

Univerzita Hradec Králové
Pedagogická fakulta
Katedra techniky

KONSTRUKCE MODELU TRAKTORU ZE STAVEBNICE MERKUR

Bakalářská práce

Zpracoval: Daniel Erben, DiS
Studijní program: Základy techniky se zaměřením na vzdělávání – jednoobor
Vedoucí práce: Ing. Radko Kříž, Ph.D.
Oponent práce: doc. Mgr. et Mgr. Marie Hubálovská, Ph.D.

Zadání bakalářské práce

Autor: Daniel Erben, DiS.
Studium: P22P0370
Studijní program: B0114A300056 Základy techniky se zaměřením na vzdělávání
Studijní obor: Základy techniky se zaměřením na vzdělávání
Název bakalářské práce: **Konstrukce modelu traktoru ze stavebnice Merkur**
Název bakalářské práce AJ: Construction of tractor model out of Merkur set

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Cílem práce je vytvoření konstrukčního plánu a postupu pro stavbu modelu traktoru ze stavebnice Merkur. Plán i model jsou vytvořeny v CAD systému SolidWorks. Zároveň jsou zde charakterizovány diesellové motory a traktory jako pracovní stroje, jejich historie, rozdělení a užití.

Osnova bakalářské práce:

- 1) Úvod
- 2) Charakteristika traktorů
- 3) Historie stavebnice Merkur
- 4) Konstrukční postup modelu traktoru
- 5) Didaktický účel
- 6) Polytechnická tvořivost
- 7) Závěr

Kropáč, J. a kol., 2004. *Didaktika technických předmětů – vybrané kapitoly*. Olomouc: VUP. ISBN 80-244-0848-1

Miro, De Cet, 2007. *Traktory - encyklopedie*. Rebo, Čestlice. ISBN 978-80-7234-801-5

Novák, Zdeněk., 1962. *Traktory a automobily: pomocná kniha pro zeměd. techn. a mistrovské školy oboru mechanizačního*. 2. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství.

Vaněček a kol., 2016. *Didaktika technických odborných předmětů*. Praha: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 978-80-01-05991-3

Zadávací pracoviště: Katedra technických předmětů,
Pedagogická fakulta
Vedoucí práce: Ing. Radko Kříž, Ph.D.
Oponent: doc. Mgr. et Mgr. Marie Hubálovská, Ph.D.
Datum zadání závěrečné práce: 21.2.2023

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že bakalářská práce je uložena v souladu s rektorským výnosem č. 13/2022 (Řád pro nakládání s bakalářskými, diplomovými, rigorózními, dizertačními a habilitačními pracemi na UHK).

Datum:....

Podpis studenta: ...

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a při její tvorbě použil pouze těch pramenů, které jsou uvedeny v seznamu zdrojů.

V Hradci Králové dne...

Podpis autora...

Anotace

ERBEN, Daniel. Konstrukce modelu traktoru ze stavebnice Merkur. Bakalářská práce. Hradec Králové: Pedagogická fakulta Univerzity Hradec Králové, 2024.

Ve své bakalářské práci se zabývám konstrukcí modelu historického traktoru Zetor 25 z mechanické konstrukční stavebnice Merkur.

Práce obsahuje podrobný postup a návod pro sestavení modelu traktoru, popis a obecnou charakteristiku traktorů jakožto pracovních strojů, jejich historii, rozdělení a využití. Zároveň je zde charakterizována stavebnice Merkur a její historie.

Klíčová slova: stavebnice Merkur, traktory, vznětový motor, Zetor, technická tvořivost

Anotation

ERBEN, Daniel. Konstrukce modelu traktoru ze stavebnice Merkur. Bakalářská práce. Hradec Králové: Pedagogická fakulta Univerzity Hradec Králové, 2024.

In my bachelor's thesis I deal with construction of a model of historical farm tractor Zetor 25 out of mechanical construction set Merkur.

The thesis contains detailed process and manual for the tractor model assembly, description and general characterization of tractors as working machines, their history, types and usage. Merkur construction set is described as well as its history in this thesis.

Keywords: Merkur construction set, tractors, diesel engine, Zetor, technical creativity

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce Ing. Radko Křížovi, Ph.D. za poskytnuté materiály, informace a zprostředkování exkurze do firmy Merkur. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přítelkyni za podporu a motivaci při psaní této práce.

Obsah

Úvod.....	12
1 Traktory	14
1.1 Charakteristika traktorů.....	14
1.2 Historie traktorů	16
1.3 Historie traktorů Zetor.....	19
1.4 Traktor Zetor 25	21
1.5 Rozdělení traktorů.....	22
1.6 Naftový spalovací motor	27
2 Stavebnice Merkur.....	33
2.1 Historie stavebnice Merkur	33
2.2 Technická charakteristika stavebnice Merkur.....	36
2.3 Merkur ve vědě a kultuře	37
2.4 Uspořádání a balení stavebnice Merkur	39
2.5 Možnosti stavebnice Merkur.....	40
3 Konstrukční postup modelu traktoru	42
3.1 Popis modelu.....	42
3.2 Konstrukce a manuál.....	43
3.3 Balení stavebnice	53
4 Didaktický účel.....	57
4.1 Cílová skupina.....	57

4.2	Rozvoj schopností a dovedností.....	58
4.3	Test stavebnice	59
4.4	Výsledky testu.....	60
4.5	Shrnutí testu	67
	Závěr	69

Úvod

Český i světový trh je bohatý na nepřeborné množství hraček a her, které mají za cíl rozvíjet u dětí určité dovednosti a schopnosti, prohlubovat znalosti dané problematiky, a především motivovat k učení a dobrovolnému rozšiřování poznatků z konkrétních lidských sfér. Jedním z nejrozšířenějších způsobů pro rozvoj dovedností u dětí s technickými ambicemi a manuální tvořivostí jsou polytechnické stavebnice, které jim formou hry umožňují rozvoj všech důležitých dovedností, které technicky zaměřený člověk ke své práci potřebuje. (Hubálovská, 2018).

Mezi takové hračky patří i česká stavebnice Merkur, která má za cíl rozvíjet u dětí především základní technické znalosti z oblasti strojírenství, konstruování a mechaniky, a především také prostorovou představivost a jemnou motoriku prstů. Stavebnice Merkur byla součástí dětství nepřeborné řady techniků a strojařů minulého století i současnosti a má tak nemalý podíl na rozvoji jejich schopností, zájmu o techniku i jejich současném postavení. Díky své univerzálnosti a charakteru byla stavebnice Merkur užívána i ve skutečném vědeckém vývoji a technickém prototypování a zasloužila se tak i o vynálezy světového formátu. Z těchto důvodů je značná část této práce zaměřena na stavebnici Merkur.

Strojírenský průmysl je z velké části zaměřen na vozidla, dopravní prostředky a pracovní stroje. Modely a hračky z této sféry jsou pro děti velice lákavé a díky své široké diverzitě (stavební stroje, zemědělská technika, automobilová doprava, atd..) si každé dítě může vybrat takové hračky, které jsou pro ně nejvíce atraktivní. Do této sféry patří i traktory, které mají ve světě (ať už ve strojírenském i nestrojírenském) obrovský význam a zastoupení. Kombinací takových, pro děti lákavých, témat a polytechnických stavebnic je příjemný způsob, jak mladé jedince motivovat k dalšímu rozvoji technických dovedností, vzdělávání v technických sférách a vypěstování nových generací inženýrů, konstruktérů, techniků, mechaniků a strojařů.

Konkrétně traktory tak mohou být atraktivní pro děti z venkovského prostředí nebo pro děti, jejichž rodiče pracují v zemědělství, případně jsou na tyto pracovní stroje zaměřeni jiným způsobem (opraváři, mechanici, obsluha,..).

Proto je cílem této práce vytvoření manuálu pro stavbu modelu historického traktoru Zetor 25A ze stavebnice Merkur, přičemž práce bude obsahovat historii této stavebnice, obecnou charakteristiku traktorů a jejich rozdělení a podrobný manuál pro sestavení modelu. Jednotlivé modely a součástková základna stavebnice Merkur jsou vytvořeny v CAD systému SolidWorks.

1 Traktory

1.1 Charakteristika traktorů

Traktory (z lat. *tractor – tahač*) jsou užitná pracovní vozidla, která vykonávají práci zpravidla pomocí tahové síly. Nicméně kromě tahání břemen mohou sloužit i k celé řadě dalších pracovních činností, jako je agregace jiných zařízení a pracovních strojů, tlačení břemen, manipulace s materiály, případně i kombinace výše zmíněných (např. tažení sběracího vozu a zároveň pohon jeho sběracího ústrojí). (Celjak, 2011)

Tyto dopravní prostředky mohou být zpravidla na podvozku buď kolovém nebo pásovém. Traktory se dělí do několika kategorií dle různých kritérií, čemuž bude věnována vlastní kapitola. Nejběžnějším a nejrozšířenějším typem traktoru jsou dvouosé kolové traktory s říditelnou přední nápravou. Pro takový traktor je charakteristickým rysem skutečnost, že jsou zadní kola oproti předním mnohem větší. Důvodů pro rozměrná zadní kola je několik – protože traktory pracují zpravidla v těžkém a náročném terénu, je nutné, aby styčná plocha kola s podložkou (tedy s půdou) byla co největší, aby nedocházelo k zaboření kol do půdy. Zároveň u kolových traktorů je zadní náprava zpravidla ta, která uvádí stroj do pohybu a hmotnost, kterou nese je mnohem větší než u přední nápravy, což je zpravidla ještě umocněno těžkým neseným nářadím, které se do zadního třibodového závěsu traktoru připojuje. Veškerá hmotnost a tím pádem i těžiště traktoru je tak přenášena na zadní nápravu. U takového těžkého stroje je proto nutné, aby se jeho hmotnost co nejlépe rozložila, což umožňují právě velká a široká zadní kola. Traktory mají zároveň díky nim i mnohem lepší trakci a vynikající průchodnost náročným terénem. Široká kola rovněž snižují měrný tlak na podložku a tím je i šetrnější pro půdu. Přední kola jsou naopak oproti zadním kolům mnohem menší proto, aby byl traktor snadno ovladatelný. Přední kola udávají směr traktoru a čím menší jsou, tím kladou při řízení menší odpor a tím snadněji se ovládají. Malá přední kola rovněž zajišťují menší poloměr otáčení a také umožňují dobrý výhled z kabiny traktoru. (Myngiang, 2023).

Traktory jsou vozidla, která mají zpravidla malou pojezdovou rychlost, která v terénu bývá ještě menší než při provozu na pozemních komunikacích. Nízká pojezdová rychlost je tak vykompenzována velkým kroučícím momentem a velkou tahovou silou, které jsou traktory schopny vykonat. Tyto parametry jsou nezbytné pro traktory vzhledem k pracovnímu určení stěžejní. Moderní traktory mohou na silnici dosahovat rychlosti

kolem 50 km/h (některé mohou jet rychlostí až 70 km/h, např. traktor JCB Fastrac řady 8000), u starších traktorů maximální rychlost obvykle nepřekračuje 40 km/h. V závislosti na charakteru práce a zatížení bývá pracovní rychlost těchto strojů zpravidla mnohem menší a při velké zátěži se užívá i redukovaných rychlostních převodových stupňů.



Obrázek 1 - JCB Fastrac řady 8000 (Profi stroje, 2020)

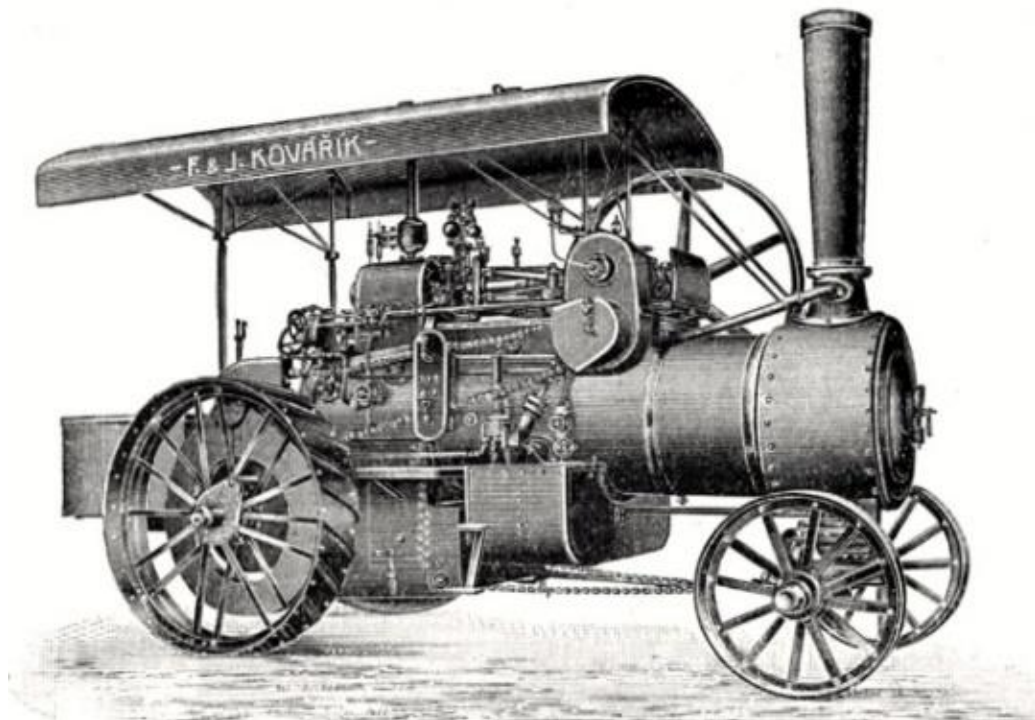
Traktory se užívají ve velkém množství po celém světě v různých průmyslových sférách. Nejvíce jsou rozšířeny v zemědělství a lesnictví, další sférou je stavebnictví, komunální služby, těžařský průmysl nebo zahradnictví. Ve speciálních případech nachází uplatnění i v armádě jako tahače podvozků balistických raket, případně na letištích jako tahače letadel.

Mezi největší světové velmoci ve výrobě traktorů patří USA, Německo, Čína, Indie a Rusko. Nejznámější světové firmy vyrábějící traktory a zemědělskou techniku jsou John Deere, Deutz-Fahr, New Holland, Case, Claas nebo Mahindra. (Tractor Junction, 2023).

V České republice se dochovala pouze jedna větší firma, která vyrábí traktory a tou je brněnská firma Zetor, kterou nyní vlastní slovenská investiční korporace HTC Investment. V minulosti se výrobou traktorů na území Československa zabývala i firma Škoda a v meziválečném období firmy Svoboda, Praga a Wikov (Wichterle a Kovářik), které byly po válce znárodněny.

1.2 Historie traktorů

Už od pradávna si člověk snažil všemi možnými prostředky ulehčit práci, ale zároveň zvýšit její efektivitu. Po celá staletí byli na těžké práce využíváni buď otroci nebo hospodářská zvířata. Někteří vynálezci jako Leonardo da Vinci přicházeli s návrhy na pracovní stroje, které by ke svému pohonu využívali lidskou energii, ale v drtivé většině případů zůstaly tyto koncepty pouze na papíře. Zlom přišel během velké průmyslové revoluce, kdy byly v 19. století v průmyslu nasazovány parní stroje. V zemědělské sféře se začaly objevovat první mlátičky a balíkovače, které byly z počátku poháněny plochými řemeny právě od stacionárních parních motorů. Postupem času byly stacionární parní stroje vybaveny jednoduchými převodovkami a podvozky, které tyto stroje mobilizovaly. Takové stroje jsou skutečnými předchůdci traktorů a nazývají se lokomobily. I přesto, že se jednalo o neuvěřitelný technologický pokrok, stále to byly velice neohrabané, těžké a na údržbu i obsluhu velice náročné stroje. (De Cet, 2006; Bejvávalo, 2018).



Obrázek 2 - Lokomobila (Bejvávalo, 2018)

Postupem času byly parní stroje nahrazeny naftovými a benzínovými motory, nejdříve stacionárními a následně opatřeny podvozky a pohonným ústrojím. První traktor se spalovacím benzínovým motorem byl zkonstruován v USA roku 1892 Johnem Froelichem a vyroben firmou Van Duzen Gas and Gasoline Engine Co. Byl to čtyřkolový traktor velice jednoduché konstrukce, o který nebyl příliš velký zájem, nicméně to byl milník v dalším vývoji traktorů. Zajímavá je skutečnost, že až do roku 1935 se v USA vyráběly traktory pouze na benzín, případně petrolej. Na rozdíl od Evropy, kde se uplatňovaly spíše motory na naftu, byl první traktor s dieslovým motorem v USA vyroben až v roce 1935 firmou Mc Cormick-Deering a jednalo se o model WD-40. (De Cet, 2006).



Obrázek 3 - první traktor Johna Froelicha (Klancher, 2021) Obrázek 4 – McCormick WD-40 (Allen, 2016)

Co se týče traktorů na českém území, tak na počátku 20. století se zde, ač ve velmi omezeném množství, používaly samohybné pluhy a parní stroje zahraničních výrobců. Na přelomu 20. a 30. let zde působili již zmiňovaní výrobci jako Wikov, Praga, Škoda, Svoboda nebo Slavia, nicméně velká část traktorů zde byla zahraniční produkce (především z USA). Během druhé světové války byla výroba traktorů silně utlumena a vývoj nových typu probíhal zpravidla potají. Po válce ve výrobě traktorů pokračovala pouze Škoda se svým traktorem Škoda 30. (Šuman – Hreblay, 2011).



Obrázek 3 - Škoda 30 (Kouba, 2013)

V roce 1946 vznikla firma Zetor, která byla až do sametové revoluce hlavním výrobcem traktorů na území ČSSR. V tomto období se zde v malém počtu dovážely traktory značky Fortschritt z NDR, ve větší míře pak pásové traktory (DT-54, DT-75) a těžké tahače (Kirovec K700) ze Sovětského svazu. I přesto, že byl Zetor v ČSSR dominantním výrobcem traktorů, vyráběly se zde i stroje jiných firem. Škoda ve spolupráci s firmou LIAZ na konci 60. let vyvinuly těžký kloubový traktor ŠT-180, případně národní podniky Agrostroj Jičín a Prostějov, kde se vyráběly malotraktory jako MF-70 nebo PF-62. Po sametové revoluci byl československý trh zaplaven traktory západních značek, národní podniky byly privatizovány. V současnosti na území ČR působí i nadále firma Zetor, dále firma SECO Industries (bývalý Agrostroj Jičín), vyrábějící zahradní traktory, firma VARI, která vyrábí univerzální jednoosé traktory a nosiče nářadí, nebo firma ŠÁLEK vyrábějící malotraktory a nářadí pro malé farmy.



Obrázek 4 - zleva Zetor 2011, Zetor 25A, Seco Starjet P6

1.3 Historie traktorů Zetor

Po válce byly všechny firmy znárodněny a československý průmysl potřeboval přijít s jednoduchým a levným traktorem, který by byl vhodný pro hromadnou výrobu. Vedoucí technického odboru Národního výboru pověřili tímto úkolem konstruktéra Františka Musila, který působil jako konstruktér spalovacích motorů ve Zbrojovce Brno, ve které výroba traktorů zůstala. Během půl roku František Musil se svým týmem konstruktérů vyvinul prototyp dvouválcového diesellového traktoru Z 25, který po testování a porovnání s konkurenčním traktorem Škoda 30 vyšel jako vítěz, čímž byla výroba traktorů Škoda 30 později v roce 1951 ukončena. V březnu roku 1946 byly dodány zákazníkům první tři vyrobené traktory Z-25, načež byla v témže roce vydána ochranná známka Zetor. Název Zetor vznikl z přepisu písmena Z, který používala ve znaku Zbrojovka Brno, a ze dvou posledních písmen slova traktor (čili Zet-or). Vzhledem k těžkému poválečnému období, kdy byl nedostatek obráběcích strojů a materiálů byly využity stroje a materiály z dílen, které nedaleko Brna pro válečnou výrobu vybudovali během války nacisté. Z tohoto důvodu byly první traktory Zetor lakovány vojenskou khaki barvou ze zbylých zásob (ve vzorníku barev RAL je pod označením RAL7028). Souběžně s dvouválcovým Zetorem 25 byl také vyráběn jednoválcový traktor Zetor 15, nicméně byl kvůli své velikosti a výkonu pro velké národní hospodářské podniky nedostačující. Jeho výroba proto v roce 1949 skončila. Traktorů Zetor 15 se vyrobilo pouhých 2215 kusů a dnes to jsou velice vzácné historické stroje ceněné sběrateli. Traktory Zetor 25 se vyráběly až do roku 1961 a vyrobilo se jich 158 570 kusů.



