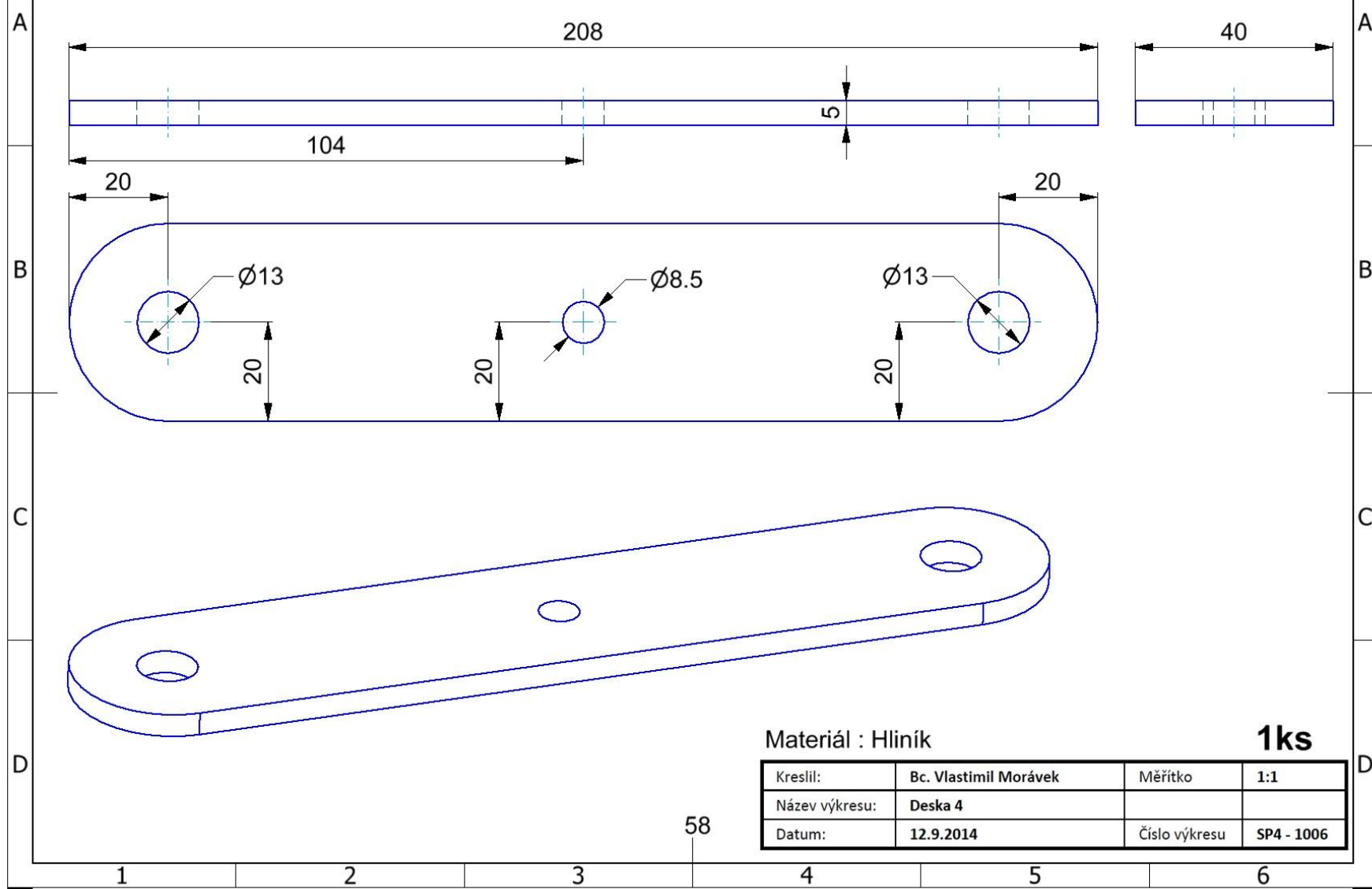
**Materiál : Hliník**

**2ks**

Kreslil:	Bc. Vlastimil Morávek	Měřítko	1:1
Název výkresu:	Deska 3		
Datum:	12.9.2014	Číslo výkresu	SP4 - 1005

