

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Odbavovací systém MHD v Mladé Boleslavi
Veronika Veiserová

Bakalářská práce

2013

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Veronika Veiserová**
Osobní číslo: **D10096**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní management, marketing a logistika**
Název tématu: **Odbavovací systém MIID v Mladé Boleslavi**
Zadávatel katedra: **Katedra dopravního managementu, marketingu a logistiky**

Zásady pro vypracování:

Úvod

1. Analýza současného stavu
2. Návrh variant na obměnu nebo zlepšení
3. Vyhodnocení variant

Závěr

UPA054830



Rozsah grafických prací: dle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:
dle pokynů vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Pavel Drdla, Ph.D.
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání bakalářské práce: 30. listopadu 2012
Termín odevzdání bakalářské práce: 31. května 2013

prof. Ing. Bohumír Čížek, CSc.
děkan

L.S.

prof. Ing. Vlastimil Melišek, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 30. listopadu 2012

Prohlašuji:

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

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 20. 11. 2013

Veronika Veiserová

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala panu Jakubu Kašíkovi, který mi poskytl informace o odbavovacím systému a celkově o dopravním podniku v Mladé Boleslavi, panu Tomáši Příhodovi za informace ze společnosti Mikroelektronika spol. s r. o.

Dále děkuji doc. Ing. Pavlu Drdlovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce a poskytování cenných rad při jejím zpracování.

ANOTACE

Práce je věnovaná odbavovacímu systému v MHD. Konkrétně se zabývá hledáním řešení nejvhodnějšího odbavovacího systému MHD v Mladé Boleslavi. Je analyzován současný stav a následně popsány možné varianty řešení, které jsou v poslední kapitole vyhodnoceny pomocí multikriteriální analýzy.

KLÍČOVÁ SLOVA

odbavovací systém, Dopravní podnik Mladá Boleslav, multikriteriální analýza, SMS jízdenky

TITLE

Check-in system of urban public transport in Mladá Boleslav

ANNOTATION

The work is dedicated to check-in system of urban public transport. It is aimed at finding solution of the most suitable check-in system of urban public transport in Mladá Boleslav. The current status is analyzed and then follows the description of possible options of solution which are evaluated by using multi-criteria analyses in the last chapter.

KEYWORDS

check-in system, Dopravní podnik Mladá Boleslav, multi-criteria analysis, SMS tickets

Obsah

Úvod	9
1 Analýza současného stavu.....	10
1.1 Odbavování cestujících hromadné osobní dopravy	10
1.2 Město Mladá Boleslav	12
1.3 Dopravní podnik Mladá Boleslav	14
1.3.1 Vozový park	15
1.3.2 Odbavovací zařízení autobusů.....	16
1.3.3 Odbavovací systém.....	17
1.3.4 Proces odbavení.....	19
1.3.5 Náklady na odbavovací systém	21
1.3.6 Statistiky	22
1.4 Shrnutí analýzy	24
2 Návrh variant na obměnu nebo zlepšení	25
2.1 Odbavovací systémy od firmy Mikroelektronika spol. s r. o.....	25
2.1.1 Představení společnosti	25
2.1.2 Varianta 1	27
2.1.3 Varianta 2	33
2.1.4 Varianta 3	35
2.2 Doplnění stávajícího odbavovacího systému.....	36
2.2.1 Varianta 4	37
2.2.2 Varianta 5 - SMS jízdenky	38
2.3 Ponechání stávajícího odbavovacího systému	40
3 Vyhodnocení variant	41
3.1. Multikriteriální analýza.....	41
3.1.1 Kritéria.....	41
3.1.2 Stanovení hodnotících kritérií	42

3.1.3	Stanovení vah kritérií	43
3.1.4	Výpočet.....	45
3.2	Výsledek multikriteriální analýzy.....	48
Závěr.....		49
Použitá literatura		50
Seznam tabulek		52
Seznam obrázků.....		53

Úvod

Jako téma pro svoji bakalářskou práci jsem si zvolila odbavovací systém MHD v Mladé Boleslavi. V tomto městě jsem během studia asi 2 roky bydlela. Už když jsem poprvé nasedla do autobusu místního MHD, byla jsem překvapena způsobem odbavení cestujících, na který jsem do té doby v žádném jiném městě nenarazila. Zarazily mě především 2 věci, a to nástup pouze předními dveřmi a především hotovostní platba přímo v autobusu pomocí mincovníku bez možnosti vrácení peněz vhozených nad tarifní cenu. Ihned jsem začala přemýšlet nad nevýhodami tohoto systému a snažila jsem se přijít na to, proč asi tento systém odbavení cestujících dopravní podnik zvolil. Zásadní nevýhodou jsem ihned při první jízdě shledala vysokou dobu odbavení při nástupu více lidí. Při každé další jízdě místním MHD jsem nad tímto problémem přemýšlela, až jsem nakonec dospěla k rozhodnutí napsat na toto téma bakalářskou práci.

V této práci se tak snažím přijít na výhody tohoto odbavovacího systému, rozebrat jeho nevýhody a komplexně tento problém popsat pro jeho lepší pochopení. Cílem této bakalářské práce tak je navrhnout řešení na zlepšení situace a zjistit, které z navrhovaných řešení je optimální.

Na začátku první kapitoly je nejprve vysvětlen samotný pojem odbavování cestujících pro lepší orientaci v celé řešené situaci. Dále je popsáno město Mladá Boleslav jako takové, a to z důvodu vlivu na MHD svým charakteristickým rozložením, které způsobuje rozsáhlý závod Škoda auto. Poté se dostávám k samotnému pronikání do řešeného problému. Popisuji vlivy působící na odbavovací systém, fungování systému, jednotlivá zařízení systému a především se snažím vyhodnotit jeho výhody a nevýhody. U druhé kapitoly již navrhuji svoje řešení, která by podle mě mohla být jistým zlepšením oproti současnému stavu. Bohužel některé hodnoty museli být odhadnuty i po konzultacích s odborníky, a tak mohou být oproti skutečnosti zkresleny. Ve třetí kapitole se dostávám k vyhodnocení variant, ke kterému jsem se vzhledem k okolnostem rozhodla použít multikriteriální analýzu, která umožňuje posoudit navrhovaná řešení z různých hledisek. Výsledek multikriteriální analýzy byl pro mě neočekávaný.

1 Analýza současného stavu

V této kapitole bude nejprve osvětlen samotný pojem odbavení cestujících, následně analyzován současný stav z různých pohledů popsány různé skutečnosti ovlivňující tento stav.

1.1 Odbavování cestujících hromadné osobní dopravy

Pod pojmem odbavování cestujících se rozumí činnost, která je nutná pro objednávku přepravy a uzavření dohody o přepravě, zaplacení jízdného a vydání příslušného dokladu – jízdenky. Proces odbavování jednoho cestujícího má několik fází, jejichž vykonání a časový sled jednotlivých úkonů jsou různé podle způsobu odbavení.

Pro všechny způsoby odbavení cestujících platí zásada, že odbavení musí umožnit každému cestujícímu, který použije hromadnou dopravu, aby získal doklad o splnění podmínek na přepravu (doklad o zaplacení jízdného).

Proces odbavení cestujících má 4 fáze:

- **Vyjádření se cestujícího dopravci o záměru uskutečnit konkrétní přepravu za úhradu.** Z právního hlediska jde o řádnou objednávku přepravy. Přepravní řád v pravidelné hromadné osobní dopravě zjednodušuje tento úkon na nejmenší možnou míru. Cestující vyjádří svůj záměr o přepravě přímo nástupem do vozidla zvoleného spoje a linky.
- **Příprava dokladu o dohodnuté přepravě a dokladu o zaplacení jízdného.** V pravidelné hromadné osobní dopravě se tímto dokladem rozumí jízdenka. Jízdenku je možné získat před nástupem do vozidla (zakoupením v prodejním automatu nebo prodejně) nebo v čase nástupu do vozidla (zakoupení u řidiče).
- **Zaplacení jízdného řidiči.** Součástí je předložení peněžního obnosu, kontrola platné částky a vrácení zůstatku. Zaplacení je také možné v předprodeji časového jízdného a jednorázové jízdenky. U jízdenek, které je nutné označit ve vozidle, aby byly pro přepravu platné, je zaplacení jízdného uznané až po označení lístku na předem určeném zařízení. Platit jízdné u řidiče lze i pomocí čipové karty.
- **Vydání jízdenky a jeho kontrola cestujícím.** Vydání jízdenky je realizované řidičem, určeným prodejcem nebo prodejním automatem. U jízdenek označovaných ve vozidle je sloučená fáze zaplacení jízdného a vydání jízdenky

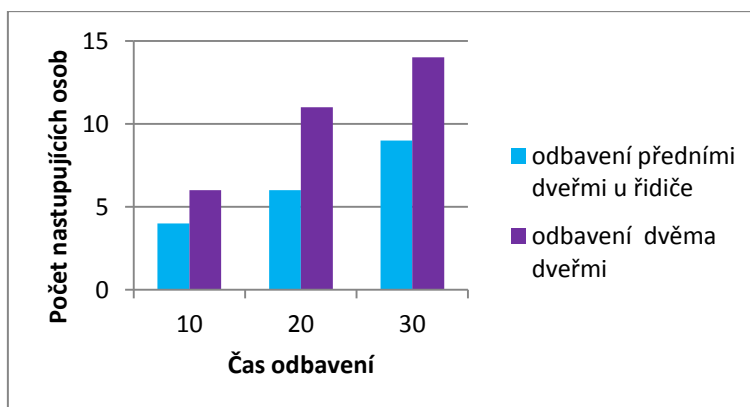
tím, že je lístek označený pro konkrétní přepravu. Tato fáze se však netýká časových jízdenek, u kterých stačí prokázat platnost pro jízdu v daném období.

V hromadné osobní dopravě je možné využít následující způsoby odbavení cestujících:

- placení jízdného u řidiče,
- placení jízdného u průvodčího,
- placení jízdného do vozidlových pokladniček bez vydání jízdenky nebo s vydáním jízdenky,
- placení jízdného pomocí pokladničních automatů, umístěných ve vozidle, který po zaplacení vydá jízdenku,
- prodej časové předplatné jízdenky s vymezením prostoru a času platnosti,
- prodej jednorázových jízdenek mimo vozidla a jeho označení pro konkrétní přepravu ve vozidle,
- prodej jednorázových jízdenek mimo vozidla a jeho označení pro konkrétní přepravu na zastávce před nástupem do vozidla,
- placení jízdného s použitím čipových karet.

V některých městech dopravci v zájmu zvyšování účinnosti kontroly placení jízdného zavádějí nástup cestujících pouze předními dveřmi. Od tohoto opatření se očekává zvýšení tržeb z přepravy osob. Následné zvýšení času pobytu na zastávkách však může vést k prodloužení oběžného času natolik, že se zvýší potřeba počtu vozidel zařazených na linku v oběhu. [1]

Obrázek 1 Závislost způsobu odbavení na počtu nastupujících osob v určeném čase odbavení.



Zdroj: [1]

Z grafu je patrné, že při odbavení dvěma dveřmi je možno odbavit v daném čase více osob než při odbavení pouze předními dveřmi.