Obrázek 7 - Zetor 25A



Obrázek 8 - Zetor 15

Během této doby byly tyto traktory konstrukčně zlepšovány, inovovány a vzniklo tak několik modifikací, které původní Zetory 25 nahradily. Mezi lety 1955-1968 byly vyráběny výkonnější a silnější čtyřválcové traktory Zetor 35 Super a jeho pozdější modifikace Zetor 50 Super. V roce 1960 byl představen koncept unifikace dílů, což byl systém, kdy pro více typů traktorů byly používány stejné díly, čímž se značně zjednodušila výroba a především servis. Byla tak představena první unifikovaná řada pod označením UŘ I, jejíž základní model byl Zetor 3011, tedy tříválcový univerzální traktor. Dalšími modely této řady byl dvouválcový Zetor 2011, který se převážně vyvážel do zahraničí a čtyřválcový Zetor 4011. S těmito traktory přišel ve své době unikátní hydraulický systém Zetormatic, což byl hydraulický zvedací systém pro nesené nářadí, který sám reguloval hloubku orby v závislosti na odporu půdy a zároveň váhu neseného nářadí z části přenášel na zadní část traktoru. Díky tomu traktory při orbě méně prokluzovaly a zároveň šetřily palivo. Unifikovaná řada I byla během let několikrát modernizována, traktory byly konstrukčně upravovány a inovovány a tento koncept vydržel až do roku 2006, kdy byla postupně nahrazena řadou Proxima. Vzhledem k velké poptávce traktorů vyšších výkonových řad byla v roce 1968 představena druhá unifikovaná řada UŘ II, která zahrnovala traktory od 80 do 160 koní, které nesly rovněž označení Crystal. Tyto traktory vznikly ve spolupráci s polským výrobcem traktorů Ursus, které se v Polsku pod stejnojmenným názvem prodávaly. Zetor se zavedením této řady traktorů získal světové prvenství, jelikož s těmito traktory byla vyvinuta vůbec první bezpečnostní kabina zabezpečená proti převrácení. Základním modelem



Obrázek 5 - Zetor Crystal 16045 (Zetor Tractors a.s., 2021)

této řady byl čtyřválcový Zetor 8011, následovaný rovněž čtyřválcovým Zetorem 10011. Tyto traktory se vyráběly také s přední hnanou nápravou pod označením 8045 a 10045. Součástí této řady byly zároveň traktory s šestiválcovými motory, které byly zavedeny do výroby o několik let později. Byly jimi Zetor 12011, Zetor 12045 a Zetor 16045. Výroba UŘ II byla s časem rovněž inovována a modernizována, a na konci 70. let postupně převedena na Slovensko do výrobního závodu ZŤS Martin, kde byla vyráběna až do roku 1997. Po sametové revoluci procházel Zetor řadou firemních změn, s čímž souvisí privatizace podniku, kdy většinový podíl patřil Konsolidační bance a od roku 2002 vlastní

Zetor slovenská firma HTC Investments. Během těchto let Zetor navázal krátkodobou spoluprací s firmou John Deere, pro kterou vyráběl traktory určené pro latinsko-americký trh. V roce 1992 byla představena unifikovaná řada UŘIII, které zahrnovaly traktory s výkonem od 80 do 100 koní. Tato řada byla v roce 1998 modernizována a uvedena na trh pod názvem Forterra. Modely řad Zetor Proxima a Zetor Forterra se vyrábí dodnes a od svého zavedení byly



Obrázek 6 - Zetor Proxima s designem Pininfarina

postupně mnohokrát inovovány a modernizovány. Tyto řady v současnosti představují hlavní produkt firmy Zetor. Kromě nich Zetor dále nabízí malotraktory řady Primo, Compax a Utilix, dále traktory řady Major (výkon od 70 do 80 koní), moderní Zetor Crystal s šestiválcovým motorem o výkonu až 170 koní a řadu traktorů Global, která je určena pro trhy s nižšími emisními normami (Afrika, Asie). V roce 2015 Zetor představil nový design svých traktorů vytvořený italskou společností Pininfarina, který od roku 2018 zavedla do výroby a v současnosti je k vidění na traktorech řady Major, Proxima a Forterra. (Stehno, 2010; Zetor Tractors a.s., 2021).

1.4 Traktor Zetor 25

Zetor 25 byl prvním traktorem, který firma Zetor vyráběla. První prototyp byl vyvinut konstruktérem Františkem Musilem a jeho týmem za pouhý půlrok a v březnu roku 1946 byly zákazníkům předány první tři vyrobené traktory. (Stehno, 2010).



Obrázek 7 - prototyp Z 25 (Zetor Tractors a.s., 2021)

Jedná se o bezrámový traktor opatřený dieslovým, kapalinou chlazeným motorem s nepřímým vstřikem (s vírovou komůrkou v hlavě motoru) a obsahem motoru 2078 cm³. Rozvodový systém byl typu OHV a motor dosahoval výkonu 25 koní při 1800 ot/min nebo 1600 ot/min v závislosti na typu traktoru. Převodovka obsahuje 6 rychlostí vpřed a 2 zpátečky. (Zetor Tractors a.s., 2021).

Původní model Zetor 25 byl postupem času značně modifikován a modernizován. Později byla představena nová verze traktoru Zetor 25K (K = kultivační), která byla vybavena elektrickým startováním, a především hydraulickým zvedacím systémem pro nesené nářadí. Traktor byl konstruován především pro řádkové plodiny, kvůli čemuž měl větší a užší zadní kola, vyšší přední nápravu a celkově vyšší světlou výšku. Jmenovité otáčky motoru byly rovněž nižší (1600 ot/min) a měl upravenou převodovku s jinými převodovými poměry.

Další modifikací byl Zetor 25A (A = agregační), který měl oproti předchozí verzi nižší světlou výšku, motor nastavený na 1800 ot/min, jinou převodovku, nižší nápravu a další technická vylepšení, která se později přidávaly i na modely K. Mezi tato vylepšení patří například kompresor, uzávěrka diferenciálu, pohodlnější odpružené sedadlo, vzduchojem, brzdový ventil, nožní plynový pedál, rozšířenou přístrojovou desku nebo kabinu. Méně rozšířenou modifikací byl upravený Zetor 25A s označením Zetor 25P, což byla polopásová modifikace určena do náročného lesního terénu. Poslední modifikací byl Zetor 25H, což byly vyřazené traktory upravené strojní traktorovou stanicí v Hodoníně pro práci v sadech a vinicích. (Stehno, 2010; Zetor Tractors a.s., 2021).



Obrázek 12 - Zetor 25K (Zetor Tractors a.s., 2021)



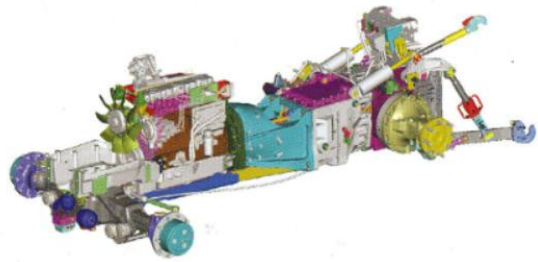
Obrázek 13 - Zetor 25A

1.5 Rozdělení traktorů

Traktorů jako takových je velké množství typů a mohou být rozděleny mezi několik různých kategorií, které se mezi sebou mohou vzájemně překrývat. To znamená, že jeden konkrétní traktor může spadat pod vícero kategorií v závislosti na jeho technických parametrech a použití. Traktory můžeme dělit podle:

a) Konstrukce – rozdělení podle toho, jak jsou jednotlivé dílčí části traktoru (přední náprava, motor, skříň spojky, převodovky a rozvodovky) sestaveny

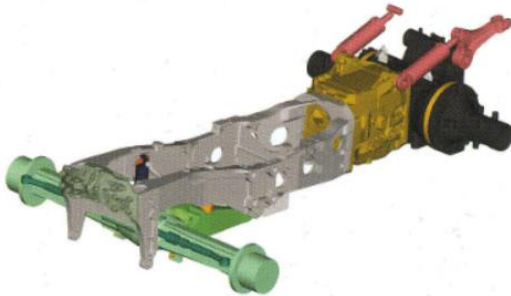
1) **Bezrámové** – jednotlivé strojní prvky jsou k sobě sešroubovány a tvoří tak podvozek traktoru. Konstrukčně to je nejlevnější a nejjednodušší řešení, ale kvůli vysokému mechanickému namáhání musí být jednotlivé části dostatečně dimenzovány. (Bauer, 2013).



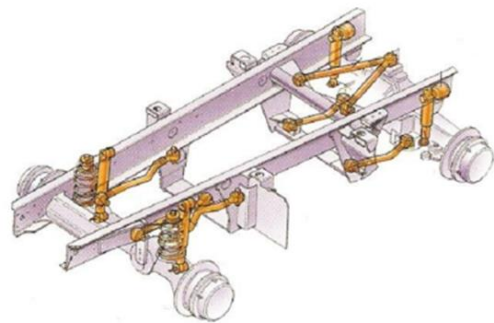
Obrázek 14 - Bezrámová konstrukce traktoru (Bauer, 2013)

2) **Polorámové** – část strojních prvků traktorů je nesena na rámu, který je přimontován k rozvodovce. Dílčí části nesené rámem tak nemusí být tak dimenzovány. (Bauer, 2013).

3) **Rámové** – nosná funkce traktoru je řešena rámem, díky čemuž jsou jednotlivé strojní části traktoru méně zatěžovány. Rám zároveň umožňuje lepší rozložení hmotnosti traktoru a nést těžší nářadí. (Bauer, 2013).



Obrázek 15 - Polorámová konstrukce traktoru (Bauer, 2013)



Obrázek 16 - Rámová konstrukce traktoru (Bauer, 2013)

b) Typu podvozku – rozdělení podle mechanismu, jakým je traktor uváděn do pohybu

1) **Kolové** – traktor je uváděn do pohybu pomocí kol. Tyto traktory jsou konstrukčně nejjednodušší a nejrozšířenější.

2) **Pásové** – traktor se pohybuje pomocí pásů. Oproti kolovému podvozku pásy zajišťují lepší průchodnost náročným terénem, lepší rozložení váhy traktoru a tím i lepší tahové vlastnosti a jsou šetrnější pro půdu díky menšímu měrnému tlaku pásů vůči podkladu. Typickým pásovým traktorem je například sovětský DT-54.

3) **Polopásové** – přední náprava těchto traktorů bývá zpravidla kolová a zajišťuje řízení stroje. Zadní náprava je na pásovém podvozku, čímž je lépe rozložena hmotnost

zadní části traktoru vůči podkladu a lepší průchodnost terénem. Mezi polopásové traktory patří například traktor New Holland T8 SmartTrax.

c) Typu agregátu – rozdělení podle druhu motoru, jaký traktor k pohonu využívá

1) **Benzínové** – traktory využívají ke své funkci zážehový spalovací motor. Používají se především u zahradních a jednoosých traktorů.

2) **Naftové** – traktory ke své funkci využívají vznětové spalovací motory. Takový typ agregátu je nejrozšířenější a pro traktory nejvhodnější díky velkému krouticímu momentu a tím i velké tažné síle. Zároveň jsou naftové motory oproti benzínovým efektivnější a zároveň i úspornější.

3) **Parní** – dnes se již nepoužívá. Využívaly se u parních lokomobil.

4) **Petrolejové** – motory na petrolej byly principiálně podobné benzínovým, ale díky nízké účinnosti jsou rovněž motory na petrolej minulostí.

5) **Elektrické** – traktor ke své funkci využívá elektrickou energii, kterou získává nejčastěji z baterie, která je součástí vozidla. Elektrické traktory mají zpravidla v každém

kole uložený elektromotor, který vozidlo uvádí do pohybu. Sériové elektromotory mají velký krouticí moment při nízkých otáčkách a ze všech agregátů disponují nejlepší účinností a trakční charakteristikou, což by pro stroje jako traktor bylo ideální, nicméně kvůli velmi nízké výdrži baterií jsou pro většinu prací do traktoru nevhodné. Mezi elektrické traktory patří například švýcarský traktor Rigitrac SKE 50.



Obrázek 17 - Rigitrac SKE 40 (Rigitrac, 2022)

6) **Diesel-elektrické** – u traktorů je tento typ pohonu pouze ve fázi prototypů. Jedná se o kombinovaný typ pohonu, kdy je stroj osazen jak naftovým motorem, tak elektromotorem. Naftový motor slouží k výrobě elektrické energie, která pohání elektromotory zajišťující pohyb vozidla.

7) **Plynové** – tento typ traktorů je málo rozšířený a je spíše zastoupen u historických traktorů. Takový typ traktoru je poháněn zážehovým spalovacím motorem, který jako palivo využívá zkapalněný plyn nebo generátorový plyn.

d) Počtu os – rozdělení podle počtu náprav, kterými je traktor vybaven

1) **Jednoosé** – jedná se o malotraktory a malé nosiče nářadí. Typickým zástupcem je například MF-70 nebo Vari.

- 2) **Dvouosé** – nejběžnější a nejrozšířenější typ
- 3) **Víceosé** – speciální typ pracovního stroje užívaný ve stavebnictví pro srovnávání rozlehlých ploch při terénních úpravách. Nazývají si též gradery (grejdry)



Obrázek 18 - Jednoosý traktor MF-70

- e) **Použití** – v závislosti na charakteru práce a konstrukčních úpravách mohou být traktory rozděleny na:
- 1) **Univerzální** – takový traktor může být použit téměř pro všechny pracovní účely, pokud má vhodné vybavení a nářadí. Univerzální traktory tak mohou zastoupit téměř všechny pracovní sféry uvedené níže.
 - 2) **Zemědělské** – přizpůsobeny pro práci v zemědělství jak pro rostlinnou, tak i živočišnou výrobu. Jsou uzpůsobeny pro používání zemědělského nářadí a pro práci v polních podmínkách.
 - 3) **Lesnické** – traktory upraveny pro práci v lese. Zpravidla bývají vybaveny ochranným rámem a bezpečnostní mříží na kabině. Používají nářadí pro stahování, zpracování a odvoz dřeva z lesů. Řadí se sem i lesní harvestory.
 - 4) **Komunální** – traktory přizpůsobeny pro práci v komunálních službách a údržbu obcí.
 - 5) **Zahradní** – zpravidla jde o malé traktory vybaveny žací lištou a sběracím košem. Tyto stroje jsou nejčastěji vybaveny hydrostatickými převodovkami. Tyto převodovky bývají často dimenzovány tak, aby uvezly samotný traktor i s obsluhou. Proto není vhodné využívat tyto stroje jako tahače těžkých břemen, jelikož se tak zkracuje životnost jejich převodovek.

- 6) **Silniční** – tyto traktory slouží především pro přepravu nákladů po silnicích. Většinou jsou schopny vyvinout vyšší rychlosti jízdy (60-70 km/h).
- 7) **Vojenské** – vojenské traktory jsou speciální tahače využívané armádami pro tažení podvozků balistických raket a jiné vojenské techniky, případně k odstraňování minových polí.
- 8) **Speciální/jednoučelové** – stroje zkonstruované pro konkrétní typ práce, kde by jinou techniku nebylo možné použít. Jedná se například o některé stavební stroje nebo i speciální záchranářská a vyprošťovací vozidla.

Traktory by jistě šlo rozdělit do mnoha dalších skupin a podskupin, například na základě použitých převodovek, zda-li je vybaven pouze pohonem zadní nápravy nebo obou náprav, nebo způsobem řízení stroje. Významnou skupinou traktorů jsou ještě traktory *kloubové*. Tyto traktory nezatáčí obvyklým způsobem (tedy náklonem kol přední nápravy skrze volant), ale přes kloub, který je umístěn v ose traktoru a pomocí hydraulických pístnic je určován směr jízdy traktoru. Typickým představitelem kloubového traktoru je již zmiňovaný ŠT-180 nebo Kirovec K700.

1.6 Naftový spalovací motor

Díky svým vlastnostem je v současnosti naftový motor nejrozšířenějším a nejpoužívanějším typem motoru, který se v pracovních strojích (a tím pádem i traktorech) používá, a to především díky velkému krouticímu momentu, nízké spotřebě paliva vzhledem k vykonané práci a největší tepelnou účinností v rámci motorů s vnitřním spalováním.

Naftový motor je tepelný stroj, který přeměňuje energii rozpínajících se plynů na mechanickou práci. Mechanickou práci v tomto případě vykonává píst, který v důsledku rozpínání plynů v pracovním prostoru (ve válci motoru) vykonává posuvný pohyb. Píst je spojený přes ojnici s klikovou hřídelí, skrze kterou je posuvný pohyb transformován na rotační. Jedná se ukázkový příklad klikového mechanismu.

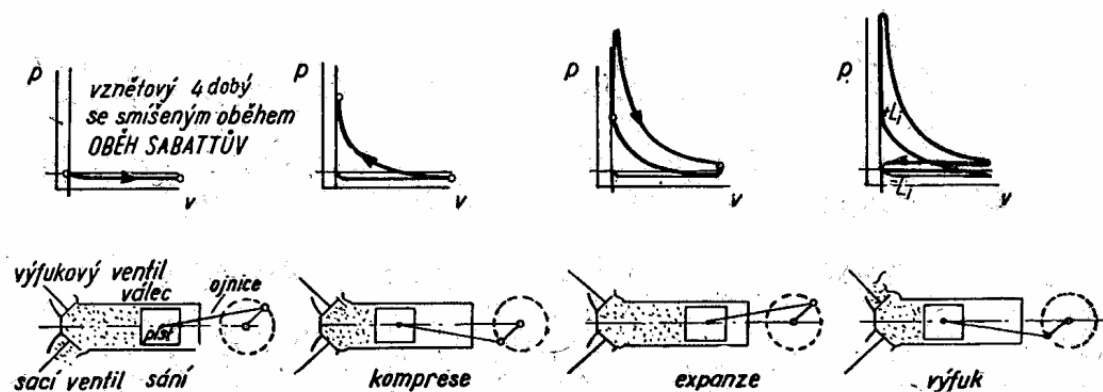
Naftové motory se též nazývají vznětové, protože namísto směsi paliva a vzduchu, která je při stlačení zažehnuta zapalovací svíčkou, se zde ve válci stlačuje vzduch, který se díky kompresi zahřeje. Do takto stlačeného a ohřátého vzduchu je vstříknuta nafta, která se díky vysoké teplotě sama vznítí. Roztahující se plyny tak působí na píst, který je tímto uveden do pohybu. Aby nafta stihla ve válci včas a správně prohořet, je nutné ji do válce vpravit ve vhodný okamžik, kdy ještě píst nedosáhl horní úvratě. Tomuto načasování se říká předvstřík, který pro výkon a správný chod motoru velice důležitý.

V dnešní době se u drtivé většiny vozidel (včetně traktorů) užívá čtyřdobého naftového motoru. To znamená, že jeden pracovní cyklus motoru je vykonán ve čtyřech dobách během dvou otáček klikového hřídele. Jedná se o následující fáze:

- 1) Sání** – píst se pohybuje z horní úvratě do dolní, přičemž se otevírá sací ventil, kterým je v důsledku vzniklého podtlaku ve válci nasáván do pracovního prostoru vzduch.
- 2) Stlačení (komprese)** – sací i výfukový ventil je uzavřen a píst se pohybuje z dolní úvratě do úvratě horní, přičemž je stlačován nasátý vzduch až do takové hodnoty, kdy je teplota stlačeného vzduchu dostatečná pro samovznícení nafty. Těsně před horní úvratí pístu je do válce vpravena nafta, která se sama vznítí, prudce tak vzroste ve válci tlak díky rozpínajícím se plynům a píst zatím dosáhne horní úvratí.

3) **Expanze (rozpínání)** – píst je v horní úvratě a tlak ve válci je na maximální hodnotě. Rozpínající se plyny tlačí na plochu pístu, který tak koná práci až do dosažení dolní úvratě.

