# POSUDEK VEDOUCÍHO ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

| | |
|---|---|
| **Název práce:** | **Koncepční návrh elektrického pohonu komunálního vozidla** |
| **Jméno autora:** | **Bc. Michal Zbojovský** |
| **Typ práce:** | diplomová |
| **Fakulta/ústav:** | Fakulta strojní (FS) |
| **Katedra/ústav:** | Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel |
| **Vedoucí práce:** | Ing. Josef Morkus, CSc. |
| **Pracoviště vedoucího práce:** | Centrum vozidel udržitelné mobility JB |

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

**Zadání** **náročnější**

*Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.*

Práce zahrnuje široký záběr činností od rešerše přes stanovení zátěžného režimu a jeho vyhodnocení až po návrh elektrického pohonu a jeho uspořádání na vozidle.

**Splnění zadání** **splněno s menšími výhradami**

*Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.*

Zadání je splněno v plném rozsahu, navíc je uvedeno vyhodnocení ekonomie provozu. Výhrady mám k některým numerickým hodnotám (viz dále).

**Aktivita a samostatnost při zpracování práce** **A - výborně**

*Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatné tvůrčí práce.*

Student pracoval samostatně, aktivně zjišťoval podklady pro práci a jednotlivé kroky průběžně konzultoval.

**Odborná úroveň** **B - velmi dobře**

*Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.*

Práce zahrnuje rešerši dostupných komunálních vozidel s elektrickým pohonem, naměřená data z týdenního provozu vybraného vozidla Multicar M27 při sběru odpadkových košů, vyhodnocení dat v Excelu, stanovení jízdních odporů a průběžné změny hmotnosti vozidla, jeho energetické náročnosti a požadavků na výkon a moment motoru. Návrhová část pak obsahuje výběr vhodného elektromotoru, výpočet jeho účinnosti v jednotlivých provozních krocích, návrh převodového poměru v převodovce, výpočet celkové spotřeby energie a návrh kapacity baterie včetně její sestavy ze zvolených bateriových článků a výpočtu její účinnosti v jednotlivých krocích výpočtu. V závěru je pak uvedena analýza citlivosti na vybrané vstupní parametry, koncepční návrh uspořádání vozidla a rozbor jeho ceny a ekonomie provozu. Z tohoto pohledu se jedná o komplexní vzorovou práci, která může být příkladem pro řešení podobných zadání.

Ke konkrétním hodnotám uvedeným v práci mám několik poznámek:
- rešerše obsahuje pouze obrázky a základní údaje 4 komunálních vozidel s elektrickým pohonem. Vzhledem k pestrosti aplikací tohoto typu vozidel by si zasloužila podrobnější analýzu.
- hmotnost jednoho odpadkového koše se v textu uvádí 3 kg, v přiloženém Excelu je 8 kg a v citlivostní analýze 4 až 8 kg. Není jasné, jaká je správná hodnota?
- i pohotovostní hmotnost se v textu a Excelu poněkud liší. S tím souvisí průběh hmotnosti vozidla během trasy. Avizovanou funkci výpočtu průběžné hmotnosti jsem v přílohách nenašel.
- výškový profil tratě byl stanoven z polohových souřadnic z GPS. S ohledem na známé potíže s přesností GPS zvláště ve městě není jasné, zda bylo potřebné nějaké filtrování dat.
- v rovnici 5.6 by měla být suma momentů setrvačnosti násobených $i_c^2$. Rovněž v rovnici 8.4. je drobný překlep, namísto $O_v$ má být $O_f$

- vztah 10.7 pro účinnost baterie platí pouze pro nabíjení. Vztah pro účinnost při vybíjení je odlišný.
- požadovaná kapacita baterie je počítána ze spotřebované energie bez uvažování rekuperace. To je na straně bezpečnosti. Přesto se mi navržená kapacita jeví nízká z více důvodů:
  -- baterii nelze zcela vybít. V práci uvažovaná rezerva 15 až 20% je hraniční
  -- baterie by měla zajistit bezpečný dojezd vozidla i na konci své životnosti, kdy její kapacita klesne na 80% původní hodnoty
  -- výpočet kapacity z průměrné spotřeby energie není správný. Měl by se počítat z maximální spotřeby nebo z hodnoty ještě vyšší s ohledem na to, že měření bylo prováděno v náhodném týdnu, kdy se nevyskytovaly žádné mimořádné okolnosti
- je otázkou, zda navržený výkon elektrického topení 1,3 kW je dostatečný s ohledem na časté zastávky a otevírání dveří při daném druhu provozu. Vyšší výkon topení by opět znatelně ovlivnil dojezd.
- vypočtené rozměry baterie jsou podle obr. 12.1 stanoveny pouze z objemu bateriových článků. Ale baterie musí mít i svůj chladicí systém, elektronickou řídící část, obal a nosnou strukturu. Její objem tedy bude větší. Je otázkou, zda na vozidle je dostatek místa pro její navržené umístění. Navíc by bylo vhodné na vnější straně baterií umístit ochranný rám.
- uvažovaná cena elektrické energie 4,34 Kč/kWh je vysoká. Pro tento druh vozidla by bylo možné získat nižší cenu a tím vylepšit jeho ekonomii.

**Formální a jazyková úroveň, rozsah práce** **A - výborně**

*Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.*

Práce je napsána ve slovenském jazyce, přehledně a srozumitelně. K práci je přiložena rozsáhlá příloha se zpracováním naměřených dat v Excelu a s některými dalšími výpočty.
Z formálního hlediska bych na počátku návrhové části uvítal souhrnný přehled požadavků na vozidlo vyplývajících s analýzy pracovního cyklu (max. rychlost, stoupavost, nosnost, dojezd apod.), které jsou jinak rozptýleny v textu.

**Výběr zdrojů, korektnost citací** **C - dobře**

*Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.*

V práci je uvedeno 21 zdrojů informací, na které jsou v textu odkazy. Ne však všechny vstupní hodnoty do výpočtu jsou takto určeny. Chybí např. zdroj údajů o cx a čelní ploše, hmotnostech komponentů pohonu apod.

**Další komentáře a hodnocení**

*Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.*

Určitý problém vidím i v jednoúčelovém pojetí vozidla. Komunální vozidla jsou často používána k více činnostem s různými nástavbami a je otázkou, jaký by to mělo vliv na dimenzování elektrického pohonu. Nicméně zvažování dalších aplikací by již neúměrně zvyšovalo rozsah této práce.

## III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

*Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení.*

Na předložené práci vysoce hodnotím její komplexnost, přehlednost a logický postup řešení od zjištění charakteru provozu, získání a analýzy dat až po zapracování všech důležitých vlivů na návrh elektrického pohonu.
Pokud jde o některé číselné výsledky, mám určité pochybnosti o jejich přesnosti a větší důslednost autora by zde byla na místě.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře.**

Datum: 15.8.2019 Podpis: ing. Josef Morkus, CSc.