1.2 Město Mladá Boleslav

Historikové předpokládají, že hradiště na strategickém bodě u řeky Jizery – budoucí Mladá Boleslav – vzniklo někdy v 10. století, spíše v jeho druhé polovině. Hradiště se rozkládalo na celé ploše dnešního Staroměstského náměstí a do svého obvodu zahrnovalo i část dnešního nového města. V pozdější době se ale plocha zmenšila a na jižním, terénně nejlépe chráněném místě ostrožny vznikl raně středověký hrad. Přemyslovský hrad se stal centrem rozsáhlého správního celku Boleslavského kraje. První věrohodná zpráva se zachovala z roku 1130. Pod hradem, podél potoku Klenice se místě zvaném Podolec, se rozrůstalo hospodářské zázemí hradu. Kupecká a řemeslnická osada ležela na výhodném místě, neboť tudy procházela obchodní cesta směřující z Prahy na sever a boleslavské podhradí bylo místem, kde se křížila s dalšími kupeckými stezkami. Někdy ve 13. století zřejmě osídlení pod hradem nabylo městského charakteru. Konaly se zde pravidelné týdenní trhy a trhovářská osada postupně získala některá městská práva a správní a řemeslnické zřízení.[2]

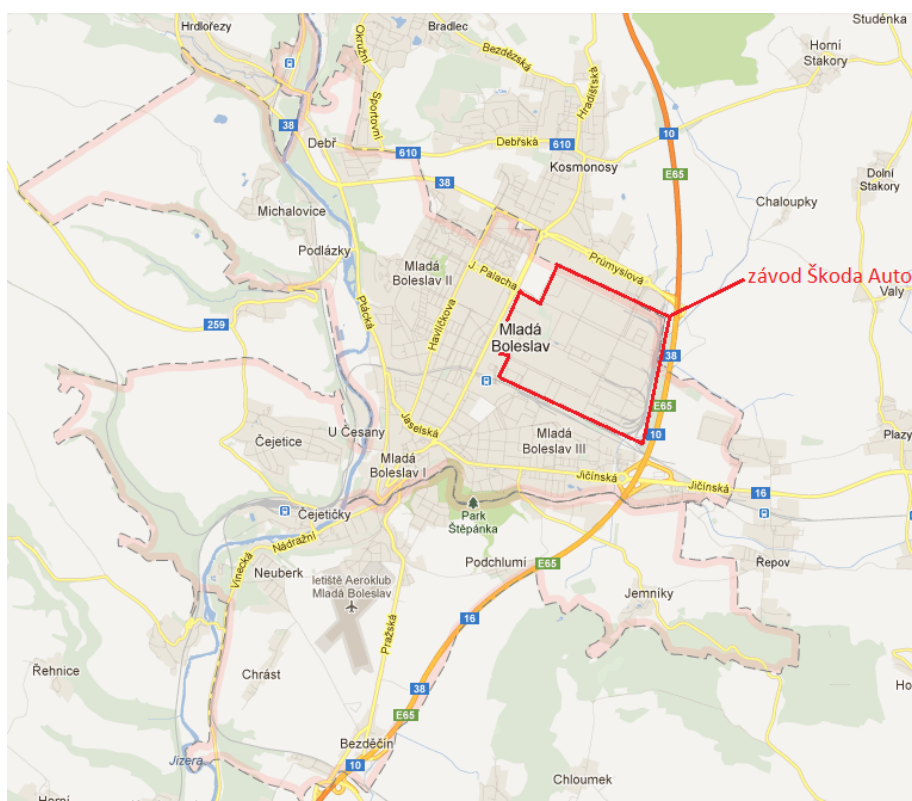
Po bojích o hrad ve 12. století byl nakonec hrad vypálen a zničen, a stejně dopadla i trhovářská osada na Podolci. Hrad nebyl obnoven, zpustl a v rozvalinách ležel po několik desetiletí. Město se ve 14. století rozvíjelo velmi pomalu, počet obyvatel nepřesahoval několik stovek lidí. Naprostá většina staveb ve městě byla dřevěná a město se stále nemohlo vymanit z řemeslnicko-zemědělské úrovně. Od konce 15. století do počátku 17. století bylo město významným centrem Jednoty bratrské. To se příznivě projevilo ve školství, architektuře i úrovni společenského života. Rozvoj města zajistil v pozdější době i Jindřich z Michalovic, zvaný Kruhlata. Po jeho smrti skončila středověká epocha tehdy zvaného města Boleslava Mladého nad Jizerou. [2, 3]

„Velký význam pro další rozvoj města měly v 19. století stavby železnice, silnice a výstavba továrny Laurin & Klement, která vyráběla nejdříve jízdní kola a motocykly a v roce 1905 vyrobila i svůj první automobil. V roce 1925 se stala součástí Škodových závodů a dnes je významnou částí koncernu Volkswagen. Právě historie i současnost automobilky významně přispěly k proslulosti města i za hranicemi České republiky.“ [3]

Dnešní město se rozkládá na území velkém téměř 30 km², má 13 městských částí a počet obyvatel s trvalým bydlištěm je cca 45 tisíc. Významným prvkem Mladé Boleslavi je závod Škoda Auto a. s., který se výrazným způsobem podílí na rozložení města, počtu obyvatel (cizinci zde pracující, ale bez trvalého bydliště ve městě) a v neposlední řadě působí v dopravě.

Na následujícím obrázku je přehledně znázorněné katastrální území města s ohledem na rozlohu závodu Škoda Auto.

Obrázek 2 Území města Mladá Boleslav



Zdroj: www.maps.google.com, autor

Škoda Auto má kromě závodu, který zabírá největší plochu, ještě mnoho dalších budov, které jsou rozmístěné po Mladé Boleslavi. Významnou součástí je vývojové centrum firmy (Česana). Dalo by se tak říci, že Škoda Auto zabírá téměř polovinu zastavěné plochy města.

1.3 Dopravní podnik Mladá Boleslav

Dopravní podnik Mladá Boleslav, s. r. o. byl založen v roce 1997 se sídlem Václava Klementa 143/II, Mladá Boleslav. Jediným společníkem bylo a je město Mladá Boleslav. Toho roku společnost zahájila pravidelný provoz městské hromadné dopravy na 12 autobusových linkách. Společnost kromě centra Mladé Boleslavi obsluhovala i příměstské části. Doprava byla zahájena se 14 novými nízkopodlažními autobusy Škoda a 2 náhradními vozy značky Karosa.

V roce 2003 proběhly výrazné změny městské dopravy. Jízdní řády prošly určitými grafickými změnami. Byl propracován a vytvořen systém uvádění možných variant přestupů v knižních jízdních řádech. Do systému přibylo několik nových linek, které doplňovaly dopravní obslužnost vybraných míst ve městě. Výrazně se zlepšila víkendová dopravní obslužnost. V této době bylo v provozu 24 linek, které obsluhovaly 91 zastávek. Vozový park v té době čítal 18 autobusů Škoda a 3 vozy značky Karosa. V tomto roce byla provedena i zásadní modernizace odbavovacího zařízení společností EM Test ČR, a. s.

Nejvýraznější změnou v roce 2007 bylo zahájení provozu na novém moderním autobusovém nádraží. V roce 2008 vydal Magistrát města MB pokyn, dle kterého jezdí městskou dopravou zdarma tyto kategorie občanů: děti od 6 do 15 let věku na základě průkazky vydané Magistrátem, důchodci nad 70 let věku po předložení občanského průkazu, rodiče na mateřské dovolené, dárci krve. Toto opatření snížilo roční tržby o 5 588 tis. Kč. V roce 2011 byl do 5 autobusů pořízen kamerový systém.

Společnost v současné době provozuje 23 linek, které obsluhují 115 zastávek. Kromě provozování městské hromadné dopravy se podnik zabývá reklamní a propagační činností, opravami motorových vozidel, provozováním odstavných ploch, zprostředkovatelskou činností a realitní činností.

K 31. 4. 2012 bylo zaměstnáno celkem 67 osob, z toho 56 řidičů, 3 lidé v infocentru, účetní, ekonom, provozní náměstek - referent provozu, asistentka ředitele - referent provozu, ředitel, 2 dispečeri a technik.

Prioritním úkolem podniku pro následující období je pokračovat ve stabilizaci technického stavu stávajících autobusů a snaha o další obnovu vozového parku. [4]

1.3.1 Vozový park

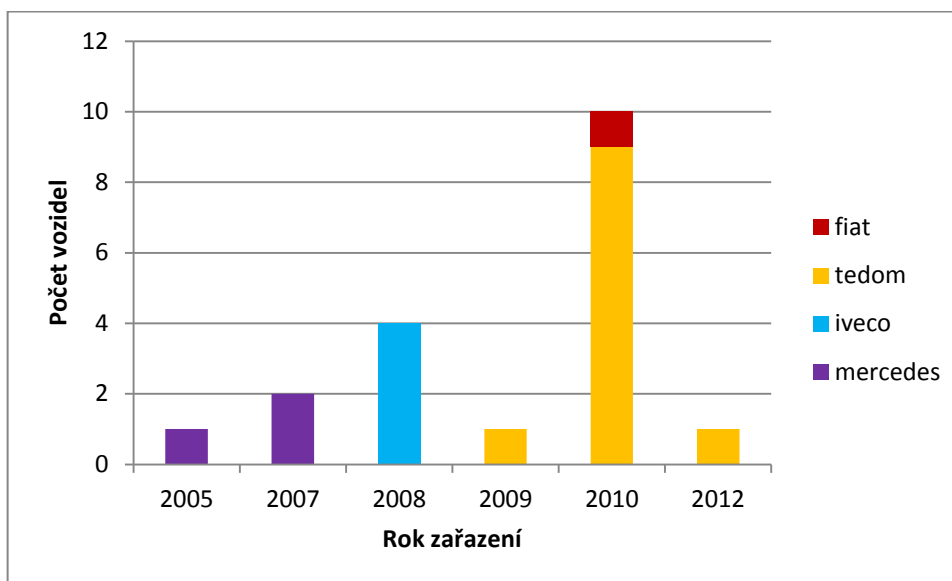
Dopravní podnik města Mladá Boleslav má v dlouhodobém majetku zapsáno celkem 19 autobusů, z toho 11 autobusů TEDOM, 4 autobusy Iveco, 3 autobusy Mercedes a 1 minibus FIAT.

Nejstarší autobusy jsou značky Mercedes. 1 vůz z roku 2005 je evidován v pořizovací hodnotě 1 271 750 Kč (zbytek kupní ceny byl hrazen z dotace od Ministerstva dopravy). 2 vozy značky Mercedes z roku 2007 byly také částečně hrazeny z dotací (6 000 000 Kč od Statutárního města MB a 2 300 000 Kč od Ministerstva dopravy). Zbytek pořizovací ceny zapsané v evidenci, který činil 1 430 800 Kč za 1 autobus, byl kryt poskytnutým úvěrem od Komerční banky. Celkem tak jeden autobus Mercedes stál 5 580 000 Kč. V roce 2008 byly pořízeny 4 autobusy značky Iveco. Jeden tento autobus stál 4 009 400 Kč. Na tyto autobusy byla poskytnuta dotace od Magistrátu města Mladá Boleslav v celkové hodnotě 16 mil. Kč. Zbytek kupní ceny, 9 400 Kč, hradil samotný podnik.

V letech 2009, 2010 a 2012 pak byly pořízeny autobusy značky TEDOM. Autobus TEDOM ISC 5766 pořízený v roce 2009 je evidován s pořizovací hodnotou 3 516 800 Kč. V roce 2010 byla poskytnuta dotace na 6 autobusů značky TEDOM, o niž se snížila pořizovací hodnota v evidenci dlouhodobého majetku na hodnotu 30 123 Kč u pěti autobusů a na hodnotu 42 323 Kč u jednoho autobusu. Celkově na těchto 7 autobusů byla poskytnuta dotace 28,5 mil. Kč od Ministerstva dopravy ČR, města Mladá Boleslav i z evropských fondů. Zbylé 3 autobusy TEDOM pořízené v roce 2010, na které nebyla poskytnuta dotace, jsou evidovány v pořizovací hodnotě 5 305 216 Kč. Tyto autobusy byly financovány formou splátkového prodeje na 60 měsíců. Nejnovější autobus TEDOM byl zakoupený v roce 2012 v pořizovací hodnotě 4 799 398 Kč. Jediný minibus značky FIAT, který jednotka eviduje, byl zakoupen na splátky v roce 2010 a zařazen v pořizovací hodnotě 4 529 850 Kč. [4]

V následujícím grafu je přehledně znázorněno složení vozového parku s rokem zařazení jednotlivých vozidel do evidence.