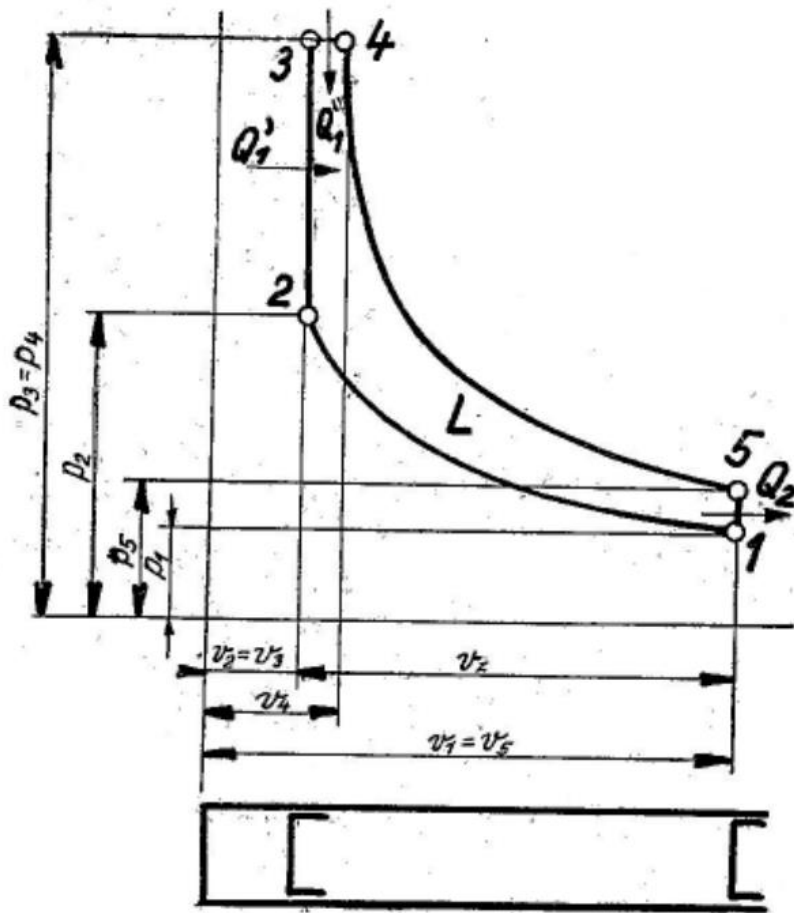
4) **Výfuk** – otevírá se výfukový ventil a píst se pohybuje z dolní úvratě do horní, přičemž jsou z válce vytlačovány spaliny a výfukové plyny.



Obrázek 19- Děje pracovního cyklu motoru (Novák et al., 1965)

Jak je vidět na popsaném pracovním cyklu, tak ze čtyř zdvihů pístu je pouze jeden zdvih pracovní a zbylé tři jsou pomocné. Jednotlivé děje, které se v motoru odehrávají, lze popsat pomocí P-V diagramů, které nám popisují vztah mezi tlakem a objemem během jednotlivých dob pracovního cyklu motoru. Všechny diesellové motory používané v dnešních vozidlech pracují na principu smíšeného oběhu – tzv. *Sabattův cyklus*, který vznikl kombinací zážehového (Ottova) a rovnotlakého (Dieselova) cyklu. Takové motory spalují palivo částečně za konstantního tlaku a částečně za konstantního objemu. (Novák et al., 1965).

Pro snazší pozorování jednotlivých dějů byl zaveden pojem *ideální oběh motoru*, který pracuje s tzv. *ideálním plynem* (dokonale stlačitelný a bez vnitřního tření). (Novák et al., 1965). Ideální P-V diagram tepelného cyklu vznětového motoru se smíšeným oběhem vypadá následovně:



Obrázek 20 - P-V diagram - Sabattinův cyklus (Novák et al., 1965)

Průběh jednotlivých dějů je následující:

- 1) Změna 1-2 (viz diagram výše) vyjadřuje adiabatické stlačování plynu. Počáteční tlak p_1 a objem v_1 se mění na p_2 a v_2 . Zároveň se zvýší teplota plynu z T_1 na T_2 (Novák et al., 1965).
- 2) Změna 2-3 vyjadřuje izochorický děj, kdy je za konstantního objemu přivedeno teplo Q_1' . Zároveň se zvýší tlak z p_2 na p_3 a vzroste teplota z T_2 na T_3 . (Novák et al., 1965).
- 3) Při změně 3-4 dochází k přívodu tepla Q_1'' za konstantního tlaku, tedy p_3 a p_4 jsou stejné. Teplota se zvýší z T_3 na T_4 . (Novák et al., 1965).
- 4) Změna 4-5 popisuje adiabatické rozpínání plynu, přičemž klesá tlak z p_4 na p_5 a klesá teplota z T_4 na T_5 . (Novák et al., 1965).
- 5) Při změně 5-1 se uzavírá pracovní cyklus izochorickou změnou za odvodu tepla Q_2 . Zároveň klesá tlak z p_5 na p_1 a teplota z T_5 na T_1 . (Novák et al., 1965).

Teplota $T_3 = T_2 + \frac{Q_1'}{C_v}$ kde C_v je měrná tepelná kapacita plynu za konstantního objemu a teplota $T_4 = T_3 + \frac{Q_1''}{C_p}$ kde C_p je měrná tepelná kapacita plynu za konstantního tlaku.

Nyní můžeme vyjádřit celkové množství přivedeného a odvedeného tepla. (Novák et al., 1965).

$$Q_1 = Q_1' + Q_1'' = C_v * (T_3 - T_2) + C_p * (T_4 - T_3) \dots \text{přivedené teplo} \quad (1)$$

$$Q_1 = C_v * (T_5 - T_1) \dots \text{odvedené teplo} \quad (2)$$

Z těchto dat následně lze vyjádřit termickou účinnost celého oběhu η_t . (Novák et al., 1965)

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{C_v * (T_5 - T_1)}{C_v * (T_3 - T_2) + C_p * (T_4 - T_3)} \quad (3)$$

Termickou účinnost oběhu lze vyjádřit i jiným způsobem, a to ze kompresního poměru ε , stupně plnění motoru φ a stupně zvýšení tlaku ψ . Kompresní poměr udává poměr mezi celkovým objemem válce V_1 a kompresním objemem V_2 , stupeň plnění motoru je poměr objemů V_4 a V_3 , a stupeň zvýšení tlaku je poměr tlaku p_3 a p_2 . Dále je potřeba znát Poissonovu konstantu κ , která udává poměr C_p ku C_v a vyjádřit základní vztahy pro teploty v jednotlivých bodech proměn ze základních tepelných změn. (Novák et al., 1965).

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} \rightarrow \text{pro adiabatickou změnu platí: } \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\kappa-1} = \varepsilon^{\kappa-1}$$

$$\varphi = \frac{V_4}{V_3} = \frac{T_4}{T_3} \quad \psi = \frac{p_3}{p_2} = \frac{T_3}{T_2} \quad \frac{1}{\kappa} = \frac{C_v}{C_p} \quad \frac{T_5}{T_4} = \left(\frac{V_4}{V_1}\right)^{\kappa-1}$$

Z těchto vztahů odvodíme teploty v jednotlivých bodech proměn. (Novák et al., 1965).

$$T_2 = T_1 * \varepsilon^{\kappa-1} \quad (4)$$

$$T_3 = T_2 * \psi = T_1 * \psi * \varepsilon^{\kappa-1} \quad (5)$$

$$T_4 = T_3 * \varphi = T_1 * \varphi * \psi * \varepsilon^{\kappa-1} \quad (6)$$

$$\begin{aligned}
T_5 &= T_4 * \left(\frac{V_4}{V_1}\right)^{\kappa-1} = T_4 * \left(\frac{\varphi}{\varepsilon}\right)^{\kappa-1} = T_1 * \varphi * \psi * \varepsilon^{\kappa-1} * \left(\frac{\varphi}{\varepsilon}\right)^{\kappa-1} \\
&= T_1 * \psi * \varphi^\kappa
\end{aligned} \tag{7}$$

Tyto vztahy nyní dosadíme do rovnice pro výpočet účinnosti η_t a upravíme. (Novák et al., 1965).

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$\eta_t = 1 - \frac{C_v * (T_5 - T_1)}{C_v * (T_3 - T_2) + C_p * (T_4 - T_3)}$$

$$\eta_t = 1 - \frac{(T_5 - T_1)}{(T_3 - T_2) + \kappa * (T_4 - T_3)}$$

$$\eta_t = 1 - \frac{T_1 * \psi * \varphi^\kappa - T_1}{T_1 * \varepsilon^{\kappa-1} * \psi - T_1 * \varepsilon^{\kappa-1} + \kappa * (T_1 * \varphi * \psi * \varepsilon^{\kappa-1} - T_1 * \psi * \varepsilon^{\kappa-1})}$$

$$\eta_t = 1 - \frac{\psi * \varphi^\kappa - 1}{\varepsilon^{\kappa-1} * [\psi - 1 + \kappa * \psi(\varphi - 1)]} \tag{8}$$

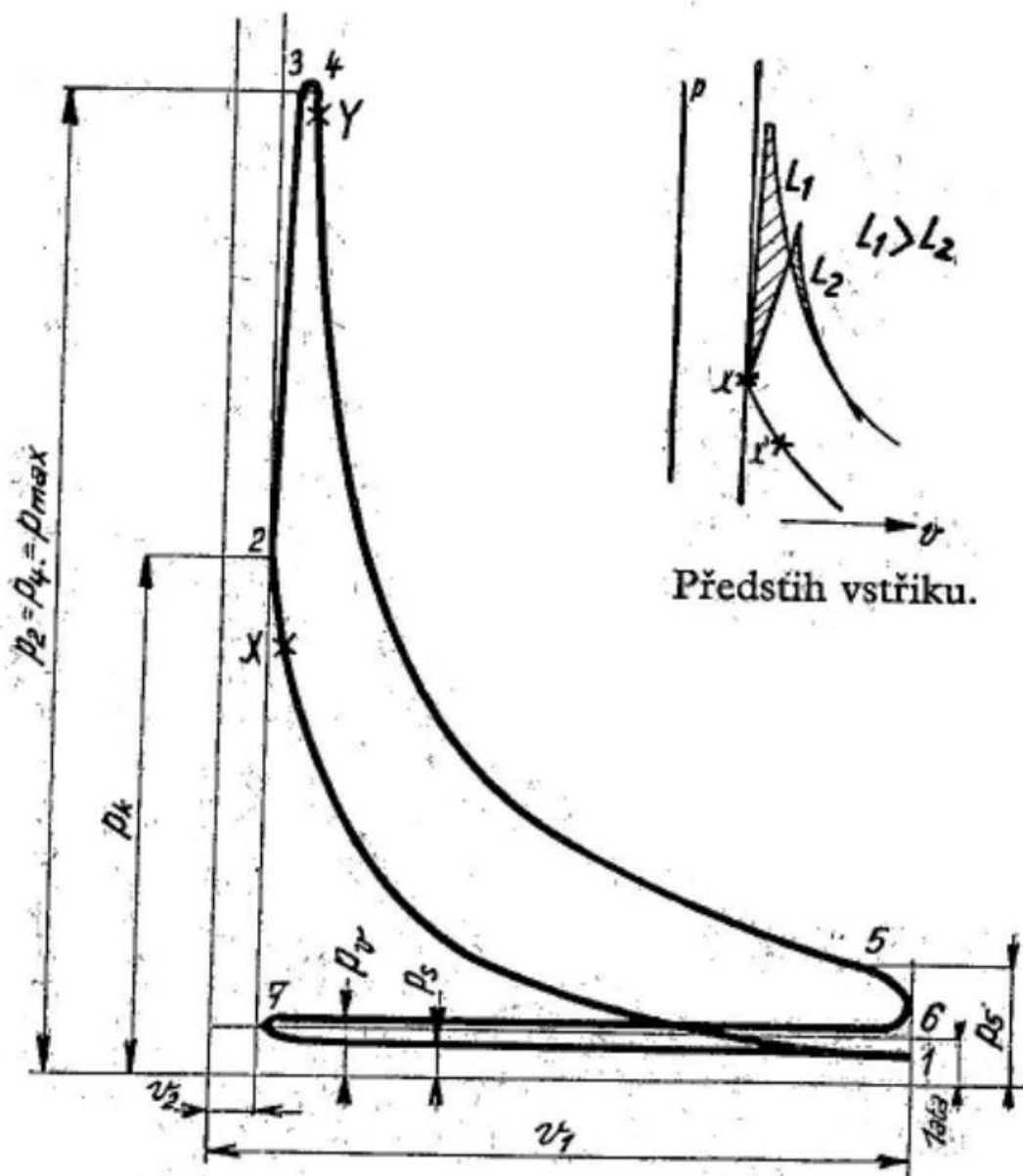
Z konečné podoby rovnice pro výpočet účinnosti je tak patrné, že účinnost oběhu je tím větší, čím je větší kompresní poměr ε a stupeň zvýšení tlaku ψ , a čím menší je stupeň plnění motoru φ . (Novák et al., 1965).

Celkovou práci oběhu W vyjádříme jako rozdíl přivedeného a odevzdaného tepla (v diagramu je práce zapsána pod písmenem L):

$$W = Q_1 - Q_2 \tag{9}$$

Skutečný pracovní oběh vypadá od ideálního jinak. Vzhledem k tomu, že je motor chlazen chladicí kapalinou a tím je odváděné teplo, tak stlačování vzduchu a expanze neprobíhá adiabaticky, ale polytropicky. Skutečný průběh pracovního cyklu je zobrazen za diagramu níže, kde je hoření směsi probíhá od bodu X do bodu Y. Palivo je do válce vpraveno v bodě X před horní úvratí pístu, odkud hoří až do bodu Y. Velká část paliva je tak spálena za konstantního objemu a malá část za konstantního tlaku. Od bodu 4 do bodu 5 následuje rozpínání horkých plynů následované výfukovou fází. Zároveň je zde

zahrnutý i vliv předvstříku paliva. Předvstřík je důležitý, protože čas na prohoření paliva je tím menší, čím rychleji se motor otáčí. Zároveň díky předvstříku motor vykoná více práce, což je znázorněno v diagramu předstihu vstříku, kde je plocha L_1 znázorňující práci větší než práce pod plochou L_2 , která ukazuje průběh cyklu v případě absence předvstříku. Bez předvstříku by tak došlo k maximálnímu stoupenutí tlaku během expanze až za horní úvratí pístu, což má za následek menší plochu diagramu, a tím pádem i menší vykonanou práci a menší výkon. (Novák et al., 1965).



Obrázek 21 - Skutečný P-V diagram Sabatova cyklu (Novák et al., 1965)

2 Stavebnice Merkur

2.1 Historie stavebnice Merkur

V roce 1920 byla v Polici nad Metují založena firma *Inventor*, kterou založil vyučený zámečnický podnikatel v kovovýrobě Jaroslav Vancl. Jaroslav Vancl vycítil poptávku po konstrukčních stavebnicích a v témže roce představil vlastní kovovou konstrukční stavebnici rovněž pojmenovanou *Inventor*, jejíž systém si nechal patentovat. Podstatou této stavebnice byly ocelové pásky s prolisy a háčky, které se na sebe vzájemně zavěšovaly a tvořily tak jednoduché statické konstrukce (systém podobný Haki lešení). Tato stavebnice se však příliš neujala a její možnosti byly velice omezené. (Merkur Toys s.r.o., 2023)

Jaroslav Vancl se proto snažil inovovat svůj produkt a hledal inspiraci u zahraničních výrobců hraček, jakou byla britská firma Meccano nebo německá firma Märklin. Stavebnice těchto výrobců obsahovaly děrované ocelové pásky a destičky, které se spojovaly šrouby a maticemi. Jaroslav Vancl tak přišel s podobným a upraveným systémem, kdy zavedl děrované kovové pásky a profily



Obrázek 22 - prvorepubliková stavebnice Merkur
(Merkur Toys s.r.o., 2023)

s roztečí děr 10 milimetrů a průměrem děr 4 milimetry, které se spojovaly metrickými šrouby a maticemi M3,5 mm. Přibýlo rovněž velké množství mechanických strojních dílů jako různě veliké řemenice, hřídelky a ozubená kola. V roce 1925 vznikla první stavebnice Merkur a s ní byla zaregistrována i ochranná známka Merkur. Oproti *Inventoru* byla pro děti atraktivnější díky větší rozmanitosti, univerzálnosti, a i díky barevné pestrosti (součástky *Inventoru* lakované nebyly). Jaroslav Vancl svůj produkt postupně vylepšuje, rozšiřuje ho o nové díly a do roku 1930 byla stavebnice Merkur nabízena ve čtyřech velikostech. Během třicátých let jsou na trh zavedeny nové typy stavebnic, které s Merkurem byly kompatibilní. Jedná se o stavebnici *Metropol*, která se soustředila na stavbu budov a její součástková základna zahrnovala především plotýnky a desky. Další byla stavebnice *Popular*, což byla miniaturní sada součástek Merkur,

rozšířená o nové typy dílů. Stavebnice Merkur byla ve své době velice drahá hračka, kterou si nemohl dovolit každý, sada Popular tak cílila i na méně zámožnou část obyvatelstva. Dalším rozšířením portfolia Merkur byly kovové modely vláčků, které zkonstruoval zeť Jaroslava Vancla František Jirman. Tehdy se jednalo o model skutečné parní soupravy Mikádo a na trhu byla velmi oblíbená. Dále byla stavebnice Merkur rozšířena o stavebnici Merkur Elektrus, který se soustředil na elektrotechniku a jednoduché pokusy s magnetismem a elektrickým proudem. Tato sada umožňovala i stavbu funkčního elektromotorku. Protože byl Elektrus kompatibilní s původní sadou Merkur, bylo tak možné sestaveným motorkem pohánět mechanické modely, čímž stavebnice Merkur dostala úplně nový rozměr. V této době se mechanické sady Merkur vyráběly v sedmi různých velikostech. Vláčky Merkur byly elektrické a vyráběny ve velikosti „0“, tedy v měřítku 1:45. (Merkur Toys s.r.o., 2023; TIOKA - IKARIA GROUP s.r.o., 2016)

Během druhé světové války byla výroba vláčků přerušena a výroba mechanických stavebnic silně utlumena. Pouze pro německý trh byla v těchto letech vyrobena limitovaná edice vláčků a pro tuzemský trh výroba probíhala potají ve velmi malém množství. Bylo nutné rovněž optimalizovat výrobu, protože železo bylo v tomto období na příděl a barevné kovy jako mosaz nebylo možné pořizovat vůbec. Po válce byla výroba obnovena, nicméně bylo nutné výrobu přizpůsobit náročné poválečné době, kdy byl nedostatek kovových materiálů. Velkou proměnou si firma Merkur prošla v roce 1948, kdy byla znárodněna a roku 1953 se stala součástí Okresního kombinátu – Kovopodniku Broumov. Jaroslavu Vanclovi byl soudně donucen k manuální práci u soustruhu ve vlastní firmě až do svých 80 let, aby mohl splatit dluhy za nakoupený materiál z období, kdy byl ještě stále vlastníkem firmy. I přesto, že Jaroslav Vancl již nebyl vlastníkem firmy, její zaměstnanci na něho stále nahlíželi jako na svého vedoucího a mistra, díky čemuž si Merkur i tehdy udržel vysokou úroveň a kvalitu. V šedesátých letech se ve velké míře začaly používat plasty, které pronikly i do stavebnice Merkur. Na jednu stranu tím byly rozšířeny některé možnosti stavebnice, na druhou stranu byly některé kovové díly nahrazovány plastovými, což mělo negativní dopad na kvalitu. V těchto letech byly zavedeny nové typy stavebnic dopravních prostředků a strojů, které portfolio Merкуру rozšířily o velké množství nových dílů, především o pryžové pneumatiky a pásy, které přímo umožňovaly stavbu vozidel. Tyto sady byly rozšířeny o doplňkovou stavebnici M1, která obsahovala elektromotorek s převodovkou, díky které bylo možné modely vozidel

rozpohybovat. Na druhou stranu v této době zanikla výroba stavebnic Metropol a Popular, a v roce 1968 byla definitivně ukončena výroba vláčků. Výroba stavebnice Merkur probíhala ve velkém měřítku, nicméně na československý trh se dostal pouhý zlomek vyrobených stavebnic, jelikož většina stavebnic byla kovopodnikem Broumov vyvážena přes Pragoexport do Evropy. (Merkur Toys s.r.o., 2023)

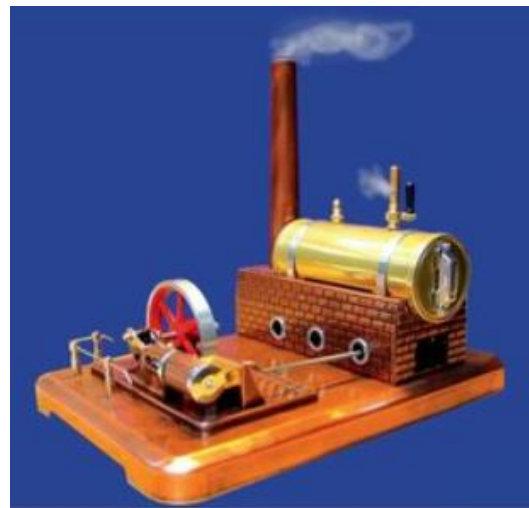
Po sametové revoluci byla v devadesátých letech firma privatizována v rámci privatizačního projektu firmou Komeb, kterou založili bývalí zaměstnanci firmy. Merkur, jež pokračovala s výrobou stavebnic řady 300, nicméně se firmě příliš nedařilo a už v roce 1993 došlo ke krachu firmy a ukončení výroby. Shodou okolností v této době Ing. Jaromír Kříž

začínal podnikat v kovovýrobě a měl zájem o odkup výrobních strojů ze zaniklé firmy Komeb. Odkup strojů však nebyl možný, proto si Jaromír Kříž pronajal celý výrobní provoz, vzápětí byl však na Komeb vypsán první novodobý konkurz. Jaromír Kříž tak učinil riskantní rozhodnutí a odkoupil celé zařízení bývalého Komebu. Tímto byla značka Merkur zachráněna i před koupí zahraniční společností Meccano, která by se tak zbavila své největší konkurence. Pod vedením Jaromíra Kříže se výroba stavebnice Merkur obnovila a postupem času rozšířila o nové portfolio stavebnic, ať už konstrukčních univerzálních, tak i jednoúčelových a tematických. V současnosti firma Merkur nabízí velké množství různě velkých stavebnic, zaměřuje se na moderní technologie

a kombinuje svoji tradiční součástkovou základnu o elektronické a robotické prvky. Zároveň se v současnosti zaměřuje i na vzdělávání a pro školy nabízí výukové pomůcky a stavebnice zaměřené na fyziku, mechaniku, elektřinu a magnetismus, mechatroniku nebo robotiku. (Merkur Toys s.r.o., 2023).