57

**Příloha O Výkres č. SP4 - 1006 - Deska 4**



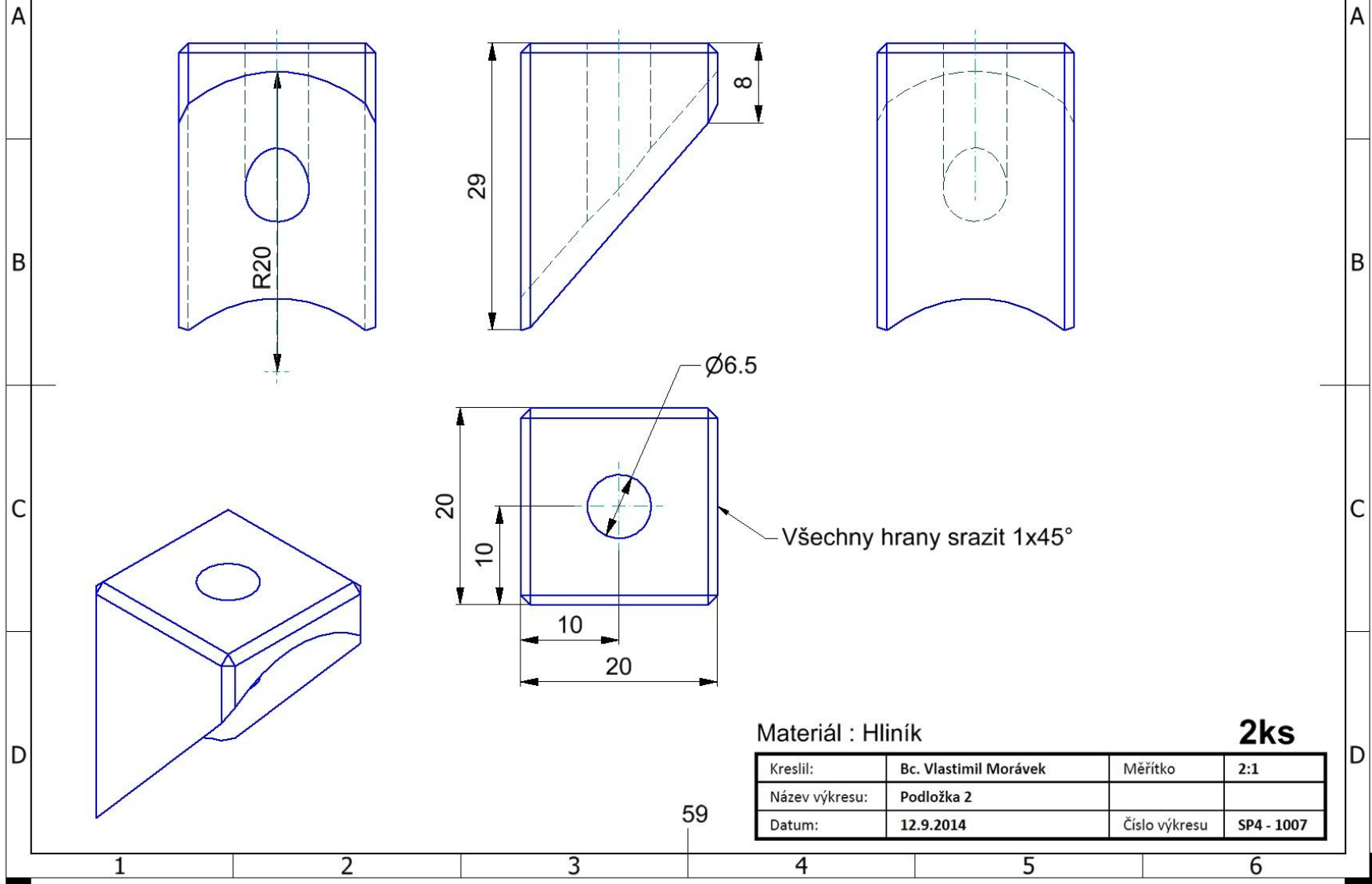
Materiál : Hliník

**1ks**

Kreslil:	Bc. Vlastimil Morávek	Měřítko	1:1
Název výkresu:	Deska 4		
Datum:	12.9.2014	Číslo výkresu	SP4 - 1006

58

# Příloha P Výkres č. SP4 - 1007 - Podložka 2



Materiál : Hliník

**2ks**

Kreslil:	Bc. Vlastimil Morávek	Měřítko	2:1
Název výkresu:	Podložka 2		
Datum:	12.9.2014	Číslo výkresu	SP4 - 1007

59