Obrázek 3 Vozový park



Zdroj: [4]

Kromě již zmíněných autobusů využívá společnost ještě dalších 10 autobusů, které však nemá ve své evidenci.

Všechny vozy společnosti jsou vybaveny informačními technologiemi, jako je vnější digitální panel, hlásič zastávek, zobrazovač času, a vnitřní panel, který informuje cestující o následujících zastávkách spoje. Většina vozů je také vybavena lokalizačním systémem GPS pro sledování polohy vozidla.

1.3.2 Odbavovací zařízení autobusů

Do vozů pořízených před rokem 2009, tj. autobusů Mercedes a Iveco, byla odbavovací zařízení montována až po dodání autobusů. Většina těchto starších odbavovacích zařízení (viz Obrázek 4) je evidována v pořizovací hodnotě 40 724 Kč (z roku 2003), dvě zařízení z roku 2005 mají však pořizovací hodnotu výrazně vyšší, a to 74 050 Kč. U novějších autobusů, tj. značky TEDOM, se vybraná odbavovací zařízení instalovala v rámci koupě těchto autobusů. Jejich pořizovací hodnotu tedy nelze vyčíst z evidence dlouhodobého majetku, jelikož je součástí pořizovací ceny daných autobusů. [4]

Obrázek 4 Starší typ odbavovacího systému



Zdroj: [4]

Dle názoru většiny zaměstnanců je rozdíl mezi novějším a starším typem odbavovacího zařízení, co se týče užívání, především ve způsobu ovládání. U starších typů se zařízení ovládalo pomocí tlačítek, zatímco u novějších je již použita moderní dotyková technologie.

1.3.3 Odbavovací systém

Dopravní podnik Mladá Boleslav má odbavovací systém zakoupen od firmy EM TEST ČR spol. s r. o., která sídlí ve Vsetíně a je dceřinou společností firmy EM TEST, a. s. se sídlem v Žilině.

Mezi hlavní komponenty odbavovacího systému MHD v Mladé Boleslavi patří:

- centrální počítač vozidla EM 126iK (viz Obrázek 5),
- tiskárna s displejem a čtečka čipových karet EM 316i (viz Obrázek 5),
- mincovník EM 316CM - čteně držáku a trezoru (viz Obrázek 6).

Centrální počítač vozidla EM 126i K se používá jako řídicí jednotka odbavovacího systému pro pravidelnou linkovou dopravu i městskou hromadnou dopravu. Zařízení je vybaveno velkým přehledným plně grafickým displejem a ovládacím panelem s klávesnicí pro snadnou a rychlou obsluhu. V kombinaci s odbavovacím terminálem (tiskárnou se čtečkou čipových karet) zajišťuje hotovostní prodej jízdenek v MHD. [5]

Obrázek 5 Centrální počítač vozidla, termotiskárna a čtečka čipových karet s displejem



Zdroj: [4]

Funkce centrálního počítače:

- zabezpečuje řízení jednotlivých zařízení odbavovacího systému vozidla (čtečky bezkontaktních čipových karet, tiskárny) včetně signalizace poruch či blokace zařízení,
- zajišťuje snadné ovládání komponentů vozidlového informačního systému (vnější a vnitřní informační panely, zobrazovače času, digitální hlásiče zastávek, ...),
- poskytuje informace řidiči o lince, spoji a zastávkách, dodržování jízdního řádu (zpoždění resp. předčasný odjezd),
- realizuje obousměrnou komunikaci odbavovacího systému vozidla s řídicím systémem dopravce. [5]

Termotiskárna s řezačkou je určena k tisku jízdenek. Díky svým parametrům dokáže potisknout až 20 cm papíru za sekundu, což urychluje odbavení cestujících. Použitý papír s návinem kotoučku až 124 m zabezpečuje dostatečně dlouhý provoz bez časté výměny papíru. Tiskárna je v provedení se šířkou kotoučku 58 mm. Zařízení je doplněno čtečkou bezkontaktních čipových karet a informačním grafickým displejem, na kterém se zobrazují všechny důležité údaje pro cestující a volí se typ jízdného (plné vs. poloviční). [5]

Mincovník v autobusech pouze přijímá mince, nazpět je ale nevydává. Tato skutečnost staví do nepříjemné situace především návštěvníky města, kteří místní systém neznají a očekávají od zařízení podobnou funkci, jako mají běžné mincovní automaty přizpůsobené k navrácení rozdílové částky. Za rok 2012 činil tento přeplatek na jízdném 488 tisíc.

Obrázek 6 Mincovník



Zdroj: [4]

1.3.4 Proces odbavení

Nejjednodušší proces odbavení je u cestujících, kteří cestují MHD v Mladé Boleslav zdarma. Jedná se o mladistvé do 15 let (na základě zvláštní průkazky vydané Statutárním městem Mladá Boleslav), osoby na mateřské a rodičovské dovolené včetně kočárku (na základě zvláštní průkazky vydané Statutárním městem Mladá Boleslav), důchodce nad 70 let na základě občanského průkazu, dárce krve (držitele Jánské plakety). Odbavení těchto cestujících probíhá pouhým prokázáním se řidiči autobusu pomocí průkazky či občanského průkazu (u důchodců nad 70 let). Tím potvrdí své právo na bezplatnou jízdu a jejich odbavení je ukončeno.

Dalším způsobem odbavení je hotovostní odbavení. Pro tento způsob odbavení je nutné nastoupit předními dveřmi (přepravní podmínky přímo udávají povinnost všem cestujícím nastupovat pouze předními dveřmi s výjimkou kočárků a invalidů, pro které slouží prostřední dveře). Cestující je dále povinen vhodit do automatu mince v hodnotě stanoveného tarifu (do mincovníku je možné vhodit mince v hodnotě 1, 2, 5, 10 a 20 Kč). Je možné vhodit i částku vyšší, mincovník ale nevrací. Vhazování vyšší hodnoty se vyplatí pouze při hromadném odbavení, kdy se tak odbavení může zrychlit. Po vhození mincí cestující zmačkne

symbol jízdného dle tarifu (pro plné jízdné 15 Kč či poloviční jízdné 8 Kč) a odebere jízdenku z fototiskárny, kterou je povinen si uschovat. Odbavení tímto končí a cestující je povinen postoupit dále do vozu. Cestující, který používá hotovostní odbavení, nemá nárok na bezplatný přestup do 45 minut.

Posledním a nejpoužívanějším způsobem odbavení je bezkontaktní odbavení pomocí čipové karty (viz Obrázek 7). Odbavení tímto způsobem začíná už u nákupu čipových karet. Čipová karta se kupuje a aktivuje v Informačním středisku Dopravního podniku Mladá Boleslav, na autobusovém stanovišti. Pro zřízení karty je nutné předložit občanský průkaz (popřípadě doklad totožnosti zákonného zástupce), u důchodců nad 60 let pak také doklad o starobním důchodovém výměru, u studentů dále potvrzení denního studia pro daný školní rok. Čipová karta je poté vystavena za úplaty 120 Kč. Cestující si pak podle svého uvážení může aktivovat kartu jako elektronickou peněženku nebo jako kartu pro časové jízdné. Jízdné hrazené z elektronické peněženky je oproti jízdnému hrazenému hotovostně zvýhodněné. Časové jízdné lze předplatit na týden (pouze u studentských jízdenek), měsíc či čtvrtletí (pouze u občanských jízdenek) a to buď jen pro pracovní dny, nebo bez omezení. Má-li cestující kartu aktivní, může ji začít užívat. Nástup je opět možný pouze předními dveřmi, kde je cestující povinen přiložit čipovou kartu ke čtečce, která je součástí odbavovacího zařízení ve všech autobusech. Poté odebere jízdenku a postupuje dále do vozu. Pokud chce majitel čipové karty zaplatit jízdu ze své karty jinému cestujícímu (pouze u elektronické peněženky), případně odbavit zavazadlo, odbaví nejdříve sebe, poté zmačkne příslušné tlačítko na odbavovacím automatu a opět přiloží kartu. Cestující, který vlastní čipovou kartu s aktivací elektronické peněženky, má možnost do 45 minut od prvního nástupu do autobusu využít přestup na další linky MHD v Mladé Boleslavi. Vždy ale musí kartu přiložit a odebrat jízdenku.

Průměrná doba odbavení jednoho cestujícího se bez ohledu na odbavení pohybuje okolo 5 sekund. Nejméně času zabere odbavení cestujících s nárokem na jízdu zdarma (cca 3 sekundy), nejbližší průměru je odbavení pomocí čipové karty (cca 4,5 sekundy) a nejdelší odbavení je způsobem platby v hotovosti (cca 8 sekund). Jelikož je nástup možný pouze předními dveřmi, je v daný čas odbavován pouze jeden cestující. Při větším počtu cestujících se tedy časy sčítají. Pro účely multikriteriální analýzy je stanoveno kritérium času odbavení pro 9 osob. V tomto případě je tedy hodnota času odbavení rovna $5 \cdot 9$, a to je 45 sekund.

Obrázek 7 Čipová karta



Zdroj: [4]

1.3.5 Náklady na odbavovací systém

Průměrné pořizovací náklady na současné odbavovací zařízení, pořízené v letech 2003 až 2006, byly 43 913 Kč. V těchto nákladech je zahrnuta samotná cena pořízení a náklady spojené s pořízením, do kterých je možné zahrnout např. dopravu a montáž zařízení do autobusů.

Provozní náklady na současný odbavovací systém od firmy EM TEST jsou minimální. Mezi fixní náklady je možné zahrnout pouze pravidelnou kontrolu funkčnosti zařízení, kterou provádí podnikový technik. Jelikož tato činnost ale není jedinou náplní jeho práce, za kterou pobírá mzdu, nelze tyto náklady konkrétně vyčíslit. Variabilními náklady jsou zde náklady na thermokotoučky do fototiskáren a případná údržba zařízení, kterou ale neprovádí firemní technik. Na kotoučky se tisknou jak jízdenky placené hotově, tak jízdenky placené přes čipovou kartu. Spotřeba kotoučků proto závisí na počtu cestujících, kteří platí hotově nebo kartou. Za rok 2012 zaplatil dopravní podnik za kotoučky od firmy EPOS spol. s r. o. celkem 44 851 Kč. Při délce nakupovaných kotoučků 115 m, ceně za jeden kotouček 36,40 Kč a délce jedné jízdenky 3,5 cm, vychází náklady na jednu jízdenku 0,01 Kč. V případě údržby, kterou neprovádí podnikový technik, jsou náklady závislé na poruchovosti odbavovacího zařízení. Podle technika k těmto situacím dochází asi dvakrát do měsíce a náklady na opravu se pohybují okolo 300 Kč. Měsíční provozní náklady tedy dělají orientačně 4 500 Kč. [4]