Obrázek 23 - model lokomotivy Mikádo (TIOKA - IKARIA GROUP s.r.o., 2016)



Obrázek 24 - model parního stroje (TIOKA - IKARIA GROUP s.r.o., 2016)

V roce 2003 byla obnovena výroba elektrických vláček, kterou má v současnosti na starost syn Jaromíra Kříže, Jaromír Kříž mladší. Kromě samotných vláček a železničního příslušenství zde vyrábí funkční miniaturní model parního stroje, který jako palivo používá pevný líh. Tento model je opatřen řemenicí ze součástkové základny Merkur a je možné tak pohánět mechanické modely z konstrukčních stavebnic. V roce 2006 v Polici nad Metují vzniklo muzeum stavebnice Merkur, které obsahuje velké množství různých modelů sestavených převážně nadšenci a fanoušky této stavebnice. Největším exponátem zde je ocelové město inspirováno knihami od Julese Vernerera, které postavil fanoušek stavebnice Jiří Mládek. (Merkur Toys s.r.o., 2023).

2.2 Technická charakteristika stavebnice Merkur

Základem stavebnice Merkur jsou z tvárného ocelového plechu vystříhané pásky různých délek a šířek, v nichž jsou prolisované díry o průměru 4 mm a jejichž rozteč je 10 mm. Tyto pásky mohou být ohnuty tak, aby tvořily L profily a U profily, případně jiné spojovací a konstrukční úhelníky. Pro stavbu větších ploch jsou zde děrované plotýnky, rovněž v různých velikostech, případně s ohnutými hranami do pravého úhlu. Jednotlivé díly jsou k sobě spojovány metrickými šrouby a matkami M3,5. Každá stavebnice je proto vybavena vhodným nářadím, mezi které se řadí šroubovák, klíč a speciální držák matic a šroubů, určený pro podání spojovacího materiálu do hůře přístupných míst.

Další významnou skupinou dílů jsou kolečka a řemenice různých velikostí, které se upevňují na hřídelky konstantního průměru 3,5 mm různých délek. Náboje kol a řemenic jsou tvořeny nalisovaným stavěcím kroužkem, který je na hřídelky zajišťován šroubem, případně červíkem. Řemenice mohou sloužit buď přímo jako kola dopravních prostředků, nebo k tvorbě mechanismů s řemenovými převody, kdy se místo řemene užívá motouzu, jehož napjatost je regulována miniaturní pružinkou, která je uvázána na obou koncích motouzu.

Pro stavbu komplexnějších mechanických modelů a strojů jsou součástí stavebnice Merkur ozubená kola. Geometrie zubů je evolventní a užívá modulu velikosti 0,6. Kromě klasických ozubených kol s přímými zuby jsou zde i kola kuželová (vhodná například ke stavbě diferenciálu), korunová nebo i šneková.

Speciálním doplňkem je elektromotorek s dvourychlostní převodovkou, který slouží k rozpořívování sestavených modelů a mechanismů. Ten je součástí doplňkových sad s motorkem a převody, a současné vlajkové lodi firmy stavebnice Merkur M8.

Dále jsou ve stavebnici obsaženy plastové desky, které jsou vhodné pro stavbu zakřivených ploch (např. karoserií vozidel), a další doplňkové drobné díly, jako jsou zajišťovací pryžové kroužky, podložky, stavěcí kroužky, hřídelové spojky, aj.

Samostatnou kapitolu tvoří součástková základna stavebnic zaměřených na elektřinu a magnetismus, která kromě základních dílů původní stavebnice Merkur obsahuje elektrické součástky, mezi které patří žárovky, cívky, magnety, sběrací kartáčky, vodiče, spínače, případně i rotor stejnosměrného motoru.

Výroba většiny součástek probíhá především stříháním na výstředníkových a automatických lisech, dále na CNC obráběcích centrech, a složitější díly se případně vypalují laserem. Díly s povrchovou úpravou jsou lakovány práškovými barvami.

2.3 Merkur ve vědě a kultuře

Díky své povaze, a především univerzálnosti je stavebnice Merkur využívána i při prototypování, technickém vývoji a vědeckém výzkumu. Jedná se především o konstrukce jednoduchých přípravků například pro měřicí zařízení, robotiku nebo digitalizaci, nebo modely prototypů skutečných přístrojů. Mezi nejznámější vědecké zařízení, jehož prototyp byl zkonstruován ze stavebnice Merkur je stroj pro odstředivé odlévání hydrogelových kontaktních čoček, které vynalezl světově známý český chemik Otto Wichterle roku 1961. Originální konstrukce tohoto stroje je vystavena v Národním technickém muzeu



Obrázek 25 - Wichterleho čočkostroj

v Praze, nicméně kopii tohoto přístroje je možné vidět i v Polici nad Metují v muzeu stavebnice Merkur. Konstrukce tohoto stroje umožňovala bezproblémovou, efektivní a

levnou výrobu gelových kontaktních čoček, které znamenaly revoluci v oblasti zdravotnictví.

S nástupem osobních počítačů v druhé polovině 80. let byla z Merkuru vyvinuta i stavebnice jednoduchého souřadnicového zapisovače (tzv. plotteru) s názvem ALFI. Dále je Merkur hojně využíván na technických školách ať už při výuce nebo při samotném vývoji, tak i v situacích, kdy se studenti středních i vysokých škol mohou v rámci studií účastnit konstruktérských a vývojářských soutěží v oblasti mechaniky, mechatroniky, robotiky a dalších technických věd. Kromě užití ve školách při výuce technických předmětů je Merkur hojně využíván i v domácnostech při jednoduchých opravách nebo amatérských projektech.

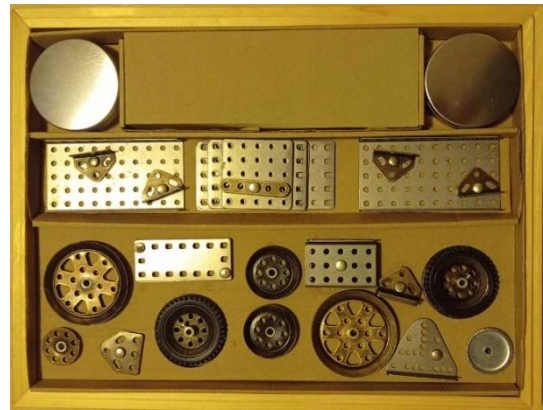
V roce 1984 byla Krátkým filmem Praha natočena epizoda z dětského seriálu Pat a Mat s názvem Vinaři, kde bylo užito dílů stavebnice Merkur k sestavení automatické sklízecí linky, která kutilům pomáhala sbírat a zpracovávat vinnou révu.



Obrázek 26 - Merkur v seriálu Pat a Mat

2.4 Uspořádání a balení stavebnice Merkur

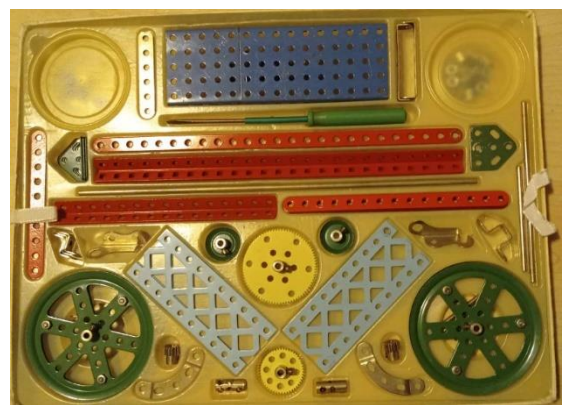
Od svého vzniku až do poloviny 60. let byla stavebnice Merkur v dřívější většině balena v krabicích z tvrdého kartonu a jednotlivé součástky byly pomocí sponek z měkkého plechu přišpendleny na kartonové přihrádky, v případě kol byly uchyceny za stavěcí kroužky do excentrických děr vystřižených do přihrádek. Větší stavebnice obsahovaly těchto přihrádek více a tvořily tak patra, která byla v krabici uložena. Největší stavebnice č.7 obsahovala čtyři taková patra. Drobné díly a spojovací materiál byl uložen v plechových krabičkách. Tento systém se v současnosti opět užívá u stavebnic řady retro, které mají designem i skladbou součástek připomínat první stavebnice Merkur. Takto uspořádaná stavebnice vypadá výborně, nicméně uživatelsky není tento systém úplně přívětivý a úklid součástek byl kvůli tomu zpravidla zdlouhavý. Opakované uvolňování a utahování sponek bylo rovněž



Obrázek 27 - Původní způsob balení

nešetrné a papírové přihrádky se tak rychle opotřebovaly a poničily. Pro uživatele bylo proto jednodušší součástky do krabice volně poházet.

V polovině 60. let, kdy se masově rozšířila aplikace a užívání plastů a umělých hmot, byly vyvinuty nové přihrádky z novoduru, které rovněž tvořily patra u větších stavebnic. Tyto přihrádky obsahují profilované otvory a kapsy, do kterých jsou příslušné součástky ukládány. Každá součástka tak má v přihrádce své místo a díky materiálovým vlastnostem použitého plastu byly přihrádky snadněji udržovatelné, uživatelsky přívětivé a oproti papíru odolnější. Zároveň byl zrušen systém upínání pomocí sponek, díky čemuž byl



Obrázek 28 - Současný způsob balení

úklid součástek rychlý a přihrádky se neničily. Nevýhodou těchto přihrádek je nerovnoměrná tloušťka jejich stěn, především u hlubších kapes. V některých místech je tak stěna plastu tak tenká, že dochází k jejímu protržení. Při přepravě stavebnic tak může

dojít k poškození přihrádek vlivem pohybu těžkých nebo ostrých součástí. Tento systém se nicméně osvědčil a užívá se dodnes. V rámci ekologie a udržitelnosti se v současnosti vyvíjí alternativní způsob balení stavebnic, který by byl šetrnější pro přírodu a životní prostředí.

Od počátku byla s každou stavebnicí dodávána i předlohová knížka obsahující velké množství modelů, které každá konkrétní sada umožňovala sestavit. Zároveň zde jsou popsány základní konstrukční a montážní postupy, které mají uživatele obeznámit s principy a možnostmi stavebnice. Díky tomu je možné stavět jak podle vlastní fantazie, tak i podle přiloženého manuálu. Součástí předlohových knih je i kompletní seznam všech dílů, které jsou v konkrétní stavebnici obsaženy.

2.5 Možnosti stavebnice Merkur

Merkur se řadí mezi polytechnické konstrukční stavebnice, což znamená, že je díky povaze základních dílů stavebnice je možné vytvářet nepřeborné množství modelů a systémů pronikající téměř do všech oblastí technických sfér. Stále se však jedná o konstrukční stavebnici a není tak zaměřena na tvorbu malých designových prvků, Pro větší míru detailů na sestavovaném modelu je nutné buď sestavovat modely s co největšími rozměry, nebo externě dodávat součástky z jiných stavebnic, které by detailní prvky suplovaly, případně takové díly vytvářet vlastnoručně (např. pomocí 3D tisku). Možnosti stavebnice Merkur jsou patrné z vystavených exponátů v muzeu v Polici nad Metují a dokazují, že možnosti této stavebnice jsou neomezené.

Díky tomu, že jsou základní díly této stavebnice z tvárného plechu, je možné tyto součástky upravovat například dodatečným ohýbáním. Takto lze vytvářet požadované, byť spíše jednoúčelové díly, které dále rozšiřují možnosti stavebnice. Sám výrobce uvádí ve svých předlohových knížkách u velké části modelů, že je pro zkompletování modelu nutné některé díly ohnout. Vznikají tak designové zaoblené plochy (např. karoserie vozidel) nebo funkční táhla mechanismů, u kterých je nutné určité zakřivení. Možnost obohacení stavebnice o elektromotorek a jiné elektrické prvky tak posouvá možnosti stavebnice ještě dále a umožňuje tvorbu samohybných mechanismů, modelů vozidel, kolotočů nebo dílenských strojů. Samostatnou kapitolu tvoří možnost obohacení stavebnice o řídicí a programovatelné jednotky, které umožňují stavbu robotických zařízení, vozidel na dálková ovládání, automatizovaných linek nebo robotů užívajících

umělou inteligenci. Největší model stavebnice, který v současnosti Merkur nabízí je velký model důlního korečkového rypadla, který v 70. letech sloužil jako propagační model firmy a byl vyobrazen na krabicích a předlohových knížkách.



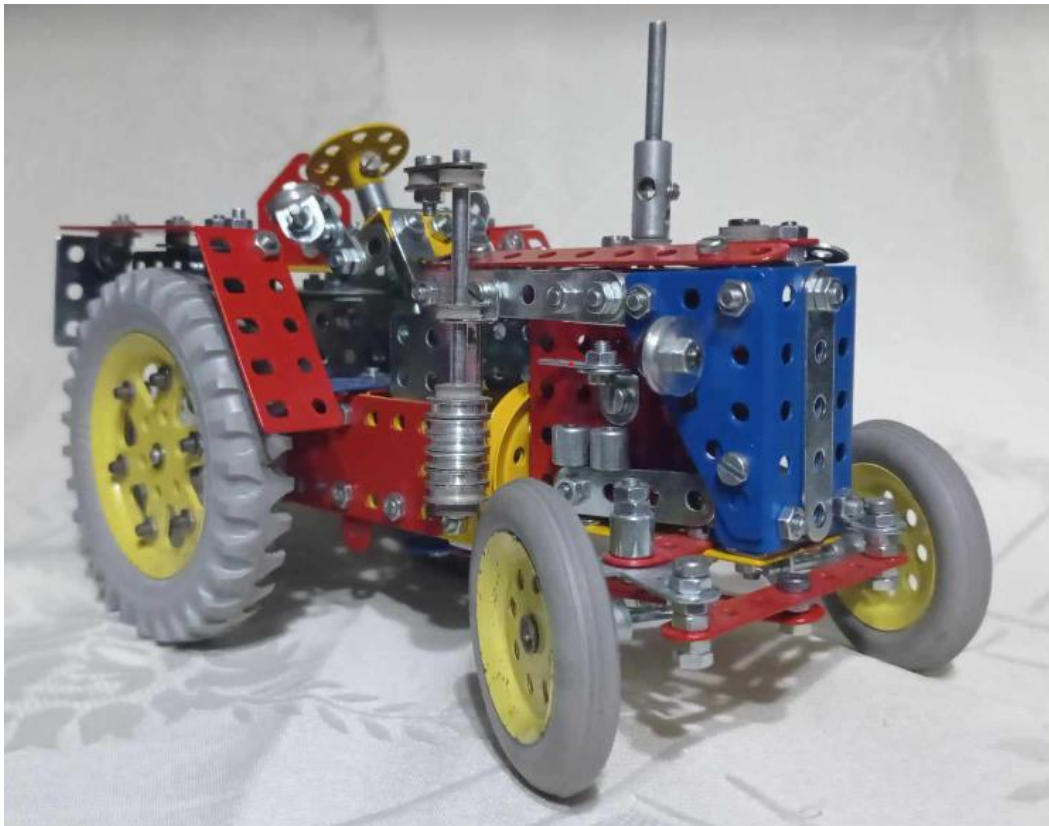
Obrázek 29 - Model korečkového rypadla

3 Konstrukční postup modelu traktoru

3.1 Popis modelu

Novou vyvíjenou sadou je stavebnice modelu historického traktoru Zetor 25A s funkčním řízením. Model je sestaven pouze ze součástkové základny stavebnice Merkur s tím, že díly nebyly žádným způsobem upravovány ani deformovány, s výjimkou dvou dílů s označením 2002 a 2003, které jsou k ohýbání přímo určeny. Stavebnice obsahuje 181 konstrukčních dílů, 4 kusy nářadí, 172 šroubů a 210 matic. Pokud by model byl sestavován z univerzálních stavebnic, které jsou v současné nabídce, bylo by to možné z univerzální konstrukční sady M6 a M8 za předpokladu, že by byly dodatečně doplněny díly 1076 (4 ks) a 1048 (7 ks).

Při konstrukci byl kladen důraz na jednoduchost, uživatelskou přívětivost a ekonomičnost, zároveň zde zůstala snaha o zahrnutí co největšího množství detailů a charakteristických rysů, které jsou typické pro skutečný traktor Zetor 25A a použité díly tak úspěšně kopírují tvary skutečného traktoru.



Obrázek 30 - Model traktoru Zetor 25A

Mezi nejvýraznější detaily modelu, které připomínají skutečný traktor patří kromě celkového tvaru vzduchový filtr, blok motoru s dynamem, naftovým čerpadlem a olejovými filtry, přístrojová deska s pákou ručního plynu, třibodový hydraulický systém a hranaté blatníky, které u skutečného traktoru sloužily také jako nástavba pro kabinu.

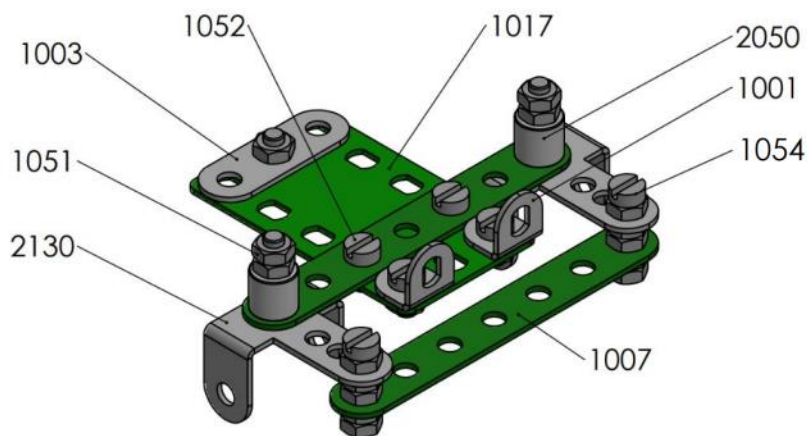
3.2 Konstrukce a manuál

Model samotný je v manuálu rozkreslen do několika menších podsestav, které později tvoří kompletní model traktoru. Manuál pro sestavení modelu je tvořen dvěma hlavními sekcemi, které jsou rozděleny na jednotlivé kroky. Prvních čtrnáct kroků popisuje tvorbu samotných podsestav, dalších deset pak zobrazuje skládání jednotlivých podsestav a vznik kompletního celku. Každá podsestava je na stránce manuálu zobrazena tak, aby zřetelně ukazovala každý díl, který sestavu tvoří. Složitější podsestavy tak obsahují i více pohledů, záběry na detail, případně i pohled v řezu modelu, přičemž každý použitý díl má odkazovou čáru s číslem dílu (pokud se díl v sestavě opakuje, je zpravidla označen pouze jednou). Ke každému kroku je přiřazen kusovník, který obsahuje potřebné díly a jejich množství pro každý krok. Poslední strana manuálu obsahuje kompletní seznam všech součástek stavebnice. Model traktoru byl vytvořen v CAD systému SolidWorks, kde byla vytvořena kompletní součástková základna Merkurů a následně samotná sestava traktoru.



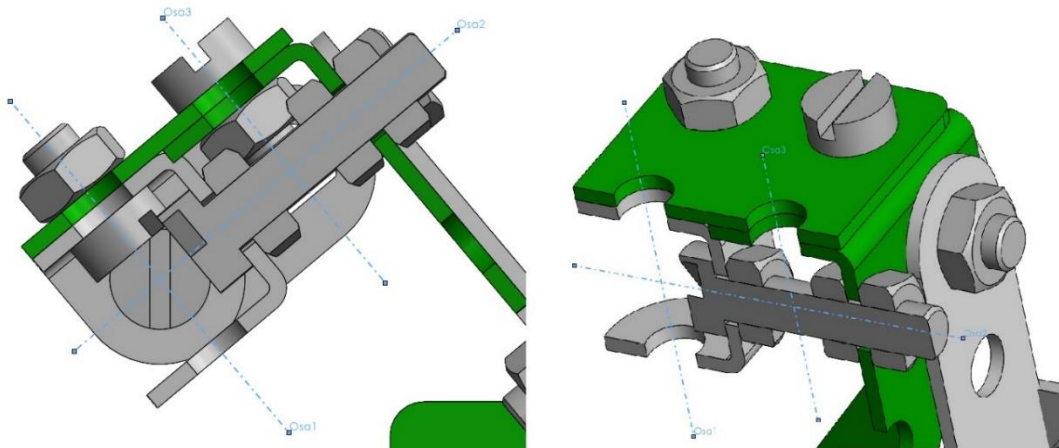
Obrázek 31 - Vyrenderovaný model traktoru

U přední říditelné nápravy bylo nutné, aby se její části mohly volně a s minimálním odporem pohybovat. Zároveň se tyto části nesmí samovolně povolovat, proto bylo pohyblivé spojení vyřešeno kontramaticemi – tedy uchycení spojovací tyče obou předních poloos a samotné díly poloos uchycené k přední nápravě. Kontramatici získáme utažením dvou matic proti sobě pomocí dvou klíčů, aby nedošlo k jejich samovolnému povolení, přičemž zůstává vůle mezi vnitřní maticí a členem, který se má volně pohybovat.



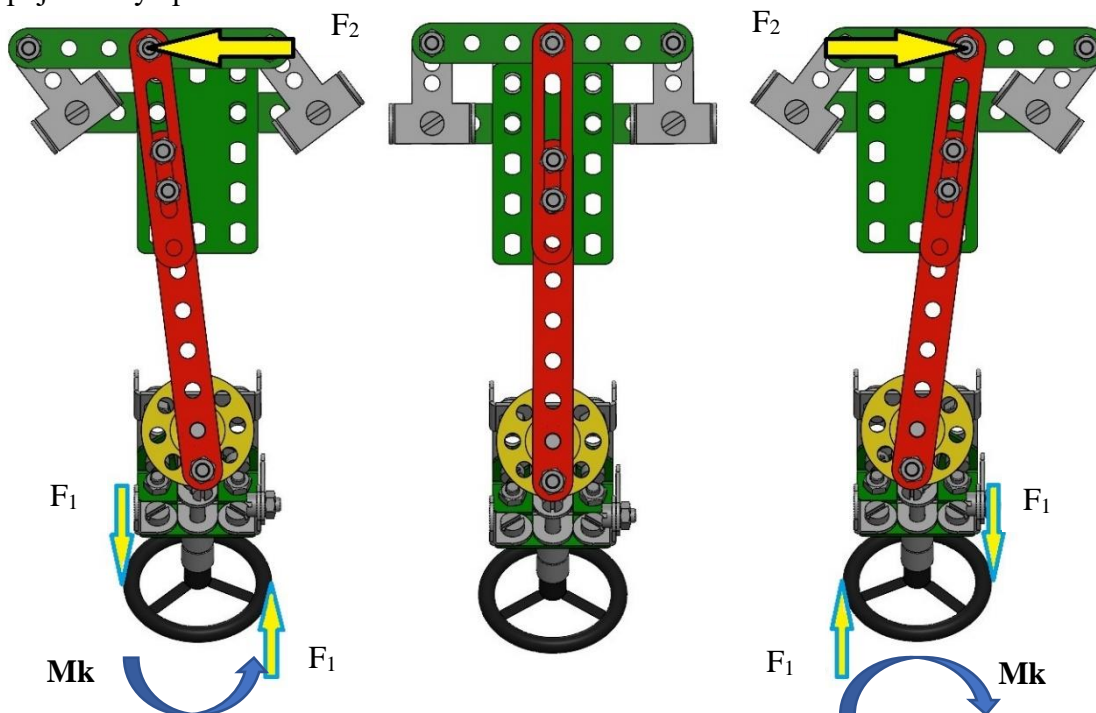
Obrázek 32 - Přední náprava

Dalším prvkem, který by při stavbě mohl činit problémy je ložiskové uložení pro hřídel volantu, které se nachází pod přístrojovou deskou. Aby nedocházelo k radiálnímu pohybu hřídele, musí být uložena alespoň ve dvou bodech. To je v tomto případě zajištěno dílcem 1033 (ocelový pásek se třemi otvory ohnutý do U profilu), který je na přístrojovou desku (konkrétně na L úhelník č. 1039) uchycen dlouhým šroubem č. 1054 v takové vzdálenosti, aby díry dílů 1033 byly souosé s dírou v dílu 1076. Touto osou (osa 1, viz obrázek níže), resp. těmito dírami prochází hřídel volantu. Jak uložení vypadá je pak patrné z obrázku níže, na kterém je sestava ukázána v řezu.



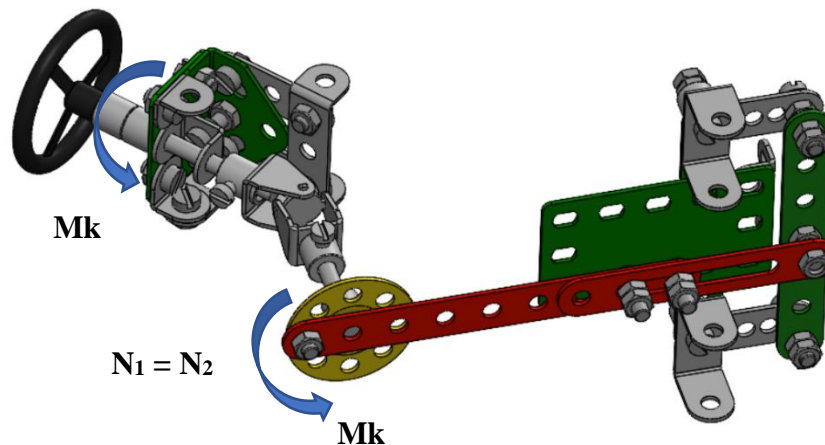
Obrázek 33 - Uložení ložisek hřídele volantu

Stěžejní a zároveň i jedinou mechanickou částí tohoto modelu je mechanismus zatáčení. To je provedeno následovně. Kroutící moment od volantu je přenášen na unašeč páky řízení, který je uchycen ve spodní části traktoru. Protože je volant vůči unašeči usazen pod určitým úhlem, je nutné, aby tyto dva články byly mezi sebou propojeny kardanovým kloubem č. 1140. Vzhledem k tomu, že je páka řízení pevně spojena s unašečem, je kroutící moment přes kardan přímo přenášen na páku řízení, která je na svém druhém konci spojena rotačním uložením se spojovací tyčí poloos přední nápravy. Jakmile je otočen volantem, otočí se i páka řízení, na jejímž konci působí síla, která posune spojovací tyč poloos.



Obrázek 34 - Schéma sil

Kroučící moment M_k na vstupu (volantu) musí být teoreticky stejný jako na výstupu (konec páky řízení), protože přenos sil probíhá na jedné hřídeli a v rámci soustavy zde nedochází ke změně převodového poměru. Otáčky volantu N_1 jsou tak stejné jako otáčky unašeče a páky řízení N_2 . Prakticky je kroučící moment pravděpodobně menší v důsledku ztrát v ložiskách a při přenosu kardanovým kloubem.



Obrázek 35 - Schéma otáček a momentu

Co se však bude měnit je velikost síly, která bude působit na konci páky řízení. Protože je kroučící moment na obou členech stejný, tak se musí měnit velikost sil, protože vzdálenosti sil od bodů rotace jsou různě velké. Vyplyvá to ze základního fyzikálního vztahu pro výpočet kroučícího momentu:

$$M_k = F * r \quad (10)$$

Aplikujeme-li tyto poznatky na tento konkrétní případ a budeme-li uvažovat, že kroučící moment je v obou členech stejný, tak dostaneme následující rovnice:

$$M_{k_1} = M_{k_2} = M_k \quad (11)$$

$$M_{k_1} = 2 * F_1 * r_1 \quad (12)$$

$$M_{k_2} = F_2 * r_2 \quad (13)$$

Neznámou veličinou v tomto případě bude síla působící na konci páky řízení, protože délky ramen r_1 a r_2 známe z rozměrů dílů, vstupní sílu také známe, protože můžeme určit, jak velkou silou budeme volantem otáčet a velikost kroučícího momentu určíme ze

součinu síly F_1 a přílehlého ramene r_1 . Sílu F_1 násobíme dvakrát, protože na volantu působí moment silové dvojice. Vyjádření velikosti síly F_2 bude vypadat následovně:

$$F_2 * r_2 = 2 * F_1 * r_1$$

$$F_2 = \frac{2 * F_1 * r_1}{r_2} \quad (14)$$

Z vyjádřeného vztahu je patrné, že síla F_2 bude tím menší, čím delší bude rameno r_2 . V praxi to znamená, že síly působící na volant musí být dostatečně veliké, aby síla F_2 byla schopna překonat odpor mezi jednotlivými díly a třecí sílu mezi koly a podkladem, a aby síla F_2 byla schopna posunout spojovací tyč poloos. Třecí síla působící mezi kolem a podložkou (v případě, že vozidlo není v pohybu) bude vypadat dle základního vztahu pro obecný výpočet třecí síly:

$$F_t = F_n * f \quad (15)$$

kde f je koeficient smykového tření, který závisí na materiálu kola a podkladu (tedy bude se lišit v závislosti na druhu povrchu, po kterém bude model jezdit), a F_n je normálová síla, kterou kolo působí na podložku. Tuto sílu je možné změřit zvážením přední části traktoru a vydělením počtem kol na přední nápravě. Aby páka řízení mohla posunout spojovací tyč poloos, musí být síla F_2 větší než síla F_t .

$$F_2 > F_t \quad (16)$$

Experimentálně bylo provedeno měření, při jaké síle traktor zatočí (změřeno školním siloměrem bez předepsané tolerance). Do vyjádřených vztahů byly dosazeny hodnoty veličin, které známe:

$$r_1 = 15\text{mm} \quad r_2 = 100\text{mm} \quad F_1 = 5,5\text{ N} \quad F_n = 1,75\text{ N} \quad f = 0,3 \quad g = 10\text{ m/s}^2$$

pozn: hodnota součinitele tření byla odhadnuta na základě použitého materiálu kol a podkladu (plast – plovoucí podlaha).

$$Mk_1 = 2 * F_1 * r_1 = 2 * 5,5 * 15 = 165\text{ Nmm} \quad (17)$$

$$Mk_1 = Mk_2 = Mk \quad (18)$$

$$Mk = F_2 * r_2 \rightarrow F_2 = \frac{Mk}{r_2} = \frac{165}{100} = 1,65 \text{ N} \quad (19)$$

$$F_t = F_n * f = 1,75 * 0,3 = \mathbf{0,525 \text{ N}} \quad (20)$$

Protože je potřeba překonat třecí sílu obou kol přední nápravy, musíme vypočítanou třecí sílu zdvojnásobit, neboť spočítaná hodnota platí pro jedno kolo.

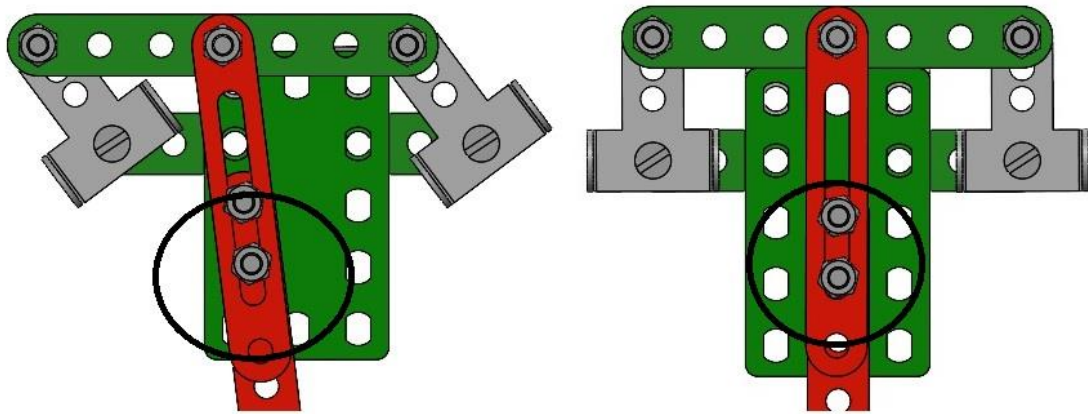
$$F_2 > 2 * F_t \quad (21)$$

$$\mathbf{1,65 \text{ N} > 1,05 \text{ N} \dots \text{nerovnost platí}} \quad (22)$$

Jak je z výpočtů patrné, vzhledem k velikost modelu je potřeba vyvinout docela velkou sílu, aby došlo k zatočení předních kol (tato hodnota platí v případě, že je traktor v klidu, za jízdy by síla potřebná pro zatočení byla menší). Poměr sil F_1 a F_2 – resp. silové dvojice F_1 a síly F_2 – tedy poměr hodnot $2 \times 5,5 \text{ N}$ a $1,65 \text{ N}$ je 20:3. Z toho vyplývá, že síla působící na konci páky řízení je 6,67x menší než silová dvojice působící na volant. U skutečného traktoru by tak byl s podobným mechanismem opravdu velký problém zatočit na místě, a bez posilovače řízení by obsluha takového stroje byla velice náročná. V praxi jsou však síly dost malé a pro člověka nepředstavuje žádný problém tak velkou sílu vyvinout, tudíž je pro takový model tento typ mechanismu dostačující. Výpočty a hodnoty jsou nicméně orientační a zkreslující faktory jako odpor součástí, účinnost a vůle mezi volnými spoji jsou zanedbány. Nicméně, aby mechanismus fungoval i na modelu, je potřeba pořádně dotáhnout zajišťovací šrouby stavěcích kroužků u kardanového kloubu (díl 1140), aby nedocházelo k prokluzu mezi kloubem a hřídelemi, které přenáší kroučící moment od volantu.

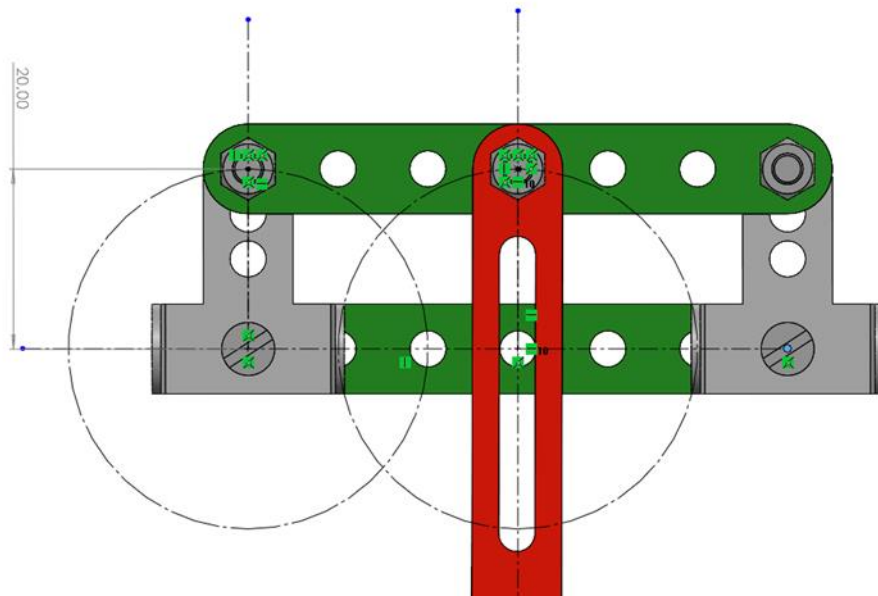
Dalším nutným konstrukčním prvkem je dvoudílná páka řízení, u které je nutné, aby segmentem uchyceným na spojovací tyči poloos bylo možno v jednom směru volně pohybovat – tedy aby páka řízení byla teleskopická. Posuvná vazba je nutná kvůli obloukové trajektorii, po které se spojovací tyč poloos pohybuje. Pracovní radius tohoto oblouku tvoří kruhová úseč, která má svoji výšku, o jejíž hodnotu se posouvá páka řízení. Pokud by páka řízení byla z jednoho pevného kusu, nebylo by teoreticky možné koly zatočit, protože by se neměla kam zkrátit o výšku tohoto oblouku. Aby mechanismus fungoval, musela by se páka řízení stlačovat, příp. natahovat, čímž by se měnila její délka. V CAD systému takto vytvořený mechanismu, za předpokladu, že je páka řízení

z jednoho kusu, nefunguje, protože systém pracuje se součástí jako s dokonale tuhým tělesem s přesnými rozměry a takovou součástí neumí v rámci sestavy mechanismu deformovat. Realita je nicméně trochu jiná, jelikož mezi součástkami jsou ve skutečnosti drobné vůle, které by zatačení umožňovaly i s pákou řízení z jednoho kusu, konstrukčně to však správné není. Aby zatačení fungovalo jak v CAD systému, tak i ve skutečnosti, bylo v obou případech zkonstruováno s teleskopickou pákou řízení. K tomuto účelu bylo použito dílu č. 2006, což je ocelový pásek s prolisovanou drážkou, a dvou kontramatic zajišťující vůli ve šroubových spojích.



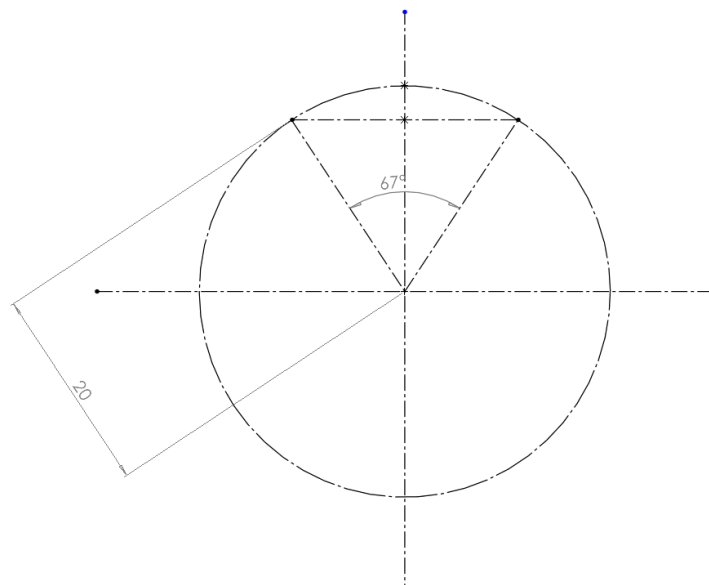
Obrázek 36 – Délková diference páky řízení

Velikost, o kterou se páka řízení zkracuje je, jak již bylo zmíněno, dána výškou kruhové úseče, po jejímž oblouku se spojovací tyč pohybuje. Poloměr r tohoto oblouku určuje rozteč děr dílu 2130 (díl přední poloosy) – tedy děr, z nichž jedna slouží k rotačnímu uložení dílu poloosy ke konzoli přední nápravy a druhá k uchycení spojovací tyče poloos. Rozteč těchto děr, a tedy i poloměru oblouku, po kterém se spojovací tyč pohybuje, je 20 mm. Protože rotační uložení dílů 2130 jsou dvě a leží na jedné přímce, jsou otáčky obou členů stejné. Každý bod po celé délce spojovací tyče řízení tak opisuje oblouk o stejném poloměru 20 mm. Stěžejním bodem je pak ten, v jehož místě je páka řízení uchycena ke spojovací tyči poloos, protože zkracování páky řízení o výšku oblouku probíhá zde. Vše je patrné z obrázku níže:



Obrázek 37 - Trajektorie spojovací tyče poloos

Délka oblouku l , po kterém se spojovací tyč poloos může pohybovat je omezena do takové vzdálenosti, dokud nedojde ke kolizi součástí dílů přední nápravy, která znemožní další pohyb. To lze definovat úhlem α , který vymezuje maximální možnou velikost rejdu předních kol. Protože úhel α leží na téže kružnici, po které se spojovací tyč řízení zdánlivě pohybuje, jsou tak vymezeny krajní polohy obloukové trajektorie, po které se tento díl skutečně pohybuje. Tento úhel je možné změřit a jeho velikost je 67° (změřeno školním úhloměrem bez předepsané tolerance, přesnost bude tedy nějakých $\pm 0,5^\circ$).