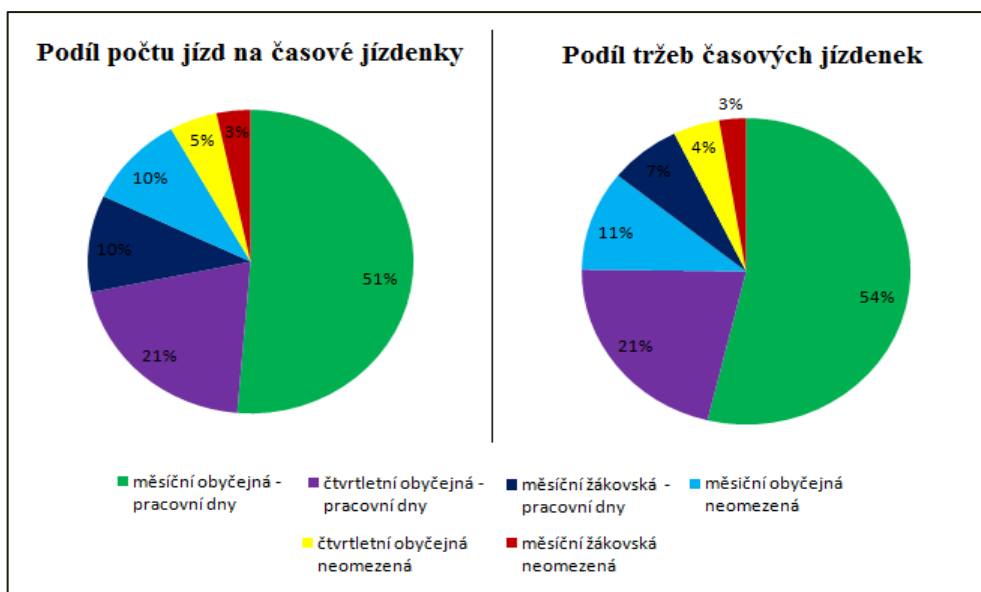
1.3.6 Statistiky

Čipové karty

K 11. 1. 2013 dopravní podnik eviduje celkem 18 917 platných čipových karet, z toho je jich 12 263 aktivních (64,8%) a 6 654 neaktivních (35,2%). Za rok 2012 bylo prodáno 1 492 ks nových čipových karet. To je téměř stejně, jako za rok 2011 kdy bylo prodáno 1 481 kusů. Nejvyužívanější formou čipové karty je elektronická peněženka, která byla za rok 2012 využita celkem při 1 420 890 jízd, průměrně na kartu s elektronickou peněženkou bylo vloženo 210 Kč. Následujícím nejvyužívanějším způsobem využití čipové karty je měsíční obyčejná jízdenka na pracovní dny, která byla použita pro 129 030 jízd. Nejméně se v roce 2012 využívala forma časové jízdenky týdenní žakovská neomezená, která byla použita pouze 61 krát. [4]

Následující dvojice grafů porovnává podíl počtu jízd na časové jízdenky s podílem tržeb časových jízdenek za rok 2012. Počet jízd i tržby plynoucí z týdenní žakovské neomezené jsou vůči ostatním časovým jízdenkám zanedbatelné, proto nejsou v grafu ani zaznamenány (hodnota jejich podílu by byla 0). Např. 51% počet jízd na měsíční obyčejnou na pracovní týdny představoval 54 % tržeb na časových jízdenkách. Největší koeficient výnosnosti, spočítaný podle vztahu $\gamma = \frac{\text{podíl tržeb}}{\text{podíl počtu jízd}}$, má jízdenka měsíční obyčejná neomezená, a to 1,1.

Obrázek 8 Porovnání podílů počtu jízd a tržeb časových jízdenek za rok 2012



Zdroj: [4]; autor

Čipové karty, které vydává Dopravní podnik města Mladá Boleslav, jsou uznávány k bezplatné úhradě jízdného také u společností Bus Line a. s.; ČSAD Liberec, a.s.; ČSAD Česká Lípa, a. s.; a Transcentrum bus, s. r. o. Mladá Boleslav. [4]

V následující tabulce je přehled použití karet zúčastněným společnostmi. Emitentem je Dopravní podnik Mladá Boleslav. Dobíjení karet uvedených společností u emitenta pro něj představuje závazek vůči konkrétní společnosti, která kartu vydala. Platba kartami daných společností u emitenta pro něj představuje pohledávku vůči konkrétní společnosti, která kartu vydala. Dobíjení karet emitenta u zmíněných společností představují pro Dopravní podnik Mladá Boleslav pohledávku vůči konkrétní společnosti, u které došlo k dobytí karty. Platba kartou emitenta u uvedených společností představuje pro emitenta závazek vůči konkrétní společnosti, u které byla karta použita. Výsledný součet poté ukazuje, zda má Dopravní podnik města Mladá Boleslav vůči konkrétní společnosti závazek či pohledávku a celkově zda je saldo aktivní nebo pasivní.

Tabulka 1 Aktivní saldo

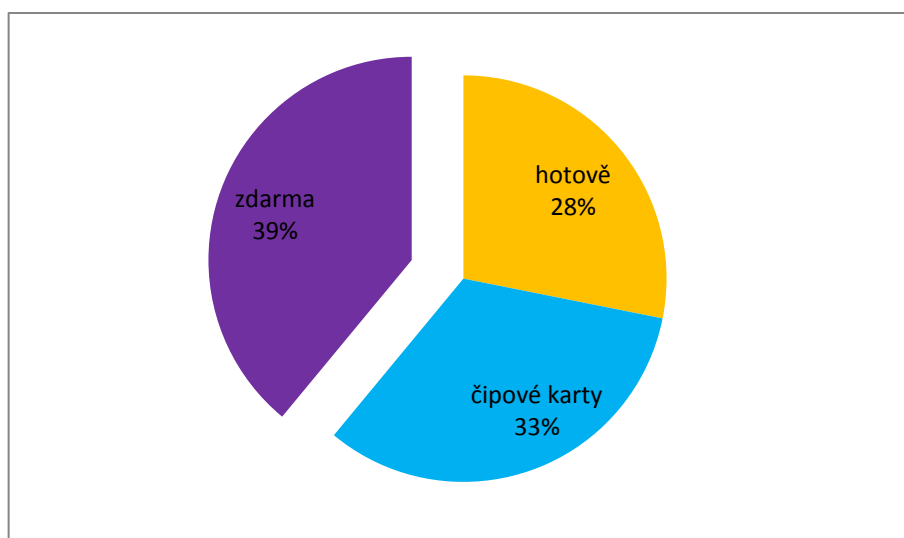
Společnost	Použití karet uvedených společností u emitenta [Kč]				Použití karet emitenta u uvedených společností [Kč]				Výsledný součet [Kč]
	dobíjení (-)		platba (+)		dobíjení (+)		platba (-)		
	počet	suma	počet	suma	počet	suma	počet	suma	
ČSAD Liberec, a. s.	0	0	2	13	6	1 700	114	3 485	-1 772
Bus Line a. s.	0	0	39	481	104	28 470	819	39 552	-10 601
Transcentrum bus, s. r. o.	192	50 864	6 359	73 001	1 700	401 870	6 428	153 495	270 511
ČSAD Česká Lípa, a. s.	0	0	13	169	0	0	0	0	169
	192	50 864	6 413	73 664	1 810	432 040	7 361	196 532	258 307

Zdroj: [4]; autor

Počty cestujících

V roce 2012 bylo na všech linkách MHD přepraveno dohromady 2 975 621 platících osob (hotově nebo čipovou kartou). Pro placení jízdného byla v roce 2012 využita v 59 % čipová karta. Zbytek jízdenek, tj. 1 221 279, bylo hrazeno hotovostně. Průzkumem bylo zjištěno, že cca 39 % cestujících jezdí zdarma. Není ale znám přesný počet, jelikož se cestující prokazují pouze průkazkami nebo občanskými průkazy. Jejich jízda se tak nemá jak zaznamenat. Lze ji ale dopočítat k počtu platících osob. Počítá-li se s 39 % cestujících zdarma, činil jejich počet celkem 1 902 446. Za rok 2012 bylo zakoupeno 75 % lístků za plné jízdné a 25 % za poloviční jízdné. Lze tak vyčíslit teoretickou ztrátu na jízdném na 25 207 406 Kč. Potenciální zisk by tak byl o 77 % vyšší než dosavadní.

Obrázek 9 Podíl způsobu odbavení cestujících



Zdroj: [4]; autor

1.4 Shrnutí analýzy

Nevýhoda současného odbavovacího systému je zřejmá. Je jí vysoká doba odbavení, a to především při vyšším počtu cestujících. Další, ne tak zjevnou nevýhodou, je fakt, že veškerá zařízení jsou již několik let v provozu, a není zcela jisté, jaká je jejich současná doba životnosti. Jednoznačnou výhodou oproti ostatním řešením pak budou nulové pořizovací náklady i poměrně nízké provozní náklady, ve kterých se nemusí počítat s náklady na revizora. Důležitou výhodou pro dopravní podnik je také skutečnost, že při nástupu pouze předními dveřmi dochází k malé pravděpodobnosti jízdy cestujících načerno.

2 Návrh variant na obměnu nebo zlepšení

V této kapitole budou popsány možné návrhy variant na obměnu nebo zlepšení, z nichž pak bude vybrána nejvhodnější varianta pro Dopravní podnik Mladá Boleslav.

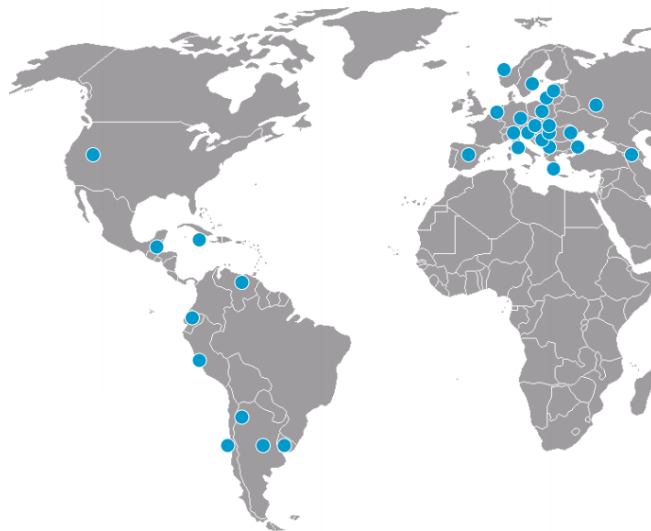
2.1 Odbavovací systémy od firmy Mikroelektronika spol. s r. o.

Tato kapitola bude popisovat především navrhované varianty na obměnu systému, ale také firmu Mikroelektronika spol. s r. o. jako takovou.

2.1.1 Představení společnosti

„Mikroelektronika je vedoucí českou společností v oblasti automatizovaných odbavovacích systémů ve veřejné přepravě osob. Byla založena dne 1. srpna 1991 a za dobu své existence si vydobyla pevné postavení na domácím trhu, se zvyšujícím se podílem zahraničních projektů. Zařízení se značkou Mikroelektroniky denně odbaví téměř 30 milionů cestujících v bezmála 30 zemích po celém světě, především v Evropě a Jižní Americe.“ [6]

Obrázek 10 Země působení společnosti Mikroelektronika



Zdroj: [7]

Kromě vývoje a výroby systémů pro odbavení cestujících v hromadné veřejné dopravě se společnost zabývá i zakázkovou výrobou elektroniky pro průmysl. Firma svým zákazníkům nabízí řešení na míru dle jejich potřeb, od dodávek jednotlivých zařízení až po dodávky kompletních a zcela automatizovaných integrovaných odbavovacích systémů.

Společnost zaručuje vynikající kvalitu vlastně vyrobených produktů i služeb díky jejich silnému týmu vývoje a technologicky vyspělé výrobě. [6]

Mezi produkty, které nabízejí, patří:

- software pro komplexní správu odbavovacích systémů
- terminály pro bezkontaktní karty
- elektronické znehodnocovače papírových jízdenek
- palubní počítače
- zařízení na výdej jízdenek
- automaty na výdej jízdenek (stacionární i mobilní)
- informační terminály
- čtečky čipových karet
- zobrazovače času a pásma
- zařízení pro přenos provozních dat
- systémy Park & Ride [6]

Jelikož stávající odbavovací systém v Mladé Boleslavi spočívá v odbavení cestujících pouze předními dveřmi, budou se následující podkapitoly zabývat variantami pro odbavení cestujících všemi dveřmi. Následující varianty dále počítají se skutečností, že bude zachován nynější informační systém od firmy JKZ spol. s r. o. a bude realizována výměna čipových karet za nové modernější, kterou podnik zamýšlí i bez ohledu na výměnu odbavovacího systému. Bylo by možné zachovat i palubní počítač se softwarem za podmínky, že by firma EM TEST byla ochotná spolupracovat a předala potřebné protokoly. Nicméně tato varianta se zamítá ze dvou důvodů popsaných zaměstnancem firmy Mikroelektronika:

- a) nestává se, že by firma byla ochotna předat potřebné protokoly pro synchronizaci všech zařízení odbavovacího systému,
- b) synchronizace stávajícího softwaru s novým zařízením by mohla být ve výsledku nákladnější než pořízení nového softwaru od firmy dodávající nové odbavovací zařízení.

Součástí následujících třech variant je také doplňkový prodej u řidiče, který by probíhal jednoduchým procesem, kdy řidič vystaví papírovou jízdenku přes centrální počítač

za tarifní cenu a obdržené peníze od cestujícího vkládá do kasy. Tento proces však může zvyšovat riziko krádeže ze strany řidiče. Po konzultaci bylo toto riziko stanoveno na 10%.

Společnost dále uvedla, že při odbavení cestujících všemi dveřmi dochází podle průzkumů k 10 – 20 % jízd cestujících načerno. Pro účely výpočtu v poslední kapitole je brán průměr, tedy 15 %.

Doba odbavení pro následující 3 varianty bude shodná, jelikož se u všech třech případech jedná o odbavovací systém s nástupem všemi dveřmi, konkrétně třemi. Oproti nástupu jedněmi dveřmi tedy bude rychlost odbavení cestujících 3x rychlejší. Doba odbavení 9 cestujících tak bude v ideálním případě (do každých dveří 3 cestující a stejně rychle) 15 s.

2.1.2 Varianta 1

Komponenty odbavovacího systému varianty 1:

- Označovač jízdenek - NJ 24C
- Terminál pro bezkontaktní karty - CAMEL
- Čtečka revizora
- Automaty na výdej jízdenek - AVJ G
- Palubní počítač a zařízení na výdej jízdenek - Synergy Compact

Označovač jízdenek NJ 24C

Označovač jízdenek je rychlý a osvědčený způsob odbavování cestujících pomocí papírových jízdenek. Společnost Mikroelektronika nabízí elektronické označovače s masivní hliníkovou uzamykatelnou skříní s moderním designem, se snadnou manipulací i obsluhou. Papírové jízdenky se označují příčně, rychlou 9 jehličkovou tiskárnou. Dle požadavků lze označovat jízdenky libovolnými znaky o výšce 3,2 mm, později je možné znaky jednoduše změnit. Zařízení umožňuje optickou a akustickou signalizaci při správném označení jízdenky. Je vybaveno snímači, které zamezují dvojímu označení bez vyjmutí jízdenky a signalizací při ponechání jízdenky uvnitř zařízení. Je možné ho dálkově zablokovat, aby neoznačovalo jízdenky v době přepravní kontroly. Lze ho vybavit čtyřmístným displejem pro zobrazení aktuálního času. Konstrukční řešení umožňuje rychlou a snadnou instalaci pomocí rychlo-upínacího držáku. [8]

Obrázek 11 Označovač jízdenek NJ 24C



Zdroj: [8]

Moderní design zařízení získal ocenění Design centrem České republiky udělením značky *DOBRÝ DESIGN 95a* cenou za vynikající design na mezinárodní výstavě designu v Hannoveru. [8]

Terminál pro bezkontaktní karty – CAMEL

Zařízení je určeno pro odbavení cestujících v MHD výhradně pomocí bezkontaktních čipových karet. Provedení je masivní a mechanicky odolné. Moderní design zařízení je přizpůsoben náročným ergonomickým požadavkům pro zástavbu ve vozidlech MHD. Konstrukční řešení umožňuje rychlou a snadnou instalaci pomocí rychlo-upínacího držáku. Cestující může zařízení ovládat pomocí bezkontaktní dotykové obrazovky pomocí bezkontaktní klávesnice nebo pomocí kapacitních tlačítek. Platnost provedené transakce je signalizována prostřednictvím dvou světelných symbolů a zvukovým signálem. Výkonný procesor a velký paměťový prostor zajišťují rychlé a bezpečné zpracování dat. [8]

Obrázek 12 Terminál pro bezkontaktní karty Camel



Zdroj: [8]

Čtečka revizora

Ruční čtečka bezkontaktních čipových karet provádí kontrolu dat nahraných na kartě, kontrolu záznamů o přiložení k odbavovacím terminálům. Dostatečně velká paměť pro záznam provedených kontrol a kapacita akumulátoru zajišťují dlouhou provozní dobu. [8]

Obrázek 13 Čtečka revizora od firmy Mikroelektronika



Zdroj: [8]

Automaty na výdej jízdenek - AVJ G

Automat na výdej jízdenek řady AVJ G je univerzální automat řízený výkonnou mikroprocesorovou jednotkou. Má nerezovou robustní skříň s antigrafiti povrchovou úpravou a vysokou odolností proti poškození a neoprávněné manipulaci. Uzamykání je trezorového typu s bezpečnostním zámkem chráněným proti odvrtání. Všechny mechanické díly tohoto zařízení jsou vyrobeny z nerezového plechu. Automatické uzavírání vhozu mincí s přepouštěcí komorou umožňuje vhození pouze jedné mince a zabraňuje přímému přístupu k hlavici mincovníku. Elektronická kontrola pomocí optických čidel umístěných v přepouštěcí komoře zabezpečuje vysokou ochranu před neoprávněným vniknutím. Kontrastní displej s podsvícením, který slouží ke komunikaci s uživatelem, je chráněn odolným čirým materiálem (Lexan®). U displeje jsou umístěny tři LED diody různé barvy, které signalizují provozní stav automatu. Pokladna je řešena jako výměnná. Proti vyjmutí je zajištěna mechanickým zámkem a elektronicky ovládanou závorou. [8]

Obrázek 14 Automaty na výdej jízdenek AVJ G



Zdroj: [8]

Palubní počítač a zařízení na výdej jízdenek - Synergy Compact

Synergy Compact je univerzální zařízení integrující funkce palubního počítače, vydávání jízdenek, terminálu cestujícího a zařízení pro přenos provozních dat. Slouží pro odbavení cestujících v hotovosti i pomocí bezkontaktních čipových karet. Umožňuje řídit odbavovací, informační a další zařízení ve vozidle. Plastový kryt tohoto zařízení je ergonomicky tvarovaný a odolný proti polití. Pro přehlednou komunikaci slouží barevné displeje vybavené automatickou regulací jasu v závislosti na okolním osvětlení. Zařízení je ovládáno pomocí podsvětlené, vodě odolné silikonové klávesnice s 52 tlačítky. Z toho 20 takzvaných softkeys. Mechanická odezva zvyšuje přesnost při manipulaci. Variantně může být zařízení ovládáno pomocí dotykového displeje. Pod uzamykatelným krytem je umístěna rychlá termotiskárna s ořezávačem, s rychlostí tisku 150 mm za sekundu. Čtečka může být dle potřeby umístěna buď na boku, nebo v horní části zařízení. Součástí zařízení jsou přehrávač audio souborů různých formátů, včetně mp3, a výkonný zesilovač, které zajišťují ozvučení vnitřku vozu i vnějšku vozu. Upevnění na palubní desce vozu je zajištěno zamykatelným držákem (pokladnou), který umožňuje velmi rychlé, bezpečné a pevné uchycení. [8]

Obrázek 15 Palubní počítač a zařízení na výdej jízdenek - Synergy Compact



Zdroj: [8]

Provozní náklady

Stejně jako u současného odbavovacího systému od firmy EM TEST spol. s r. o. lze mezi fixní náklady zahrnout pravidelnou kontrolu funkčnosti zařízení. Jak již bylo v dřívější kapitole zmíněno, tuto kontrolu provádí podnikový technik jako součást své pracovní náplně. Tyto náklady tedy nelze konkrétně vyčíslit. V případě nového odbavovacího systému od firmy Mikroelektronika spol. s r. o. se počítá s nástupem všemi dveřmi, což sebou nese nutnost zavedení nové pracovní pozice – revizora. Tato skutečnost zvyšuje fixní provozní měsíční náklady o náklady na tohoto zaměstnance, které byly vyčísleny přibližně na 25 000 Kč.

U této varianty odbavovacího systému je důležité zahrnout do provozních nákladů také náklady na obsluhu automatů na jízdenky. Vzhledem k velikosti města a počtu automatů bylo usouzeno, že není potřeba samostatné pozice pro výkon této práce. Tato práce by byla přidělena nějakému zaměstnanci jako součást jeho současné práce. Náklady na obsluhu automatů tedy budou převážně obsahovat náklady na provoz automobilu k této činnosti využívaného. Náklady na 1 km provozu automobilu byly stanoveny přibližně na 7 Kč. Tato cena by se lišila podle typu využívaného automobilu a ceny benzínu. Při objetí všech automatů na jízdenky ve městě by součet ujetých kilometrů byl cca. 30 km. To znamená, že při jedné obsluze automatů by činily tyto náklady $30 \cdot 7 = 210$ Kč. Za předpokladu, že se tato obsluha bude provádět 2x do měsíce, budou tyto provozní náklady 420 Kč. Pro rezervu byly náklady na obsluhu automatů na jízdenky odhadnuty na 500 Kč měsíčně.

Počítá se s tím, že náklady na opravy stejně jako u současného odbavovacího systému budou měsíčně průměrně 300 Kč. Náklady na kotoučky do tiskárny by měli změnou odbavovacího systému klesnout, jelikož nově navržený systém při odbavení čipovou kartou nevydává papírovou jízdenku. Vzhledem k tomu, že přibližně 55 % platících cestujících tvoří cestující využívající čipovou kartu, mohly by se náklady na kotoučky do tiskáren pohybovat okolo 1 700. Součet měsíčních provozních nákladů by tak činil 27 500 Kč.

Pořizovací náklady

V následující tabulce je rozepsána pořizovací cena dle jednotlivých komponent popsaného návrhu odbavovacího systému a dalších položek do ní zahrnutých. Společnost Mikroelektronika spol. s r. o. uvedla tyto ceny jako orientační. Může je ovlivnit bližší specifikace. Např. při instalaci automatů mohou cenu ovlivnit stavební a instalační práce, které v ceně nejsou vůbec započítané. Např. komplikovaný přívod napájení může stát až několik set tisíc. Cena obsahuje moduly pro přípravu a zpracování dat pro odbavovací systém a modul pro předprodejní místa (karetní centrum). [9]

Tabulka 2 Pořizovací cena nového odbavovacího systému (varianta 1)

Položka	Počet kusů	Cena za 1ks bez DPH [Kč]	Cena bez DPH celkem [Kč]
Čtečka revizora	1x	50 000	50 000
Automat na jízdenky	18x	220 000	3 960 000
Označovač na jízdenky	92x	16 000	1 472 000
Terminál Camel	63x	20 000	1 260 000
Palubní počítač	32x	45 000	1 440 000
Kabeláž a montáž kabeláže	29x	30 000	870 000
Implementace	1x	2 500 000	2 500 000
Licence k SW BackoOffice	1x	1 500 000	1 500 000
			13 052 000

Zdroj: [9]; autor

V tabulce jsou uvedeny počty kusů jednotlivých komponent podle následujících úvah:

- Stacionární automaty na jízdenky budou z úsporného hlediska umístěny pouze do nejvytíženějších zastávek. Po konzultaci byl stanoven počet těchto zastávek na 18.
- Označovače jízdenek budou umístěny u každých dveří všech autobusů. Tedy při počtu 29 autobusů se 3 dveřmi je potřebný počet označovačů 87. Dále byl po konzultaci stanoven počet náhradních označovačů pro případy poruch na 5 kusů. Dohromady tedy 92 kusů označovačů.