Obrázek 28 - Schéma krajních poloh

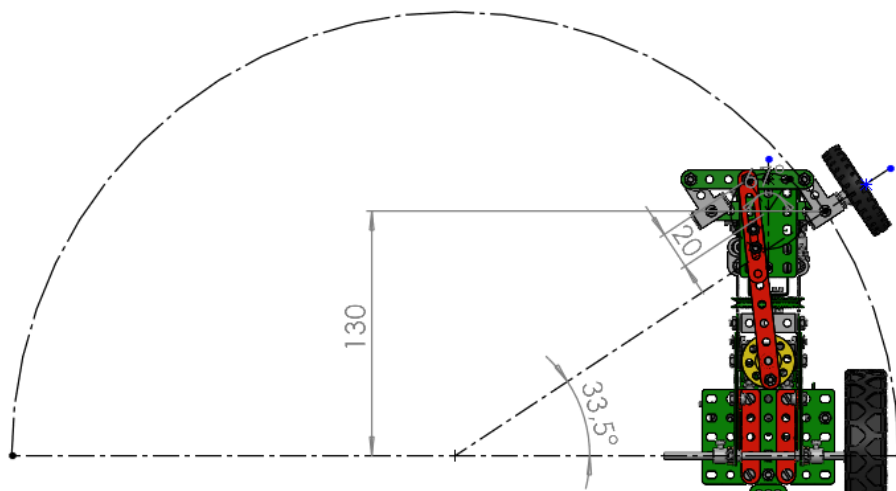
Jakmile známe velikost úhlu α , který vymezuje krajní polohy oblouku, a poloměr r kružnice, po které probíhá pohyb, lze tak dopočítat délku oblouku l a především výšku vymezené kruhové úseče h .

$$l = \frac{\pi}{180} * r * \alpha = \frac{\pi}{180} * 20 * 73 \doteq \mathbf{25,5 \text{ mm}} \quad (23)$$

$$h = r * \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2}\right) = 20 * \left(1 - \cos \frac{73}{2}\right) \doteq 3,92 \text{ mm} \cong \mathbf{4 \text{ mm}} \quad (24)$$

Z výpočtu je patrné, že se páka řízení zkracuje téměř o 4 mm, což je už znatelná hodnota, která je zřetelně viditelná na modelu vytvořeném v CADu. V praxi je tento posun minimální, až zanedbatelný, jelikož je suplován vůlemi mezi součástmi a jednotlivými šroubovými spoji.

Velikost úhlu α vymezující krajní polohy oblouku rovněž určuje i velikost úhlu zatočení γ , který je oproti úhlu α poloviční. Budeme-li znát i velikost rozvoru vozidla, můžeme určit teoretický poloměr otáčení traktoru r_{ot} . Poloměr otáčení je oblouk, který je opsán vnější nejkratější částí vozidla tak, aby se otočilo o 180° , jestliže jsou kola natočena do krajní polohy. Rozvor traktoru l_t , tedy vzdálenost os přední a zadní nápravy, lze ho snadno určit na základě rozteče děr dílů stavebnice a jeho hodnota činí 130 mm. Zakreslíme-li si tyto poznatky do nákresu, ve kterém protneme osu zadní nápravy s osou předního vnějšího kol při maximálním zatočení, dostaneme pravoúhlý trojúhelník, z nějž pomocí základních goniometrických funkcí dopočítáme přeponu trojúhelníku, jejíž hodnota je rovněž hodnotou poloměru otáčení. Vše je patrné z obrázku níže:



Obrázek 39 – Schéma teoretického poloměru otáčení

Hodnota teoretického poloměru otáčení r_{ot} bude vypadat následovně:

$$r_{ot} = \frac{l_t}{\sin \gamma}$$

$$r_{ot} = \frac{130}{\sin 33,5^\circ}$$

$$\mathbf{r_{ot} \doteq 235,5 \text{ mm}} \quad (25)$$

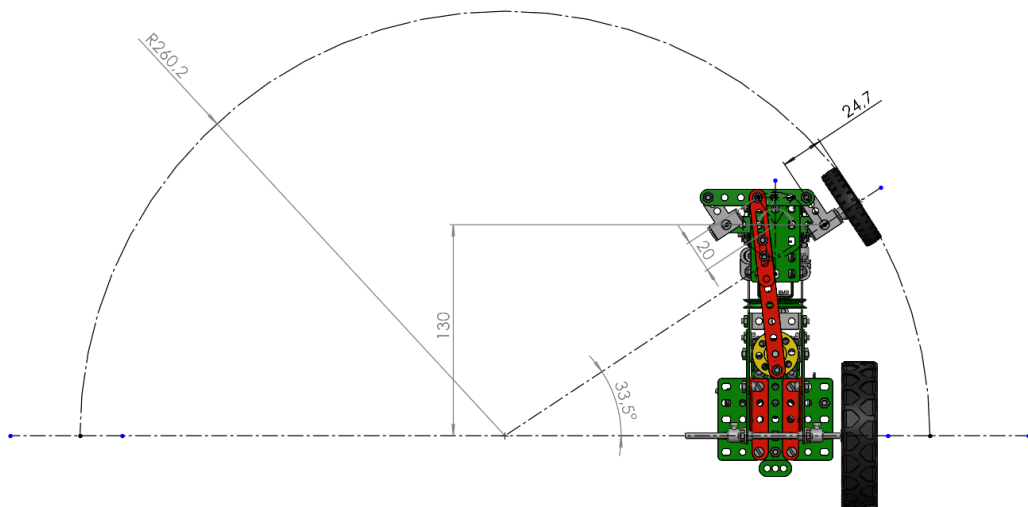
Tato hodnota by však platila tehdy, pokud by nejkrajnější vnější část vozidla byla v bodě otáčení vnější přední poloosy, jako je zobrazeno na obrázku výše. Ve skutečnosti je poloměr otáčení větší, protože nejkrajnější částí vozidla je v tomto případě vnější plášť předního kola traktoru. K dopočítané hodnotě r_{ot} musíme ještě přičíst vzdálenost x , tedy vzdálenost od vnějšího pláště kola k ose otáčení přední vnější poloosy. Hodnota x je tak dána součtem šířky kola 1082 w_{1082} a poloviny šířky dílu poloosy 2130 w_{2130} , což jsou snadno změřitelné parametry. Skutečný poloměr otáčení r_{os} bude následující:

$$r_o = r_{ot} + x$$

$$r_o = r_{ot} + \left(w_{1082} + \frac{w_{2130}}{2} \right)$$

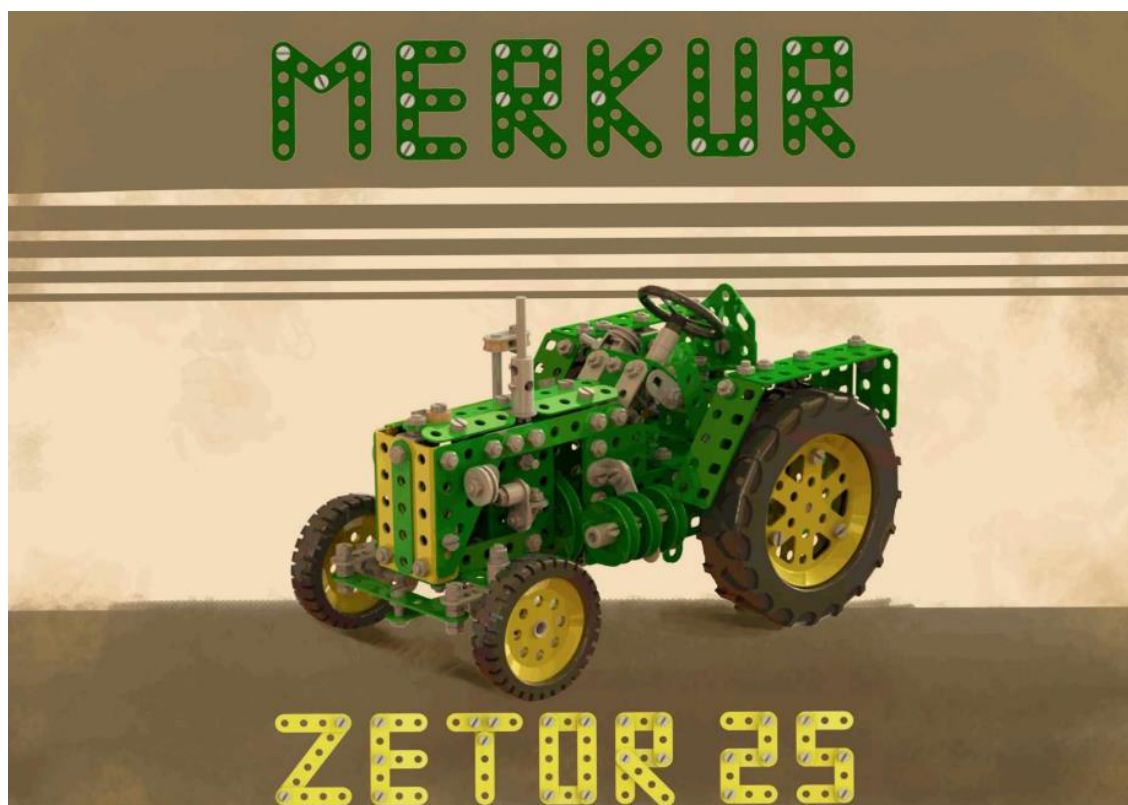
$$r_o = 235,5 + \left(14 + \frac{21,4}{2} \right)$$

$$\mathbf{r_o = 260,2 \text{ mm}} \quad (26)$$



Obrázek 40 - Schéma skutečného poloměru otáčení

Co se týče manuálu samotného, tak vzhledem k tomu, že se jedná o stavebnici historického traktoru, tak je jeho přebal stylizován v retro stylu s béžovo-sépiovým pozadím, na kterém je ze základních součástek Merkuru sestaven nápis „Merkur Zetor 25“. Samotné konstrukční kroky jsou na bílém pozadí pro lepší přehlednost a dobrý kontrast vůči součástkám stavebnice. Aby manuál působil esteticky příjemně, je po okrajích každé stránky umístěn rámeček opět připomínající díly stavebnice. Více technický dojem je naopak evokován kusovníky součástek, vícero pohledy a popisky dílů, jako je tomu u skutečných strojních sestav.



Obrázek 41 - Desky manuálu

3.3 Balení stavebnice

Stavebnice je zabalena v kartonové krabici o rozměrech 330x225x55 mm. V rámci udržitelnosti a snížení použití plastických hmot při balení nebylo užito plastových přihrádek pro jednotlivé díly, ale byl navržen nový systém balení, který z těchto přihrádek vychází. Do vnitřní vložky byl na míru nastříhán profil, ve kterém je vystříženo několik otvorů jednodušších základních tvarů. Těchto profilů je na sobě navrstveno tolik, aby v nich vznikly kapsy uzpůsobené na skupiny součástek podobných tvarů a velikostí. Všechny tyto prvky jsou vytvořeny z kartonu a tvrdého papíru. Jednotlivé součástky tak

už nebudou mít vlastní jednoúčelovou dutinu pro uložení, ale budou uloženy po skupinkách ve větších kapsách. Spojovací materiál a drobné díly jsou uloženy v kulatých plechových krabičkách, aby při přepravě nedošlo k jejich rozsypaní po celé krabici. Obalový materiál tak po případném vyhození bude šetrnější k životnímu prostředí a plechové krabičky mohou dále posloužit v domácnosti například k uskladnění drobných součástí a náhradních dílů.

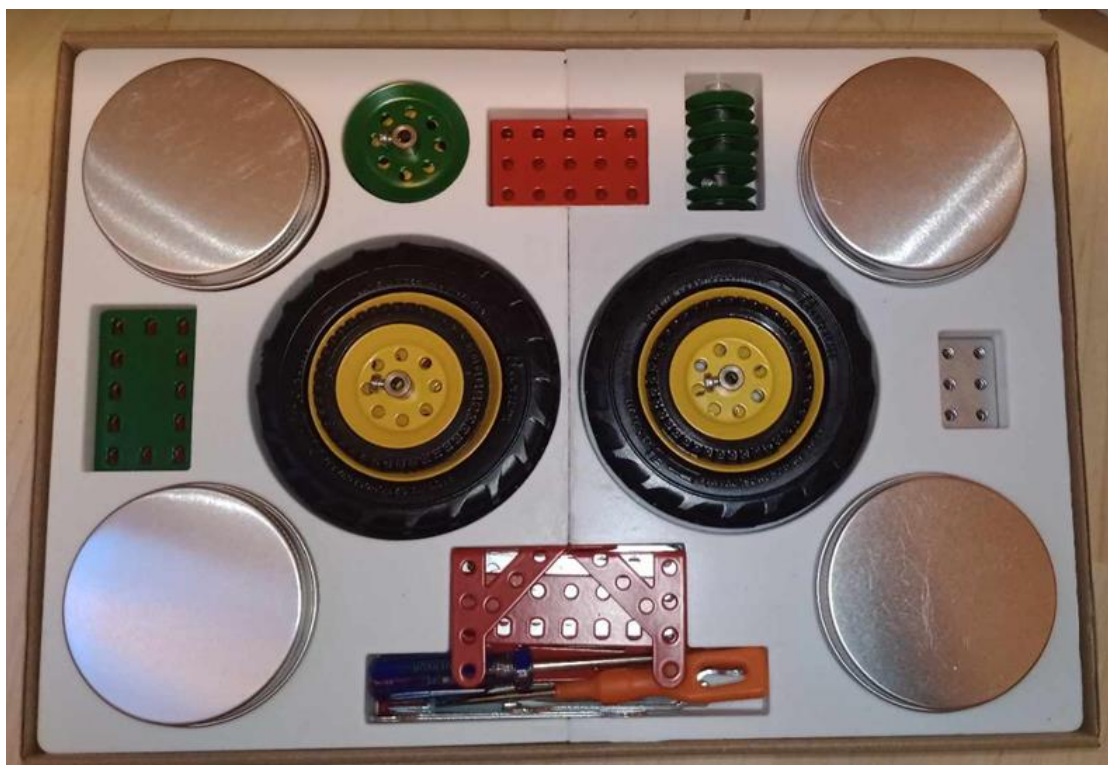


Obrázek 42 - Balení stavebnice s kartonovou přihrádkou

Samotná krabice má na svém víku nalepený potisk. Grafika potisku je stejná jako grafika obalu manuálu, tedy jedná se o stavebnici historického vozidla, tudíž i vizuální dojem má působit historicky.

Protože se v tomto případě jedná o výrobu obalového materiálu amatérským způsobem v domácích podmínkách, byly oba způsoby výroby přihrádky dost neekonomický. Kartonová přihrádka byla celá vyřezávána a lepena ručně, což samo o sobě bylo pracné a časově náročné. Karton při zpracování občas zanechává otřepy, které bylo nutné dodatečně opracovat ruční gravírovací brusku. Pro snazší vyřezávání jednotlivých otvorů byla na 3D tiskárně vytvořena šablona, podle které byly jednotlivé kapsy vyřezávány. Výroba kartonové přihrádky tak zabrala celkově nějakých 7-8 hodin. Pokud by bylo použito profesionálních nástrojů, byla by výroba takové přihrádky určitě mnohem jednodušší, efektivnější a přesnější.

Kromě přihrádky vytvořené z kartonu byla vytvořena i její alternativní verze. Její prototyp byl vyroben pomocí technologie 3D tisku, čímž vznikla přihrádka, která je velmi podobná současným plastovým přihrádkám. I přesto, že je tato přihrádka taktéž plastová, je ekologicky šetrná, protože je vytištěna z polymeru PLA, což je kyselina polymléčná. Tento polymer se vyrábí z kukuřičného škrobu a je biologicky odbouratelný, tudíž ho lze za určitých podmínek šetrně kompostovat.



Obrázek 43 - Balení stavebnice s přihrádkou z PLA

Přihrádka z PLA je tvarově úplně stejná jako ta z kartonu, nicméně byla optimalizována tak, aby se zbytečně neplýtvalo materiálem a ušetřil se čas při tisku a následném postprocessingu. Ač byla příprava i výroba mnohem jednodušší než u kartonové přihrádky, byla časově mnohem náročnější. Samotný tisk trval přes 17 hodin, a následné úpravy (odstranění podpor, lepení, jemné opracování) zabraly 2 hodiny. Model bylo nutné navíc tisknout na dvě části, protože jako celek byl příliš rozměrný a nevešel se na tiskovou podložku. Takovou přihrádku by bylo pravděpodobně nejefektivněji vyrábět pomocí vakuového tváření plastů, nicméně by v tomto případě bylo nákladné vyrobit formu s negativem přihrádky.

Na obrázku níže je zobrazen celkový pohled na stavebnici i s manuálem v takové podobě, v jaké by byla komerčně dostupná, pokud by skutečně byla uvedena do prodeje.



Obrázek 44 – Pohled na stavebnici

Na následujícím obrázku je zobrazena krabice po otevření s manuálem a ochrannou vložkou zabráňující rozsypaní součástek po krabici během transportu.



Obrázek 45 – Otevřená krabice

4 Didaktický účel

4.1 Cílová skupina

Obecně je stavebnice Merkur dle výrobce určena pro děti od 5-6 let věku. Obecně by toto mohlo platit i pro popisovanou stavebnici traktoru, nicméně se jedná z hlediska konstrukce a jemné motoriky o lehce náročnější model a u dětí tohoto věku by taková sada příliš velký úspěch pravděpodobně nesklidila. Většina dětí v tomto věku, v případě, že o stavebnice Merkur projeví zájem, začíná spíše s jednoduššími sadami a modely, a principům stavebnice Merkur se teprve učí. Vzhledem k náročnosti tohoto modelu by tak mohla začínající potenciální zájemce o stavebnici spíše odradit. To ovšem neznamená, že by si ji nemohli za asistence dospělého nebo někoho zkušeného alespoň zkusit postavit a naučit se některým základním konstrukčním prvkům.

Tato sada tak cílí na několik skupin lidí. Jednak je zaměřena už na zkušenější stavitele, kteří jsou s konstrukčními postupy Merkuru dobře seznámeni a umí je vhodně při stavbě využívat. Pokud by dítě s Merkurem začalo v 6 letech a tento zájem si udrželo, tato sada by pak byla vhodná pro 10-12 leté stavitele, v závislosti na šikovnosti a trpělivosti dítěte. Touto stavebnicí by tak mohl být dále rozvíjen u dětí zájem o zemědělskou techniku, což by mohlo mít velký vliv i na jejich budoucí zaměření. V budoucnu by tyto děti mohly pracovat ve strojírenství nebo v zemědělství, případně i v jiných technických sférách.

Další skupinou jsou nadšenci do stavebnice Merkur, což jsou ve velké části případů lidé, kteří celoživotně pracují v technických oborech (strojaři, zámečníci, konstruktéři, mechanici, aj.) a konstrukční stavebnice mají jako volnočasovou aktivitu. Často jde právě o lidi, kteří k takovému zaměření dospěli právě díky stavebnici Merkur, se kterou si v mládí hráli. Stavebnice může rovněž zaujmout nadšené modeláře nebo zájemce o historická vozidla a techniku.

Poslední skupinou jsou samotní nadšenci do traktorů a zemědělské techniky, kteří s traktory celoživotně pracují a zároveň je mají jako svůj koníček. V případě traktoru Zetor 25 se bude z části jednat již o seniory, kteří v mládí s takovými stroji pracovali v bývalých JZD. Drtivá většina takových lidí si v dětství hrála i se stavebnicí Merkur a taková stavebnice Zetoru 25 by pro ně byla vzpomínkou na mládí. Touto stavebnicí by tak mohli zároveň upoutat pozornost svých vnoučat, čímž by u nich mohli rozvinout potenciální zájem o stavebnici a později o technické vědy jako takové. Nadšenci do

veteránů a majitelé skutečných traktorů Zetor 25 by tak mohli díky této stavebnici mít malý model svého traktoru vystavený na polici, případně i v dílně nebo v garáži u skutečného traktoru.