- Terminál Camel bude umístěn v každém autobuse u prostředních a zadních dveří. U předních dveří jeho funkci odbavení pomocí čipové karty totiž plní palubní počítač Synergy Compact. Při počtu 2 terminálů na jeden autobus tedy činí jejich potřebný počet 58 kusů a stejně jako u označovačů jízdenek je počítáno s 5 kusy navíc pro případy poruch. Dohromady tedy 63 kusů terminálů Camel.
- U palubního počítače se uvažuje o 3 náhradních kusech pro případy poruch a údržby. Tedy 29 počítačů pro autobusy + 3 náhradní = 35.
- Kabeláž a její montáž je počítána právě na 29 autobusů.
- Potřebný počet čteček pro revizora byl po konzultaci stanoven na 1 kus.

2.1.3 Varianta 2

Komponenty odbavovacího systému varianty 2:

- Označovač jízdenek - NJ 24C
- Terminál pro bezkontaktní karty - Cardman (PT02)
- Automaty na výdej jízdenek - AVJ G
- Palubní počítač a zařízení na výdej jízdenek - Synergy Compact

Terminál pro bezkontaktní karty - Cardman (PT02)

Zařízení je určeno k rychlému a snadnému odbavení cestujících pomocí čipové karty v MHD s požadavkem na výdej papírového dokladu. Umožňuje práci v různých tarifních systémech. Konstrukční řešení umožňuje rychlou a snadnou instalaci pomocí rychlo-upínacího držáku. V závislosti na hardwarovém provedení může cestující zařízení ovládat pomocí bezkontaktní dotykové obrazovky pomocí bezkontaktní klávesnice nebo kapacitních tlačítek. Grafický displej poskytuje dobře čitelné, srozumitelné informace umožňující snadné a rychlé odbavení. Platnost provedené transakce je signalizována prostřednictvím dvou světelných symbolů a zvukovým signálem. Papírovou roličku lze snadno vyměnit samostatnými dvířky, bez přístupu k vnitřní elektronice. Konstrukční řešení výdejního otvoru jízdenek znemožňuje neoprávněnou manipulaci s papírem v době tisku. Výkonná tiskárna umožňuje plně grafický tisk rychlostí až 18 cm/s. [8]

Obrázek 16 Terminál pro bezkontaktní karty Cardman (PT02)



Zdroj: [8]

Provozní náklady

Provozní měsíční náklady budou podobné jako u varianty 1. Rozdílem bude pouze fakt, že v této variantě se budou vydávat papírové jízdenky i při odbavení pomocí čipové karty, jako tomu je u současného odbavovacího systému. Měsíční náklady na kotoučky do tiskáren tak budou shodné se současným stavem, tj. 4 500 Kč. Celkem by tak provozní měsíční náklady mohli dosahovat výše 30 000 Kč.

Pořizovací náklady

V následující tabulce je rozepsána pořizovací cena dle jednotlivých komponent popsaného návrhu odbavovacího systému a dalších položek do ní zahrnutých. Bližší informace již byly popsány u varianty 1.

Tabulka 3 Pořizovací cena nového odbavovacího systému (varianta 2)

Položka	Počet kusů	Cena za 1ks bez DPH [Kč]	Cena bez DPH celkem [Kč]
Automat na jízdenky	18x	220 000	3 960 000
Označovač na jízdenky	92x	16 000	1 472 000
Terminál Cardmen	63x	25 000	1 575 000
Palubní počítač	32x	45 000	1 440 000
Kabeláž a montáž kabeláže	29x	30 000	870 000
implementace	1x	2 500 000	2 500 000
Licence k SW BackoOffice	1x	1 500 000	1 500 000
			13 317 000

Zdroj: [9]; autor

O počtech kusů v předchozí tabulce bylo uvažováno stejně jako u varianty 1. Tedy např. stejně jako počet terminálů Camel byl stanoven na 63 ks (2 ks na autobus + 5 ks navíc), tak i počet terminálu Cardmen byl stanoven na tento počet (jejich funkci taktéž u předních

dveří plní palubní počítač). Vzhledem ke skutečnosti, že zvolený terminál vydává papírové jízdenky i při použití čipové karty, není u této varianty potřeba čtečka revizora. Ten tak může provádět kontrolu cestovních dokladů ve všech případech pouze vizuálně.

2.1.4 Varianta 3

Komponenty odbavovacího systému varianty 3:

- Kombinovaný terminál - CAMEL COMBI
- Čtečka revizora
- Automaty na výdej jízdenek - AVJ G
- Palubní počítač a zařízení na výdej jízdenek - Synergy Compact

Kombinovaný terminál - CAMEL COMBI

Zařízení camel combi umožňuje funkci odbavení pomocí bezkontaktních čipových karet i označování papírových jízdenek. Dle požadavků lze označovat jízdenky libovolnými znaky o výšce 3,2 mm, později je možné znaky jednoduše změnit. Zařízení vydává optickou a akustickou signalizaci při správném označení jízdenky. Je vybaveno snímači, které zamezují dvojímu označení bez vyjmutí jízdenky a signalizací při ponechání jízdenky uvnitř zařízení.

[8]

Obrázek 17 Kombinovaný terminál CAMEL COMBI



Zdroj: [8]

Provozní náklady

Vzhledem k tomu, že skutečnosti ovlivňující tyto náklady jsou takové jako u varianty 1, jsou provozní náklady obou variant shodné, tedy 27 500 Kč.

Pořizovací náklady

V následující tabulce je rozepsána pořizovací cena dle jednotlivých komponent popsaného návrhu odbavovacího systému a dalších položek do ní zahrnutých. Bližší informace již byly popsány u varianty 1.

Tabulka 4 Pořizovací cena nového odbavovacího systému (varianta 3)

Položka	Počet kusů	Cena za 1ks bez DPH [Kč]	Cena bez DPH celkem [Kč]
Čtečka revizora	1x	50 000	50 000
Automat na jízdenky	18x	220 000	3 960 000
Terminál Camel Combi	63x	25 000	1 575 000
Označovač jízdenek	32x	16 000	512 000
Palubní počítač	32x	45 000	1 440 000
Kabeláž a montáž kabeláže	29x	30 000	870 000
implementace	1x	2 500 000	2 500 000
Licence k SW BackoOffice	1x	1 500 000	1 500 000
			12 407 000

Zdroj: [9]; autor

O počtech kusů v předchozí tabulce bylo uvažováno stejně jako u varianty 1 i varianty 2. Tedy např. stejně jako počet terminálů Camel (nebo Cardmen) byl stanoven na 63 ks (2 ks na autobus + 5 ks navíc), tak i počet terminálu Camel Combi byl stanoven na tento počet (jejich funkci taktéž u předních dveří plní palubní počítač). Dále vzhledem k tomu, že navržený terminál Camel Combi plní funkci i označovače jízdenek, mohou být samostatné označovače jízdenek nainstalovány pouze k předním dveřím. Tedy 29 ks do autobusů a 3 ks navíc pro případy poruch.

2.2 Doplnění stávajícího odbavovacího systému

Jak již bylo popsáno v analýze současného stavu, dopravní podnik Mladé Boleslavi disponuje odbavovacím systémem od firmy EM TEST ČR spol. s r. o., která je dceřinou společností firmy EM TEST, a. s.

EMTEST je společnost orientovaná na zákazníky, která nabízí komplexní řešení na klíč v souladu se specifickými požadavky zákazníka, profesionální služby, maximální efektivitu a rentabilitu ve všech oblastech, v nichž poskytuje systémová řešení. Společnost vznikla v roce 1990 jako Ladislav Heglas EMTEST, v roce 2005 se transformovala na akciovou společnost. Její základ tvoří bývalí zaměstnanci Výzkumného ústavu výpočetní

techniky v Žilině. Systémová integrace patří mezi nejdůležitější procesy, kterými se společnost EMTEST zabývá. Díky svému know-how a dlouholetým zkušenostem jsou nyní komplexním dodavatelem a systémovým integrátorem v oblasti veřejné dopravy, nákladní dopravy, systémech na bázi bezkontaktní čipové karty a elektrotechnické výroby. Jsou tak schopni nabídnout nejmodernější řešení, která jsou charakteristická vysokou standardizací, modulárností a spolehlivostí. [10]

2.2.1 Varianta 4

Tato variant spočívá v doplnění současného odbavovacího zařízení o 1 prvek, a sice čtečku čipových karet, která by byla umístěna v autobusech u prostředních a zadních dveří. Cestující platící hotovostně by tak nadále nastupovali pouze předními dveřmi, ale cestující využívající bezkontaktní čipovou kartu a cestující s nárokem jízdy zdarma by mohli nastupovat všemi dveřmi. Schéma je vyobrazené na následujícím obrázku.

Obrázek 18 Systém s nástupem všemi dveřmi



Zdroj: [11]

S ohledem na možnost nástupu všemi dveřmi by se doba odbavení cestujících jistě snížila. Podle procentuálního rozdělení způsobu odbavení cestujících, viz obrázek 9, by při počtu 9 osob (počet určený pro účely výpočtu) nastupovali ideálně 3 osoby každými dveřmi, z toho jistě 3 osoby předními dveřmi, z důvodu platby v hotovosti. V takovém případě by se doba odbavení 9 osob rovnala součtu odbavení 3 osob platících hotovostně, tedy 3 osoby po 8 sekundách (hodnota z kapitoly 1.3.4), dohromady 24 s.

Možnost krádeže ze strany řidiče je u této varianty stejně jako u stávajícího odbavovacího systému minimální (pro účely výpočtu stanoveno 1%), a to z důvodu, že řidič nemanipuluje s peněžními prostředky.

V předchozí kapitole již bylo uvedeno, že při odbavení cestujících všemi dveřmi dochází podle průzkumů k 10 – 20 % jízdy cestujících načerno. Pro účely výpočtu v poslední kapitole je brán průměr, tedy 15 %.

Požizovací náklady u této varianty se týkají především nákupu určeného produktu a jeho instalace. Tedy podobně jako u produktu společnosti Mikroelektronika spol. s r. o. by cena samotného zařízení byla přibližně 20 000 Kč. Při počtu 2 ks na autobus a 5 ks navíc pro případy poruch by tak celková cena byla 1 260 000 Kč. Dalším potřebným produktem ke koupi by byla revizorská čtečka čipových karet v hodnotě cca. 50 000 Kč. Kabeláž a implementace byla vyčíslena přibližně na 350 000 Kč. Součástí instalace je i přeprogramování stávajících čteček čipových karet tak, aby při jejich použití nedocházelo k tisku papírové jízdenky. Dohromady by tak pořizovací náklady činily přibližně 1 660 000 Kč.

Velkou částí provozních nákladů budou, jako u předchozích variant, náklady na revizora, jakožto zaměstnance, který provádí přepravní kontrolu. Tyto náklady již byly v předchozích kapitolách stanoveny na 25 000 Kč. Počítá se s tím, že náklady na opravy stejně jako u současného odbavovacího systému budou měsíčně průměrně 300 Kč. Náklady na kotoučky do tiskárny by měly změnou odbavovacího systému klesnout, jelikož nově navržený systém při odbavení čipovou kartou nevydává papírovou jízdenku. Vzhledem k tomu, že přibližně 55 % platících cestujících tvoří cestující využívající čipovou kartu, mohli by se náklady na kotoučky do tiskáren pohybovat okolo 1 700. Celková hodnota měsíčních provozních nákladů tak činí 27 000 Kč.

2.2.2 Varianta 5 - SMS jízdenky

SMS jízdenka je speciálním typem elektronického jízdního dokladu, umožňující zakoupení elektronické jízdenky prostřednictvím mobilního telefonu. Platba se provádí zasláním krátké textové zprávy SMS ve tvaru s požadovaným kódem definujícím město na určité telefonní číslo. Od provozovatele systému cestující obratem obdrží potvrzovací SMS, kterou se cestující prokazuje při přepravní kontrole jízdních dokladů. Text obdržené SMS jízdenky zpravidla obsahuje název dopravce, druh a cenu jízdného, platnost a kód určený pro

kontrolu SMS jízdenky. Revizor kontroluje platnost jízdenky podle speciálního kódu, ale má také možnost odeslat kontrolní SMS na telefonní číslo cestujícího a tím ověřit platnost jízdenka. Tato kontrola vylučuje cestujícím jezdit na přeposlané SMS jízdenky. K využívání SMS jízdenek obecně je potřeba mít aktivovanou službu Premium SMS, která umožňuje platit za SMS poplatek nad rámec ceny za běžnou textovou zprávu. [12]

U této varianty, jakožto samotné varianty, se počítá se zachováním původního systému s nástupem pouze předními dveřmi, jak je názorně vyobrazeno na následujícím obrázku.