4.2 Rozvoj schopností a dovedností

Konstrukční stavebnice jsou obecně vynikajícím prostředkem, jakým lze hravou formou předávat dětem poznatky z oblasti technických věd, a zároveň u nich rozvíjet jednak zájem o techniku jako takovou, tak i mnoho kompetence a dovedností, které jsou pro praktický i profesní život stěžejní. Mezi tyto projevy patří především kreativita, prostorová představivost, logické a technické myšlení, estetické vnímání, trpělivost, paměť a také jemná motorika prstů. Díky konstrukčním stavebnicím si děti osvojují základy fyziky již v brzkém věku a mohou tak získat předpoklady pro snazší studium matematiky a fyziky a potažmo i oborů strojírenských a stavařských. Tvrzení o podpoře rozvoje kreativity a technického myšlení je potvrzeno z výzkumu „Zkoumání vlivu stavebnic“, který provedl Špalek (2013). V něm byla potvrzena jedna z hypotéz, která tvrdí, že „Žáci, kteří měli doma technickou stavebnici a hra s ní je velmi zaujala (bavila) se hlásili ve většině (70%) na střední školy technického směru“, protože 64% respondentů, které bavila hra se stavebnicemi, se hlásilo na technicky zaměřené školy, zatímco 36% respondentů zvolilo netechnicky zaměřené školy. Stavebnice jsou často využívány jako učební pomůcky na základních školách, pomocí nichž lze názorně a jednoduše vysvětlit fyzikální jevy a zábavnou formou pomoci rozvíjet u dětí kreativitu, technické myšlení a tvořivost. (Hubálovská, 2018; Špalek, 2013; Kaslová, 2007).

Tato konkrétní stavebnice traktoru má za cíl u dětí rozvíjet mimo výše zmíněné vlastnosti i další dovednosti. Mezi ty hlavní patří schopnost porozumění a orientace v technické dokumentaci, která je v technických sférách stěžejní. Manuál je sestaven tak, aby (ač jen zdánlivě) připomínal výkresy strojních sestav. Dítě se tu může seznámit s odkazovými čarami, záběry na detailní pohled, vícero pohledy na sestavovaný model, měřítkem nebo kusovníkem součástí. Všechny tyto prvky jsou zpravidla součástí i skutečných strojírenských sestav. Dále se stavebnice soustředí na rozvoj schopnosti tvorby správného/efektivního montážního postupu – montáž jednotlivých podsestav není rozkreslena krok po kroku, nutí tedy stavitele přemýšlet nad ideálním a efektivním montážním postupem. Nepřímým cílem práce se stavebnicí je u zvědavějších dětí rozvinout zájem o historii traktorů Zetor, případně obecně o dějiny strojů a techniky. Zde

se dají uplatnit mezipředmětové vztahy. Žáci by si zde mohli uvědomit i hodnotu dovedností techniků a odborníků v naší zemi, která v minulosti byla velmi dobrá i bez ohledu na politické poměry. U tvořivých dětí může tato stavebnice probudit zájem natolik, že si traktor doplnění nejrůznější nářadí a další techniku, případně vylepší samotný traktor například o kabinu, a umožní tak pokračovat v rozvoji svých dovedností další stavbou dle vlastní fantazie. Zároveň se na modelu naučí rozeznávat jednotlivé základní části traktoru a budou umět popsat jejich funkci. Tato stavebnice by rovněž měla napomoci k vytváření jakéhosi pracovního řádu a také k organizaci pracoviště, tzn. – udržování pořádku na pracovišti, vytváření příjemných pracovních podmínek a systematickosti. Velké množství rozmanitých dílů různých funkcí a tvarů by mělo stavitele motivovat k tomu, aby si v nich udělal pořádek a rozřídil si je tak, aby k nim během stavby měl dobrý přístup a měl o nich přehled. V budoucnu by takový přístup mohl pomoci utvářet řád a pořádek ve skutečných dílnách, aby byly zaručeny efektivní a bezproblémové pracovní podmínky. Střídavé používání různých typů nářadí pomůže dítěti uvědomit si, že různé úkony vyžadují i odlišné nástroje a různé způsoby, jak je používat.

Pro začlenění didaktické pomůcky do této práce byly vytvořeny metodické listy pro sestavení modelu, ve kterých je shrnuty a popsány kroky a postupy sloužící k úspěšnému sestavení traktoru. V těchto metodických listech jsou také sepsány rady a doporučení, kterých je vhodné se během stavby držet. Tato doporučení neplatí pouze pro tento konkrétní model, ale obecně pro jakoukoliv stavebnici Merkur, a vycházejí ze subjektivních postřehů a letitých zkušenostech autora práce s touto stavebnicí. Metodické listy jsou součástí přílohy práce.

4.3 Test stavebnice

Vytvořená stavebnice byla otestována na malém vzorku jedinců různého věku, zaměření. Úroveň šikovnosti, manuální zručnosti a zkušeností se stavebnicemi a konkrétně se stavebnicí Merkur se taktéž u každého jednotlivce liší. Každému jedinci byly poskytnuty potřebné díly, nářadí a manuál pro sestavení traktoru, po jehož zhotovení byl požádán o vyplnění krátkého dotazníku. Dotazník byl sestaven tak, aby poskytl jednak informace o manuální zručnosti stavitele a míře zkušeností se stavebnicí Merkur, tak i zhodnocení samotné stavebnice traktoru, a především jejího manuálu pro sestavení. Na základě těchto dat by byl manuál v budoucnu optimalizován a upraven tak, aby byly odstraněny případné

nedostatky, které by bránily pohodlnému sestavení traktoru. Obecně je vytvoření jakéhokoliv manuálu pro technická zařízení vcelku komplexní záležitost, u které se nelze zavděčit úplně každému, proto je zpětná vazba při testování nového výrobku velice důležitá. Pohled třetí strany pak při zavádění nového výrobku působí diametrálně odlišně oproti pohledu samotného vývojáře a je potřeba brát v úvahu popis každého drobného detailu, aby zákazník při užívání výrobku neměl problém.

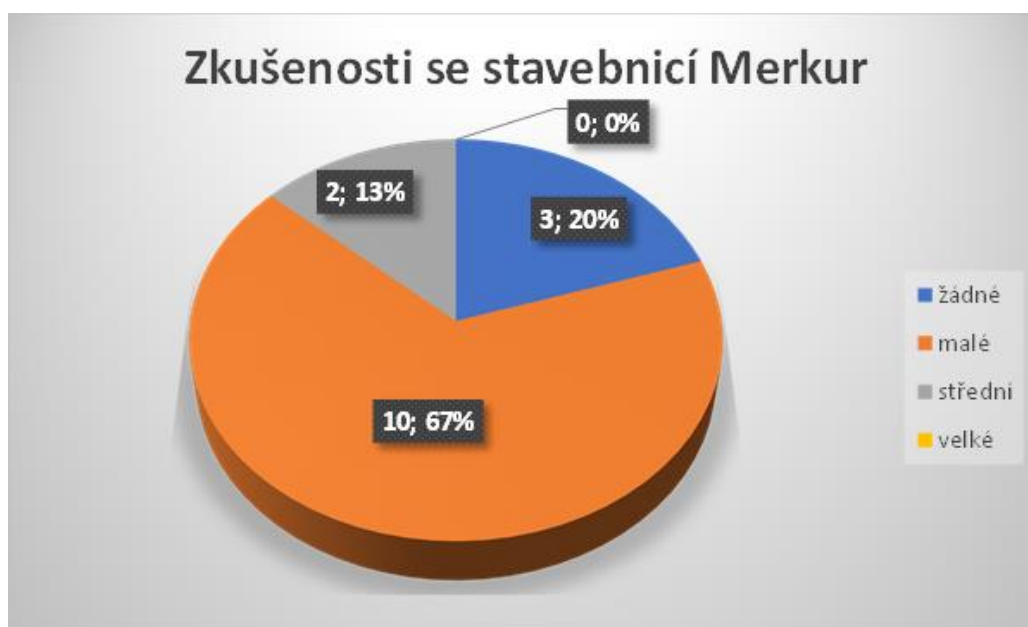
Stavebnici testovalo celkem 15 lidí, v drtivé většině mužského pohlaví. Z důvodu náročného hledání vhodných zájemců pro testování stavebnice a také z důvodu omezenosti množství součástek Merkuru, které byly pro testování k dispozici, proběhlo sestavování z části ve skupinkách týmovou spoluprací. Testování provedli čtyři studenti vysoké školy s technickým zaměřením, vysokoškolský strojař se zaměřením na konstrukce automobilů, otec se svým šesti letým synem, vysokoškolská studentka výtvarného umění, patnáctiletý uchazeč o odborné učiliště oboru mechanik zemědělské a lesnické techniky a sedm žáků sedmé třídy základní školy (věk 13-14 let). Výše zmiňovaný šestiletý chlapec trpí poruchou autistického spektra, nicméně dle informací od jeho otce je chlapec velice šikovný, co se týče sestavování stavebnic typu Lego, kde zvládá podle návodu sestavovat i složité modely, během půlhodiny byl schopen složit Rubikovu kostku a následně s ní vytvářel i vlastní barevné kombinace a vzory. Se stavebnicí Merkur ani se šroubováním samotným však zkušenosti nemá, nicméně byl i tak vybrán pro otestování stavebnice traktoru, jelikož by výsledek byl rozhodně zajímavý, ať už by se chlapcovi traktor sestavit podařilo nebo ne.

Sedmičlenná skupinka žáků ze základní školy prováděla kompletaci stavebnice během vyučování v rámci hodin předmětu Člověk a svět práce. Z důvodu nedostatku času tito žáci sestavovali pouze několik podsestav traktoru a celý model tak dokončen nebyl, proto budou v jejich případě výsledky z dotazníku vyčleněny samostatně, aby nenarušily celkovou statistiku. Ostatní traktor sestavovali ve svém volném čase.

4.4 Výsledky testu

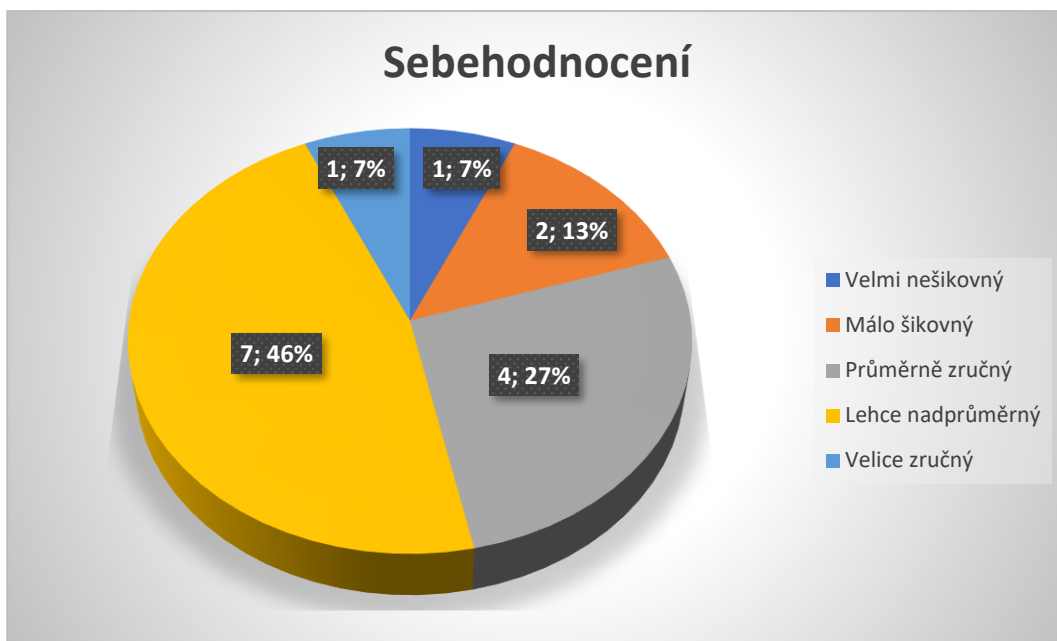
Na začátek je nutné podotknout, že vzorek jedinců, na kterém byl výzkum proveden, není příliš velký, a pro vytvoření skutečně vypovídajících dat by byl potřeba mnohem větší vzorek populace. Nicméně aby výsledky nebyly příliš jednostranné, byli vybráni jedinci z různých věkových skupin s různorodým zaměřením a schopnostmi.

První otázka v dotazníku měla za cíl zjistit, jaké mají všichni zúčastnění dosavadní zkušenosti se stavebnicí Merkur. Na diagramu níže je vidět, že 2/3 dotázaných má s touto stavebnicí malé zkušenosti a pětina dotázaných nemá dokonce žádné zkušenosti, což není úplně dobrý výsledek. Lze se domnívat, že je tato skutečnost pravděpodobně způsobena nedostatečným začleněním této stavebnice na základních školách do hodin polytechnického vyučování, případně nedostatkem kompetentních pedagogů, kteří by tuto stavebnici uměli efektivně využít ve výuce. Dle výpovědi dotazovaných má drtivá většina zkušenosti spíše se stavebnicí LEGO, přičemž několik jedinců dokonce uvedlo, že stavebnicí Merkur vůbec neznají. Větší zkušenosti s touto stavebnicí má pouze 13 % dotázaných a z vybrané skupinky dotázaných není nikdo vášnivým stavitelem z této stavebnice.



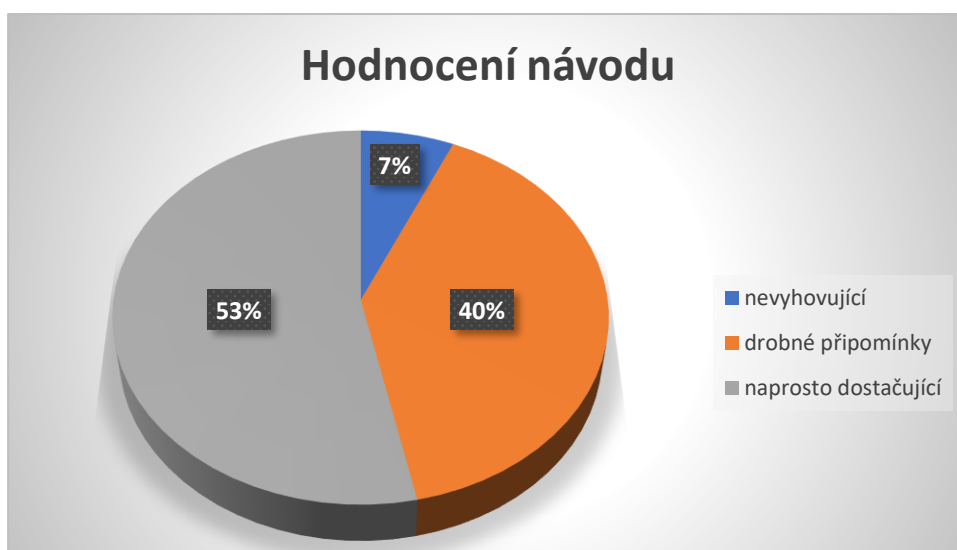
Obrázek 46 - Zkušenosti se stavebnicí Merkur

Druhá otázka zkoumá sebehodnocení dotázaných jedinců z hlediska manuální zručnosti a technické zdatnosti – tedy jak sami vnímají úroveň svých technických a manuálních dovedností. Diagram níže ukazuje, že se v této oblasti více jak 50 % dotázaných hodnotí jako nadprůměrně schopní, zatímco do průměru se zařadila čtvrtina dotázaných. Naopak pouze pětina dotázaných se hodnotí spíše jako podprůměrně zručná. Zde nastává otázka, zda-li někteří nepřecenili v této oblasti své schopnosti – většina žáků sedmé třídy, kteří model sestavovali, se při kompletaci traktoru jevila spíše jako průměrná až podprůměrná. Tento dojem byl zároveň i podpořen výpovědí vyučujícího, který s nimi na hodinách dílen pracuje.



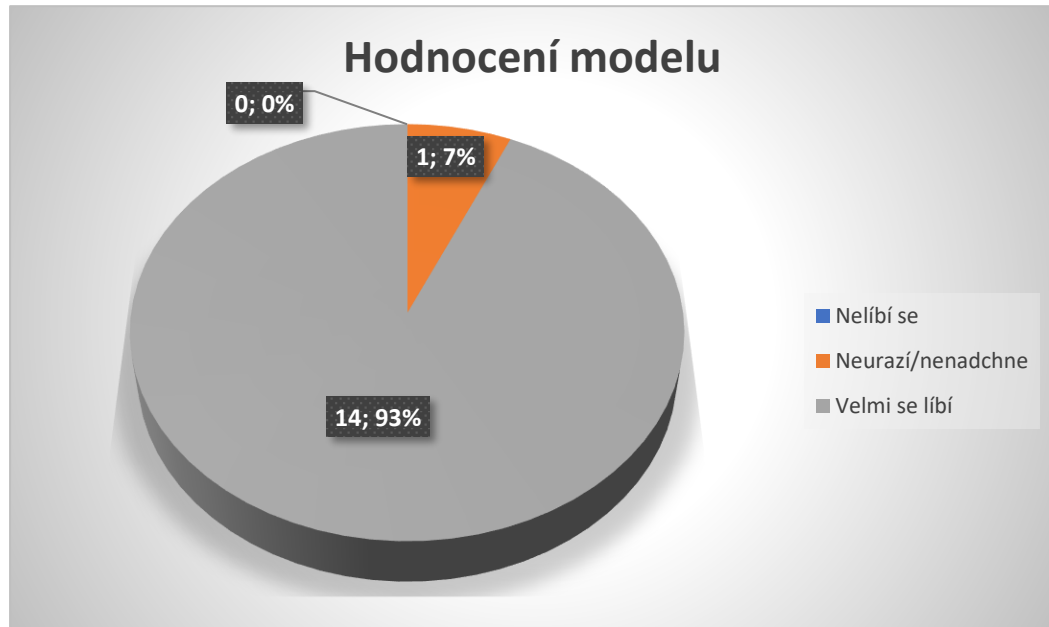
Obrázek 47 - Sebehodnocení

Třetí otázka, jejíž výsledky jsou pro tuto práci obzvlášť důležité, zkoumá hodnocení vytvořeného manuálu ke stavebnici, a úzce souvisí i s poslední otázkou, která hodnotí stavebnici jako celek. V tomto směru lze říct, že vytvořený manuál pro stavbu modelu byl v drtivé většině úspěšný a vyhovující – 53 % dotázaných k návodu nemá žádnou výtku a 40 % má k návodu pouze drobné připomínky, jak lze vyčíst z níže uvedeného diagramu. Pouze jednomu člověku tato forma návodu nevyhovovala. Veškeré připomínky, které byly k návodu obdrženy, budou podrobněji rozebrány v poslední otázce.



Obrázek 48 – Hodnocení návodu

Čtvrtá otázka měla za cíl zjistit, jak se dotázaným sestavovaný model líbí. V tomto ohledu dopadla stavebnice opět velice úspěšně. Diagram níže ukazuje, že z dotázaných nebyl nikdo, komu by se model vyloženě nelíbil. Pouze jeden člověk shledal sestavený model spíše jako průměrný, zbytek dotázaných hodnotí model jako velice povedený.



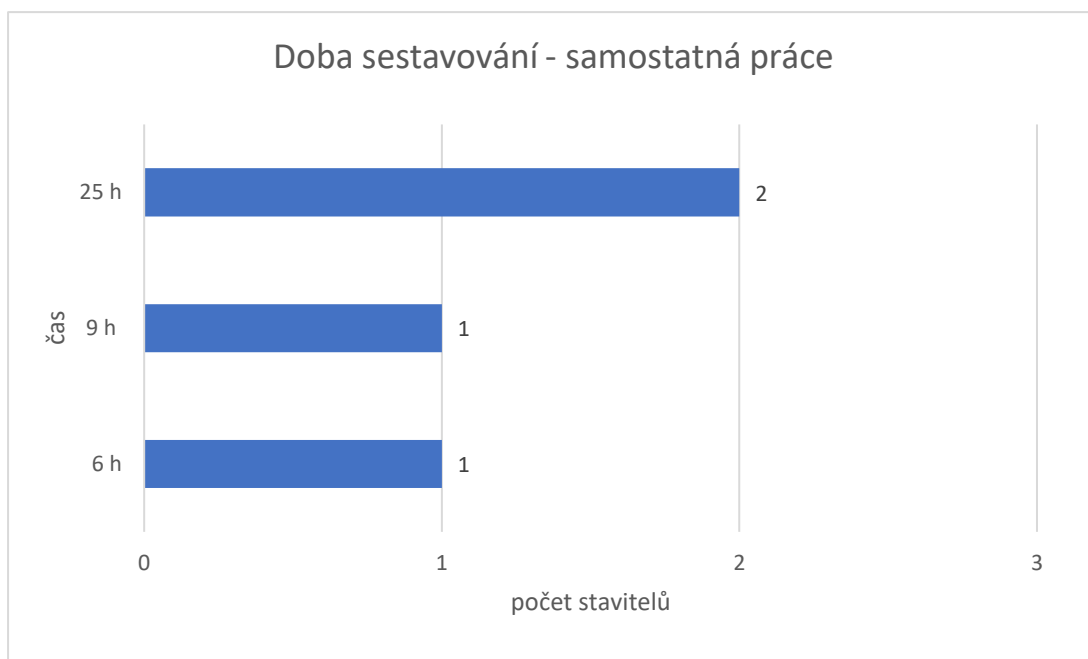
Obrázek 49 - Hodnocení modelu

Pátá otázka měla za úkol zjistit čas, za který se traktor podařilo dotázaným sestavit. Doba, za kterou je možné složit jednu takovou podsestavu, je závislá na několika faktorech, mezi které patří především náročnost podsestavy, míra zručnosti stavitele a také to, s jakým nadšením a záplem je model sestavován. Vzhledem k tomu, že byl model sestavován ve dvou různých formách, tedy ve skupinách a samostatně, byl proto výzkum v této oblasti rozdělen do dvou kategorií. V první kategorii jsou zahrnuty skupinové práce, v nichž jednotlivé skupiny zvládly sestavit konkrétní kroky z manuálu, které jim byly přiděleny. Sestavit jednu samotnou podsestavu trvá z logiky věci mnohem kratší dobu než sestavit celý model. Pokud by tyto výsledky byly smíchány s výsledky druhé kategorie (tedy jedinců, kteří sestavovali model celý samostatně), byla by konečná data velice nekonzistentní a irelevantní. Data získána z první kategorie však příliš vypovídající hodnotu nemají, model se v případě žáků ze základní školy nepodařilo kvůli nedostatku času sestavit celý, a proto budou jejich výsledky popsány pouze slovně, i přesto, že se studentům vysoké školy model podařilo sestavit.