Obrázek 19 Systém s nástupem pouze předními dveřmi



Zdroj: [11]

Proces odbavení tímto způsobem by tak začal již před nástupem do autobusu, kdy by cestující odeslal SMS, jakožto požadavek na jízdenku, a při nástupu do autobusu pouze ukázal potvrzovací SMS řidiči.

Zavedením této služby v Mladé Boleslavi by se doba odbavení zřejmě snížila. Cestující si může zakoupit SMS jízdenku před nástupem do autobusu a jeho doba odbavení tak bude odpovídat samotnému nástupu, tedy cca 3 sekundám. Jestliže má být ale z úsporného hlediska zachován nástup pouze předními dveřmi, platnost SMS jízdenky, jakožto cestovní doklad, by musel kontrolovat samotný řidič. Tato činnost by mohla způsobit, že doba odbavení by mohla být stejná nebo dokonce vyšší než u zachování současného odbavovacího systému a proto se tato práce touto variantou dále nezabývá.

2.3 Ponechání stávajícího odbavovacího systému

Jako jednu z možných variant je také potřeba brát zachování stávajícího odbavovacího systému. Jelikož je již tento systém zaveden, je největší předností této varianty, že by nevznikly žádné náklady na pořízení. Tato varianta je však naopak nevhodná z hlediska rychlosti odbavení, která při větším počtu nastupujících osob úměrně roste. Při odbavení ve špičce v nejvytíženějších zastávkách, jakou je například Hlavní nádraží, se tak může doba odbavení dostat třeba až na 5 minut.

Hodnota kritéria možnosti krádeže ze strany řidiče byla po konzultaci stanovena na 1 %. Řidič totiž nemanipuluje s penězi, neprodává lístky. Možností krádeže tak může být jen například situace, kdy pustí cestujícího do autobusu, aniž by si koupil jízdenku a dostane za to menší úplatu.

Problém jízdy cestujících načerno je zde také téměř vyloučen vzhledem k nástupu pouze předními dveřmi. Není ale vyloučeno, že nějaký cestující nastoupí zadními dveřmi při probíhajícím výstupu jiných cestujících a řidič si toho nevšimne. Hodnota tohoto kritéria se pro tuto možnost stanovuje na 5 %.

Provozní měsíční náklady již byly podrobně popsány v analýze současného stavu, jejich hodnota byla přibližně vyčíslena na 4 500 Kč.

U této varianty je dále důležité uvažovat o době životnosti. Jelikož si pracovníci dopravního podniku v Mladé Boleslavi netroufnou odhadnout dobu životnosti stávajícího odbavovacího zařízení, bylo by dobré tuto variantu oproti jiným variantám, kdy se počítá s kompletně novým odbavovacím zařízením, alespoň znevýhodnit.

3 Vyhodnocení variant

Výběr nejvhodnějšího řešení odbavovacího systému pro MHD v Mladé Boleslavi, z variant popsaných v předchozí kapitole, bude proveden pomocí multikriteriální analýzy.

3.1. Multikriteriální analýza

Metoda multikriteriální analýzy variant řeší problém výběru řešení z konečné množiny m variant, které jsou hodnoceny podle n kritérií. Variantou se rozumí konkrétní rozhodovací možnosti, které jsou realizovatelné a nejsou logickým nesmyslem. Kritérium je hledisko, podle kterého se varianty hodnotí. Cílem je najít variantu, která bude s ohledem na kritéria hodnocena celkově co nejlépe. Je možné také získat kompromisní variantu, případně se mohou varianty seřadit od nejlepší k nejhorší nebo pouze vyloučit neefektivní varianty.

Jsou-li varianty podle kritérií měřitelné, lze údaje uspořádat do „kriteriální matice Y “, kde prvek y_{ij} vyjadřuje hodnocení i -té varianty podle j -tého kritéria. Sloupce v té matici odpovídají kritériím a řádky hodnoceným variantám.

$$Y = \begin{matrix} & f_1 & f_2 & \dots & f_n \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mn} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

V opačném případě, kdy nejsou všechny kritéria kvantitativní, se údaje uvádějí v tzv. kriteriální tabulce, která obsahuje jak číselná, tak slovní hodnocení variant. Pro výpočty je potřeba varianty ohodnotit číselně, a to podle metod pro kvantifikaci kvalitativní informace. [13]

3.1.1 Kritéria

Kritéria, podle kterých se vybírá nejvhodnější varianta, dělíme podle několika různých hledisek.

Podle povahy se kritéria dělí na:

- maximalizační (nejlepší varianty jsou pak ty, které mají nejvyšší hodnoty),
- minimalizační (nejlepší varianty jsou ty s nejnižšími hodnotami).

Uvádí se, že je lepší pracovat s kritériální maticí, která obsahuje kritéria stejné povahy (všechna maximalizační nebo méně časté všechna minimalizační). Jelikož na začátku řešení úloh obvykle kritéria nemívají stejnou povahu, je nutné převést nejčastěji minimalizační kritéria na kritéria maximalizační. A to dvěma možnými způsoby:

- vynásobením celého sloupce kritériální matice hodnotou $-1 \rightarrow$ transformace $y'_{ij} = -y_{ij}$,
- výpočtem hodnot, které udávají zlepšení oproti nejhorší kritériální hodnotě \rightarrow transformace $y'_{ij} = y_{ij} - \max_i(y_{ij})$.

První způsob je matematicky zcela korektní, ale interpretace nového kritéria nemusí být vždy zcela jasná na první pohled. Druhý způsob je sice interpretačně jasný, bohužel ho ale není vždy možné pro transformaci povahy kritéria použít. Pro některé metody by tento způsob transformace mohl představovat značné zkreslení informace, které by mohlo zásadně ovlivnit výsledek celé analýzy.

Podle kvantifikovatelnosti rozlišujeme kritéria:

- kvantitativní (podle těchto kritérií tvoří hodnoty variant objektivně měřitelné údaje),
- kvalitativní (podle těchto kritérií nelze hodnoty variant objektivně změřit, velmi často jde o hodnoty subjektivně odhadnuté uživatelem).

V případě kvalitativního kritéria se používají různé bodovací stupnice nebo relativní hodnocení variant (jedna varianta je zvolena jako základ a uživatel odhaduje procentní vyjádření ostatních variant). [13]

3.1.2 Stanovení hodnotících kritérií

Hodnotící kritéria byla stanovena dle úvah následovně:

- čas odbavení (minimalizační kritérium),
- pořizovací náklady (minimalizační kritérium),

- měsíční provozní náklady (minimalizační kritérium),
- doba životnosti (maximalizační kritérium),
- možnost krádeže ze strany řidiče (minimalizační kritérium),
- možnost jízdy cestujících načerno (minimalizační kritérium).

Hodnoty kritéria doby životnosti odbavovacího zařízení nebyly dosud konkrétně stanoveny. Jelikož jejich hodnotu nelze konkrétně vyčíslit, ale přesto je potřeba uvažovat o tomto kritériu alespoň z hlediska odlišnosti variant, jsou pro účely výpočtu stanoveny 3 hodnoty tohoto kritéria. A to následovně tak, aby kritérium bylo maximalizační:

- hodnota 1 – představuje nejnižší dobu životnosti a to s ohledem na skutečnost, že odbavovací systém již už několik let existuje a funguje,
- hodnota 2 – představuje neurčitou dobu životnosti mezi nejnižší a nejvyšší a to z důvodu, že součástí odbavovacího zařízení jsou jak staré tak i nové prvky,
- hodnota 3 – představuje nejvyšší dobu životnosti a to vzhledem k tomu, že celý odbavovací systém bude zcela nový.

3.1.3 Stanovení vah kritérií

Pro případ řešení daného úkolu bude stanovení vah kritérií provedeno pomocí tzv. Fullerova trojúhelníku.

Podle literatury se tato metoda používá za předpokladu, kdy je kritérium j ohodnoceno jako důležitější než l , a zároveň platí, že kritérium l je považováno za méně důležité než kritérium j . V tomto případě pak stačí provést počet srovnání

$$N = \frac{n(n-1)}{2},$$

kde n je počet porovnávaných kritérií.

Postup porovnání je následující. U každé dvojice prvků se zakroužkuje ten prvek, který se považuje za důležitější. Označí-li se počet zakroužkování j -tého prvku n_j , pak ohodnocení či váha daného prvku se vypočte podle vzorce

$$v_j = \frac{n_j}{N}, j = 1, 2, \dots, n.$$

Nevýhodou tohoto postupu pro výpočet vah se uvádí skutečnost, že v některých případech je vždy hodnota n_j pro nejméně důležité kritérium rovna nule, čímž dochází k tomu, že i hodnota váhy v_j tohoto kritéria je rovna nule. [13]

Podle výše zmíněného vzorce se vypočte počet srovnání:

$$N=6(6-1)/2=15.$$

V daném řádku Fullerova trojúhelníku je vždy tučně zvýrazněno, které kritérium je při srovnání zvoleno za důležitější.

Obrázek 20 Fullerův trojúhelník

Čas odbavení 9 osob	1	1	1	1	1	1
		2	3	4	5	6
Požizovací náklady	2	2	2	2	2	
		3	4	5	6	
Měsíční provozní náklady	3	3	3	3		
		4	5	6		
Doba životnosti	4	4	4			
		5	6			
Možnost krádeže ze strany řidiče	5	5				
		6				
Možnost jízdy cestujících načerno	6					

Zdroj: autor

Výpočet vah kritérií

Čas odbavení 9 osob: $\frac{3}{15} = 0,2$

Požizovací náklady: $\frac{4}{15} = 0,2667$

Měsíční provozní náklady: $\frac{3}{15} = 0,2$

Doba životnosti: $\frac{1}{15} = 0,0667$

Možnost krádeže ze strany řidiče: $\frac{0}{15} = 0$

Možnost jízdy cestujících načerno: $\frac{4}{15} = 0,2667$

3.1.4 Výpočet

Tabulka 5 Kriteriaální matice

	Čas odbavení 9 osob [s]	Požizovací náklady [Kč]	Měsíční provozní náklady [Kč]	Doba životnosti	Možnost krádeže ze strany řidiče [%]	Možnost jízdy cestujících načerno [%]
Varianta 1	15	13 052 000	27 500	3	10	15
Varianta 2	15	13 317 000	30 000	3	10	15
Varianta 3	15	12 407 000	27 500	3	10	15
Varianta 4	24	1 660 000	27 000	2	1	15
Varianta 5						
Varianta 6	45	0	4 500	1	1	5
	Min.	Min.	Min.	Max.	Min.	Min.

Zdroj: [4]; [9]; [5]; autor

V této kriteriaální matici je potřeba přepočítat minimalizační kritéria na maximalizační. Výpočet se provede tak, že se nalezne maximální hodnota daného kritéria a od této hodnoty se odečte kriteriaální hodnota.

Tabulka 6 Přepočítaná kritériální matice

	Čas odbavení 9 osob [s]	Pořizovací náklady [Kč]	Měsíční provozní náklady [Kč]	Doba životnosti	Možnost krádeže ze strany řidiče [%]	Možnost jízdy cestujících načerno [%]
Varianta 1	30	265 000	2 500	3	90	85
Varianta 2	30	0	0	3	90	85
Varianta 3	30	910 000	2 500	3	90	85
Varianta 4	21	11 657 000	3 000	2	99	85
Varianta 5						
Varianta 6	0	13 317 000	25 500	1	99	95
	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.

Zdroj: [4]; [9]; [5]; autor

K dalšímu kroku výpočtu bude potřeba znát ideální a bazální vektor všech určených variant. Tyto vektory jsou sepsány v následující tabulce. Ideální vektor představuje nejvyšší hodnotu daného kritéria a bazální naopak nejnižší.

Tabulka 7 Ideální a bazální vektor

	Čas odbavení 9 osob [s]	Pořizovací náklady [Kč]	Měsíční provozní náklady [Kč]	Doba životnosti	Možnost krádeže ze strany řidiče [%]	Možnost jízdy cestujících načerno [%]
Ideální	30	13 317 000	25 500	3	99	95
Bazální	0	0	0	1	90	85

Zdroj: autor

Aby bylo možné hodnotit všechny kritéria dohromady, je nutné nejdříve převést kritériální matici na matici normovanou, a to pomocí ideálního a bazálního vektoru z předcházející tabulky. Výpočet se provede podle vzorce:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j}$$

kde r_{ij} je hodnota v normované matici, y_{ij} je hodnota v kriteriální matici, D_j je bazální hodnota a H_j je ideální hodnota.

Tabulka 8 Normovaná matice

	Čas odbavení 9 osob [s]	Požizovací náklady [Kč]	Měsíční provozní náklady [Kč]	Doba životnosti	Možnost krádeže ze strany řidiče [%]	Možnost jízdy cestujících načerno [%]
Varianta 1	1	0,0199	0,0980	1	0	0
Varianta 2	1	0	0	1	0	0
Varianta 3	1	0,0683	0,0980	1	0	0
Varianta 4	0,7	0,8753	0,1176	0,5	1	0
Varianta 6	0	1	1	0	1	1
	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.

Zdroj: [4]; [9]; [5]; autor

Konečný výpočet optimálního řešení je proveden pomocí metody váženého součtu (WSA). Při této metodě se totiž pracuje s váhami jednotlivých kritérií, které jsou buď dány, nebo které byli nějakým vhodným způsobem odhadnuty. V tomto případě tedy odhadnuty pomocí metody Fullerova trojúhelníku v předešlé kapitole. Jsou tedy dány váhy $v = (v_1; v_2; \dots; v_k)$ pro k maximalizačních kritérií. Metoda váženého součtu pak maximalizuje vážený součet takto: $\sum_{j=1}^k v_j \cdot r_{ij}$. Spočítá se proto hodnota tohoto váženého součtu pro každou alternativu a za optimální alternativu se vybere ta, která bude mít vážený součet nejvyšší. [14]

Metoda váženého součtu:

Varianta 1: $1 \cdot 0,2 + 0,0199 \cdot 0,2667 + 0,0980 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,0667 + 0 + 0 = 0,2916$

Varianta 2: $1 \cdot 0,2 + 0 + 0 + 1 \cdot 0,0667 + 0 + 0 = 0,2667$

$$\text{Varianta 3: } 1 \cdot 0,2 + 0,0683 \cdot 0,2667 + 0,0980 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,0667 + 0 + 0 = 0,3045$$

$$\text{Varianta 4: } 0,7 \cdot 0,2 + 0,8753 \cdot 0,2667 + 0,1176 \cdot 0,2 + 0,5 \cdot 0,0667 + 0 + 0 = 0,4303$$

$$\text{Varianta 6: } 0 + 1 \cdot 0,2667 + 1 \cdot 0,2 + 0 + 0 + 1 \cdot 0,2667 = \mathbf{0,7334}$$

3.2 Výsledek multikriteriální analýzy

Podle výpočtu je tedy optimálním řešením zachování stávajícího odbavovacího systému. Rozhodujícím kritériem pro výsledek tohoto výpočtu byla bezesporu pořizovací cena, dále také provozní měsíční náklady a možnost jízdy cestujících zdarma. Nulová pořizovací cena vzhledem k ostatním variantám s milionovými částkami je nejvýraznější výhodou. Provozní měsíční náklady jsou také nejnižší ze všech uvedených variant, stejně tak možnost jízdy cestujících zdarma. Pro tyto důvody je vhodné stávající odbavovací systém opravdu ponechat. Rozhodl by se ale Dopravní podnik Mladá Boleslav do nového systému investovat, bylo by optimálním řešením stávající systém alespoň doplnit, a to dle varianty 4 o čtečky čipových karet, čímž by se zrychlila doba odbavení cestujících. Na druhou stranu by ale vzrostly provozní měsíční náklady a také by vzrostlo procento cestujících jezdících načerno. Bude-li ale docházet k růstu přepravních proudů, mohlo by, v případě ponechání stávajícího odbavovacího systému, v budoucnosti docházet k větším nárůstům jízdních dob způsobeným zbytečně dlouhým pobytem v zastávkách. V důsledku toho by mohla vzniknout potřeba nákupu dalšího autobusu či více, což by pravděpodobně znamenalo větší investici než investovat do odbavovacího systému.

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout řešení na zlepšení současné situace odbavovacího systému a zjistit, které z navrhovaných řešení je optimální.

První tři varianty byly navrženy podle modelu, který funguje ve větších městech. V těch je potřeba odbavit záraz větší množství cestujících a je proto zaveden nástup všemi dveřmi. Tyto varianty byly zvoleny jako vhodné řešení pro problém doby odbavení cestujících, i když již při bližším zkoumání a konzultacích se zaměstnancem Mikroelektronika spol. s r. o. bylo zřejmé, že velkou nevýhodou oproti ostatním variantám budou vysoké pořizovací náklady. Na takovou investici by si musel Dopravní podnik Mladá Boleslav pravděpodobně zažádat o dotaci. Druhá varianta byla navržena jako kompromis. Úmyslem bylo přeci jenom zvýšit rychlost odbavení cestujících a přitom zabránit tomu, aby vznikly tak vysoké pořizovací náklady jako u prvních třech variant. Provozní náklady však byly obdobné jako u prvních třech variant, a to z důvodu nástupu všemi dveřmi, u kterého je zapotřebí existence revizora. Pátá varianta byla navržena vzhledem ke skutečnosti, že se možnost SMS jízdenek v dnešní době po celé České republice poměrně rozmáhá. Po bližším zkoumání však byla uznána pro řešení daného problému jako nevyhovující. Jako možná varianta bylo uvedeno i zachování současného odbavovacího systému.

Pomocí multikriteriální analýzy vyšlo jako optimální řešení zachování stávajícího odbavovacího systému, což má jistě svá podstatná odůvodnění, ale při pohledu z jiných stran se toto řešení optimálním nejeví. Bezesporu největší výhodou zachování nynějšího odbavovacího systému jsou v současné době nulové pořizovací náklady. Hodnoty tohoto kritéria byly značně rozdílné, a tak podstatně ovlivnily výsledek multikriteriální analýzy. Jak již bylo popsáno v předcházející kapitole, kdyby se Dopravní podnik Mladá Boleslav přeci jen rozhodl do odbavovacího systému investovat, bylo by optimálním řešením stávající systém alespoň doplnit dle varianty 4.

Multikriteriální analýza tak neposkytuje zcela jednoznačně optimální řešení. Je třeba se zamyslet nad jejími výsledky, zauvažovat nad možnostmi a dalšími vlivy, které danou situaci ovlivňují a po dobrém zvážení teprve zvolit optimální variantu.

Použitá literatura

- [1] SUROVEC, P. *Technológia hromadnej osobnej dopravy: cestná a mestská doprava*. Žilina: EDIS Žilinská univerzita, 1998. ISBN 80-7100-494-4.
- [2] SOSNOVEC, P. *Mladá Boleslav: Městem a okolím*. Praha: ORBIS, 1996. ISSN 1210-9665.
- [3] ŠUBRT, P. O městě. *Oficiální stránky Statutárního města Mladá Boleslav* [online]. 2007 [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://www.mb-net.cz/?page=cz,o-meste>
- [4] DOPRAVNÍ PODNIK MLADÁ BOLESLAV, S. R. O. *Interní materiály*
- [5] EM TEST ČR SPOL. S R. O. *Interní materiály*
- [6] MIKROELEKTRONIKA SPOL. S R. O. O nás: Profil. *Mikroelektronika* [online]. 2006 [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: <http://www.mikroelektronika.cz/odbavovaci-systemy/text/o-nas/profil>
- [7] NOVOTNÝ, Luboš. Mikroelektronika. *Vzdělávací portál SDT* [online]. 2004 [cit. 2013-04-19]. Dostupné z: http://www.telematika.cz/download/doc/epay_11_archiv_09_Novotny_Mikroelektronika.pdf
- [8] MIKROELEKTRONIKA SPOL. S R. O. *Mikroelektronika: Odbavovací systémy* [online]. 2006 [cit. 2013-04-19]. Dostupné z: <http://www.mikroelektronika.cz/odbavovaci-systemy>
- [9] MIKROELEKTRONIKA SPOL. S R. O. *Interní materiály*
- [10] EM TEST, a. s. *EMtest* [online]. 2010 [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: <http://www.emtest.biz/cz/index.php/spolecnost-emtest>
- [11] WEBMASTER CB SOFT. S.R.O. Městská doprava. *Emlines* [online]. 2006 [cit. 2013-11-23]. Dostupné z: http://www.emlines.com/cz/index.php?option=com_content&task=view&id=276&Itemid=109
- [12] ERIKA, a. s. SMS jízdenky. *Erika digital media* [online]. 2013 [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://www.erika-as.cz/index.php/cz/sms-municipal/sms-jizdenky>

[13] ŠUBRT, T a kolektiv. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Aleš Čeněk, 2011. 351 s. ISBN 978-80-7380-345-2

[14] KALČEVOVÁ, Jana. *Kriteriální matice a hodnocení variant*. [online]. [cit. 2013-15-11]. Dostupné z: <http://jana.kalcev.cz/vyuka/kestazeni/EKO422-KriterialniMatice.pdf>

Seznam tabulek

Tabulka 1 Aktivní saldo	23
Tabulka 2 Pořizovací cena nového odbavovacího systému (varianta 1).....	32
Tabulka 3 Pořizovací cena nového odbavovacího systému (varianta 2).....	34
Tabulka 4 Pořizovací cena nového odbavovacího systému (varianta 3).....	36
Tabulka 5 Kriteriaální matice.....	45
Tabulka 6 Přepočítaná kriteriaální matice.....	46
Tabulka 7 Ideální a bazální vektor	46
Tabulka 8 Normovaná matice	47

Seznam obrázků

Obrázek 1 Závislost způsobu odbavení na počtu nastupujících osob v určeném čase odbavení.	11
Obrázek 2 Území města Mladá Boleslav	13
Obrázek 3 Vozový park.....	16
Obrázek 4 Starší typ odbavovacího systému.....	17
Obrázek 5 Centrální počítač vozidla, termotiskárna a čtečka čipových karet s displejem.....	18
Obrázek 6 Mincovník	19
Obrázek 7 Čipová karta	21
Obrázek 8 Porovnání podílů počtu jízd a tržeb časových jízdenek za rok 2012	22
Obrázek 9 Podíl způsobu odbavení cestujících	24
Obrázek 10 Země působení společnosti Mikroelektronika	25
Obrázek 11 Označovač jízdenek NJ 24C	28
Obrázek 12 Terminál pro bezkontaktní karty Camel	28
Obrázek 13 Čtečka revizora od firmy Mikroelektronika.....	29
Obrázek 14 Automaty na výdej jízdenek AVJ G	30
Obrázek 15 Palubní počítač a zařízení na výdej jízdenek - Synergy Compact.....	31
Obrázek 16 Terminál pro bezkontaktní karty Cardman (PT02).....	34
Obrázek 17 Kombinovaný terminál CAMEL COMBI	35
Obrázek 18 Systém s nástupem všemi dveřmi	37
Obrázek 19 Systém s nástupem pouze předními dveřmi.....	39
Obrázek 20 Fullerův trojúhelník.....	44