Na každého vysokoškolačka tak připadly v průměru čtyři podsestavy, přičemž všech 16 podsestav bylo sestaveno za 22 hodin a sestavení traktoru jako celku pak zabralo další hodinu času. Celý model tak byl sestaven čtyřmi lidmi za 23 hodin, tím pádem na jednoho člověka připadá 5 hodin a 45 minut práce s tím, že by za tu dobu stihl sestavit celou čtvrtinu modelu. To znamená, že jednu podsestavu trvalo studentům sestavit průměrně hodinu a přibližně dvacet minut. Tempo sestavování bylo však velmi volné, s jistotou tak lze říct, že by tito studenti byli schopni celý model sestavit za mnohem kratší dobu.

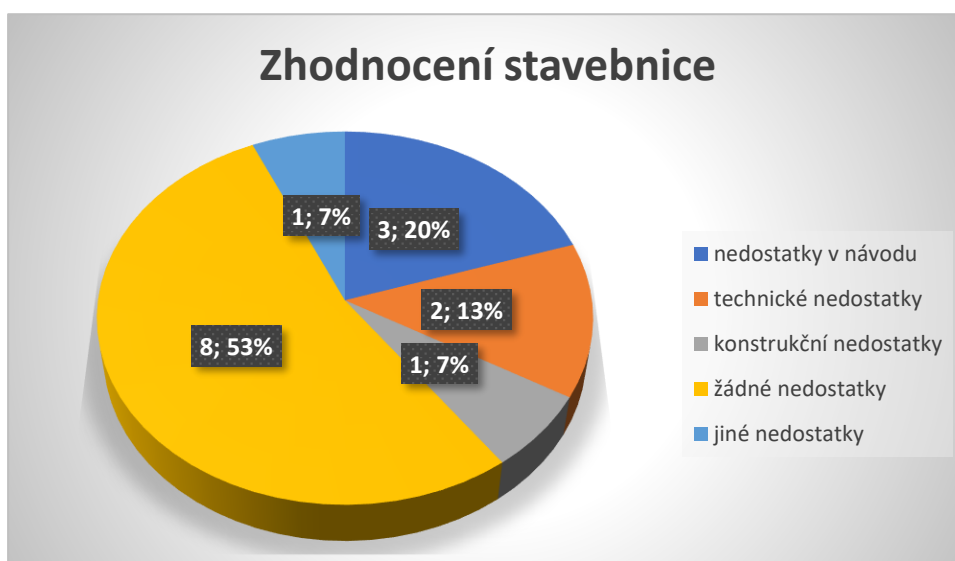
V případě žáků základní školy byla situace odlišná. Žáci byli částečně tlačeni časem a proces samotného sestavování se neobešel bez průběžných zásahů lektora a metodického vedení. Přístup žáků byl bohužel zároveň takový, že se nikdo nechtěl pouštět do složitých podsestav, ale naopak si každý vybíral ty nejjednodušší podsestavy. Čtyřem žákům tak trvalo s pomocí lektora zkompletovat své podsestavy hodinu, třem žákům to s pomocí lektora trvalo necelou hodinu (zpravidla 45 minut) a to v případě těch opravdu nejjednodušších podsestav. Jedna podsestava tak byla průměrně sestavena přibližně za 55 minut s tím, že se jednalo o ty nejjednodušší podsestavy. Kvůli nedostatku času bohužel nebyl dokončen celý model.

Ve druhé kategorii jsou zahrnuty výsledky, ve kterých je uvedena doba, za kterou zbylí jednotlivci sestavili celý traktor. Zde je možné pozorovat zajímavý výsledek, který je zobrazen na diagramu níže. V něm je vidět, že dvěma lidem trvalo sestavit celý model průměrně za 7,5 hodiny, zatímco dalším dvěma lidem trvalo sestavit model až kolem 25 hodin. Tento nepoměr s největší pravděpodobností způsoben rozdílnou mírou zručnosti, množstvím zkušeností se samotnou stavebnicí Merkur a individuálním tempem jednotlivců, což potvrzuje i dodatečná výpověď některých dotázaných, kteří sdělili, že model sestavovali průběžně volným tempem. Průměrná doba sestavení modelu na jednotlivce tak činí 16 hodin a 15 minut.



Obrázek 50 - Doba sestavování - samostatná práce

Poslední otázka z dodazníku zkoumá celkové zhodnocení stavebnice a soustředí se na nedostatky, se kterými se dotazovaní během stavby modelu setkali, případně na drobné připomínky k modelu, návodu, či samotné stavebnici. Nedostatky a připomínky jsou rozděleny podle charakteru na technické, konstrukční, nedostatky v samotném manuálu a případně i jiné. Diagram níže ukazuje, že 53% dotázaných neshledalo žádné nedostatky a nemají ke stavebnici ani manuálu žádné připomínky, což koresponduje i s daty z obrázku 46.



Obrázek 51 - Zhodnocení stavebnice

Co se týče zmiňovaných připomínek a nedostatků, tak nejvíce se jich týká samotného návodu, kde problémy uvedlo 20% dotázaných. Následují technické nedostatky se 13% a v případě konstrukčních a jiných nedostatků uvedlo v obou případech 7% dotázaných.

Připomínky k manuálu nejčastěji souvisely s nedostatečným rezkreslením detailů u složitých podsestav – konkrétně podsestav č. 3 a 7. V těchto případech by dotazovaní ocenili více pohledů z jiných úhlů, případně rozdělení na další, menší podsestavy, nebo částečný řez v případě podsestavy č. 3. Dále bylo ve dvou případech zmíněno, že ne vždy bylo v návodu jasně zakresleno, jakou délku šroubu použít, což se týká pouze případů, kdy bylo v jednom kroku potřeba použít šroubů různých délek. Bylo rovněž zmíněno, že v manuálu není dostatečně rozlišen rozdíl mezi díly 1002/1003 a 2002/2003, kvůli čemuž docházelo mezi těmito komponenty často k záměně. Jednomu respondentovi obecně nevyhovovala koncepce celého manuálu a preferuje návody ve stylu jako jsou u stavebnice LEGO.

Mezi technickými nedostatky byly zmíněny dvě připomínky, na které byli ovšem dotazovaní upozorněni předem, a poslední připomínka, která se týká řemeslného zpracování stavebnice. Prvním nedostatkem jsou lišící se barvy jednotlivých součástek, které byly dodány ve stavebnici oproti součástkám zakresleným v manuálu, což pro některé bylo matoucí. Dalším zmíněným nedostatkem bylo použití šroubů s průběžnou drážkou. Tato připomínka vznikla v době, kdy ke stavebnici byly dodány šroubky ze starých zásob. Později byly nahrazeny šroubky s hlavičkou TORX, které výrobce začal dodávat do stavebnic od roku 2023, nicméně v manuálu zůstaly zobrazeny původní šroubky s průběžnou drážkou. První respondenti, kteří stavebnici testovali, stále měli ve stavebnici původní šrouby, se kterými byla montáž obtížnější a méně pohodlná. Po nahrazení starých šroubů za nové s hlavičkou TORX už k dalším připomínkám nedošlo. Posledním technickým nedostatkem, který někteří dotazovaní zmiňovali, je již zmíněné řemeslné zpracování některých dílů a nářadí. Nejčastěji byly zmiňovány nedostatečně ohnuté díly 1001 (nebyl dodržen úhel 90°), příliš silná vrstva barvy u lakovaných součástek (zúžuje se tím průměr otvorů a je tím ztíženo prostrčení hřídelek), mírné deformace některých dílů po stříhání (především u dílů 1101) a u plochého šroubováku příliš široký břit, který nešel prostrčit otvory jednotlivých součástek (opět pouze u prvních respondentů, kteří ve stavebnici měli staré šroubky s průběžnou drážkou).

Konstrukční připomínka ke stavebnici byla pouze jedna a tou byl návrh použití pojistných matiček namísto kontramatic z důvodu usnadnění montáže. Tento nápad nezní špatně, bohužel je z ekonomických důvodů nerealizovatelný.

Posledním nedostatkem z kategorie „jiné“ je spíše subjektivním názorem, než objektivní připomínkou k nedostatkům. Tohoto respondenta stavebnice Merkur příliš neoslovila především z důvodu vyšší náročnosti a celkově nevyhovujícímu konceptu tohoto typu stavebnice.

4.5 Shrnutí testu

Navržená stavebnice traktoru dopadla v hodnocení velice úspěšně. Samotný model se líbil téměř všem (93% respondentů), kteří ho sestavovali. Hodnocení manuálu dopadlo rovněž velmi dobře, až na drobné připomínky ke složitějším podsestavám tato podoba návodu vyhovovala rovněž 93% testujících. Za úspěch se dá považovat i fakt, že se v manuálu nenašly žádné konstrukční chyby. Vzhledem k drobným výtkám (délky šroubů, záměna dílů, některé konstrukční prvky) byla stavebnice dodatečně doplněna o přehled základních stavebních postupů, který má začínající stavitele s těmito důležitými kroky seznámit ještě před začátkem kompletace modelu.

Doba, za kterou se dá model sestavit, se ze získaných dat přesně určit nedá. Jednak by bylo potřeba více testujících pro získání relevantních dat, a obecně doba sestavování stavebnic je velice individuální záležitost. Ze získaných dat se dá tvrdit, že doba pro sestavení se pohybuje v rozmezí od 6 do 25 hodin, nicméně faktorů, které tento parametr ovlivňují, je opravdu mnoho a uvedený časový rozsah je opravdu široký.

Co se zkušeností se stavebnicí Merkur týče, tak zde jsou výsledky již méně uspokojivé. Většina testujících (87%) má zkušenosti malé, či žádné, pouze 13% respondentů má se stavebnicí větší zkušenosti. Nicméně i přes malé zkušenosti s touto stavebnicí měla vyvinutá stavebnice traktoru u drtivé většiny testujících úspěch.

Zajímavé výsledky byly získány v případě sebehodnocení testujících – 53% se hodnotí jako nadprůměrně zruční, pouze pětina sdělila, že je to naopak jejich slabá stránka. O tomto výsledku by se dalo polemizovat, konkrétně v případě žáků ze základní školy, v jejichž případě někteří přecenili své schopnosti, přičemž realita je úplně jiná.

Co se týče již zmiňovaného šestiletého chlapce trpícího poruchou autistického spektra, tak v jeho případě tento typ stavebnice úspěch bohužel neměl – dle slov jeho otce chlapec neporozumněl principu spojování dílků pomocí šroubů a matic, a dále zde byl problém v podobě nesouhlasících barev dílů ve stavebnici oproti těm v manuálu, s čímž měl chlapec velké problémy. Stavebnici sestavil pouze jeho otec s tím, že se synovi snažil jednotlivé kroky vysvětlit a ukázat mu, jak spojování dílků pomocí šroubů a matic funguje.

Několik testujících dodatečně vyjádřilo pár dalších poznatků, které si po dokončení modelu uvědomili. Tím prvním je naplnění cíle, za kterým byla tato stavebnice vytvořena – i přesto, že byly některé kroky v manuálu na první pohled méně jasné, dotyčného donutily zamyslet se na konstrukci dané podsestavy a dalším montážním postupu. Další potěšující poznámkou byla pochvala jak designu samotného modelu a zachování podobnosti se skutečným traktorem, tak i design manuálu a balení celé stavebnice. Důležitým a velice potěšujícím sdělením od většiny testujících bylo to, že je stavebnice opravdu bavila a stavění si užili.

Závěr

Cílem této práce bylo vytvořit jednoúčelovou stavebnici Merkur historického traktoru Zetor 25A, jejíž manuál donutí stavitele zamyslet se nad konstrukcí modelu a namísto slepého následování detailně rozkreslených návodů konkurenčních stavebnic povede k rozvoji technického myšlení a prostorové představivosti. Tento cíl byl splněn, jelikož byl potvrzen slovy některých testujících, kteří tuto stavebnici sestavovali. Provedení manuálu drtivě většině testujících vyhovovalo, a kromě drobných poznámek k náročnosti některých kroků a nejednoznačnému rozlišení několika dílů, zde nebyly žádné další problémy, které by znemožňovaly stavbu. Na základě těchto poznámek byl dodatečně vytvořen doplňkový dokument k manuálu, ve kterých je přehled základních konstrukčních postupů, který má seznámit začátečníky s pojmy jako kontramatice, nebo použití dílů 2002/2003. Problém související se šroubky s průběžnou drážkou byl vyřešen samotným výrobcem stavebnice Merkur, který do svých stavebnic začal od roku 2023 dodávat šroubky s hlavičkou TORX. Stavebnice sklidila mezi testujícími v drtivě většině úspěch ať už po stránce designové, tak i po stránce funkční. Z provedení testování stavebnice bohužel vyplynula skutečnost, že v současné době není mezi mladou generací mnoho lidí, kteří by se stavebnicí Merkur měli větší zkušenosti. Škola, jejíž žáci prováděli test stavebnice, nemá personální kapacitu, která by byla kompetentní pro použití této stavebnice ve výuce i přesto, že by vedení školy o takovou možnost mělo velký zájem.

Samotná konstrukce modelu je vytvořena tak, aby šla bez problému sestavit z několika menších podsestav. Jedinou mechanickou částí modelu je řízení traktoru, které je řešeno přenosem kroutícího momentu od volantu skrze kardanový kloub na páku řízení, která působí na segment přední nápravy, která zajišťuje zatočení předních kol. Kvůli délkové diferenci, která na páce řízení probíhá bylo nutné sestrojít páku řízení ze dvou kusů tak, aby byla páka teleskopická. Poloměr otáčení modelu je konstrukcí dán na 260 mm. Bylo dále zjištěno, že síla působící na konci páky řízení je oproti silové dvojici působící na volant 6,67x menší, což by u skutečného stroje bez posilovače řízení byl velký problém, nicméně u malého modelu ze stavebnice, kde jsou velikosti sil malé, to problém není.

Byl rovněž navržen alternativní způsob balení vycházející ze současných plastových přihrádek, který by byl díky použití biologicky odbouratelných materiálů šetrnější

k životnímu, nicméně není jasné, zda-li by byl takový způsob balení ekonomicky výhodný.

Příloha práce obsahuje kompletní manuál k sestavení traktoru, doplňující dokument s popisem základních konstrukčních postupů, metodické listy pro sestavení modelu, video s animací CAD modelu mechanismu zatačení a dotazník, který byl testujícími vyplňován.

Jestli se bude tato stavebnice traktoru v budoucnu prodávat nyní záleží na výrobci. Veškeré podklady – konstrukce modelu, manuál, návrh balení, počet součástek a spojovacího materiálu – byly výrobcí poskytnuty.

Zdroje

- ALLEN, Jim. The First WD-40: 1935 McCormick-Deering WD-40. Online. In: DIESEL WORLD. Diesel World Mag. 2016. Dostupné z: <https://www.dieselworldmag.com/diesel-tractors/the-first-wd-40-1935-mccormick-deering-wd-40/>. [cit. 2024-03-03].
- BAUER, František. Traktory a jejich využití. 2. vyd. Praha: Profi Press, 2013. ISBN 978-80-86726-52-6.
- BEJVÁVALO. Lokomobila - parní lokomotiva pro jízdu po silnici. Online. Bejvávalo. 2018. Dostupné z: <https://www.bejvavalo.cz/clanky.php?detail=440..> [cit. 2024-03-03].
- CELJAK, Ivo. Traktory a jejich specifické využití. Online. Zemědělec. 2011, roč. 2011, č. 22, s. 1. Dostupné z: <https://zemedelec.cz/traktory-a-jejich-specificke-vyuziti/>. [cit. 2023-11-28].
- DE CET, Mirco. Traktory: encyklopedie. Čestlice: Rebo, 2006. ISBN 80-723-4543-5.
- HK MINGYANG INTERNATIONAL (GROUP) CO., LIMITED. Proč Mají Traktory Malá Přední Kola A Velká Zadní Kola? Online. HK MINGYANG INTERNATIONAL (GROUP) CO., LIMITED. MINGYANG. 2023. Dostupné z: <https://cz.machinery-world.net/info/why-do-tractors-have-small-front-wheels-and-bi-84905331.html>. [cit. 2024-03-03].
- HUBÁLOVSKÁ, Marie. Rozvoj technického a přírodovědného myšlení žáků na základní škole prostřednictvím konstrukčních stavebnic. Recenzované monografie. Hradec Králové: Gaudeamus, 2018. ISBN 978-80-7435-717-6.
- KASLOVÁ, M. Vývoj stavby u dětí 2 -7 let. Praha, 2007
- KLANCHER, Lee. THE FIRST TRACTOR. Online. In: Octane Press. 2021. Dostupné z: <https://octanepress.com/content/first-tractor-lee-klancher-ageless-iron-charter-engine-company>. [cit. 2024-03-03].
- KOUBA, Michal. Škoda 30. Online. In: Škoda Bus Klub. 2013. Dostupné z: <https://skodabusklub.cz/vozidla/s30/>. [cit. 2023-11-30].
- MERKUR TOYS S.R.O. Historie. Online. Dostupné z: <https://www.merkurpolice.cz/index.php/o-nas/historie>. [cit. 2023-12-12].
- NOVÁK, Zdeněk; NOVOTNÝ, Jaroslav; ŠUPITAR, Otakar a ZELINKA, Jiří. Traktory a automobily I: učební text pro střední zemědělské technické a mistrovské školy - obor

mechanizace zemědělské výroby. 3. vyd. Poľnohospodárske učebnice. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1965.

- PROFI STROJE. TRAKTORY JCB FASTRAC ŘADA 8000. Profi Stroje [online]. 2023 [cit. 2023-11-29]. Dostupné z: https://www.profstroje.cz/traktory-jcb-fastrac-rada-8000_4398.html
- Rigitrac SKE 40 Electric. Online. In: RIGITRAC. Rigitrac. 2022. Dostupné z: <https://www.rigitrac.ch/produkte-1/rigitrac-ske-40-electric/>. [cit. 2023-12-01].
- STEHNO, Luboš. Historie traktorů. Praha: Profi Press, 2010. ISBN 978-80-86726-35-9.
- ŠPALEK, Karel. Vliv technických stavebnic na volbu střední školy. Diplomová práce. Brno: MU, 2013.
- ŠUMAN-HREBLAY, Marián. Encyklopedie českých traktorů: od r. 1912 do současnosti. Autosalon (Computer Press). Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-2685-1.
- TIOKA - IKARIA GROUP S.R.O. Historie vláček MERKUR. Online. 2016. Dostupné z: <https://www.merkurtrain.cz/historie-merkur-2>. [cit. 2023-12-12].
- TRACTOR JUNCTION. Top 10 Tractor Companies in the World – Tractor List 2023. Online. Tractor Junction. 2023. Dostupné z: <https://www.tractorjunction.com/blog/top-10-tractor-companies-in-the-world-tractor-list/>. [cit. 2023-11-29].
- Traktor. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Traktor>. [cit. 2023-11-28].
- ZETOR TRACTORS A. S. Zetor 75 let. Online. 2021. Dostupné z: <https://zetor75.cz/>. [cit. 2023-11-30].

Seznam příloh

- 1) Manuál pro sestavení
- 2) Doplnující dokument se základními konstrukčními postupy
- 3) Metodické listy pro sestavení modelu
- 4) Dotazník
- 5) Animace zatačení modelu v CAD systému