

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Diplomová práce

**Efektivnost vybraných autobusových linek
Dopravního podniku hl. m. Prahy**

Bc. Andrea Rückschlosová

© 2013 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra systémového inženýrství

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Rückschlossová Andrea

Systemové inženýrství

Název práce

Efektivnost vybraných autobusových linek Dopravního podniku hl. m. Prahy

Anglický název

Efficiency of selected bus routes in Dopravní podnik hl. m. Prahy

Cíle práce

Cílem této diplomové práce je realizovat pilotní projekt pro Dopravní podnik hl. m. Prahy, který poskytuje služby v přepravě lidí prostřednictvím metra, autobusových a tramvajových linek. Jsou vybrány reprezentativní autobusové linky, které tvoří autobusové portfolio. Tyto vybrané linky jsou dále hodnoceny dle efektivity pomocí metody DEA. Dalším cílem je nalezení efektivních a neefektivních linek a řešení pro neefektivní linky, které je využitelné v praxi.

Metodika

- nastudování odborné literatury
- analýza problémové situace
- návrh systému pro daný problém
- návrh modelu
- zpracování modelu DEA
- interpretace výsledků
- využitelnost řešení v praxi

Harmonogram zpracování

12/2011 - výběr tématu

01/2012 - konzultace o vhodnosti tématu s vedoucím práce

05-06/2012 - odevzdání: klíčových slov, cílu, metodiky, harmonogramu a doporučených zdrojů informací v systému Badis

08/2012 - vymezení a analýza problémové situace, systémový přístup

09/2012 - návrh systému a modelu

10-11/2012 - interpretace výsledků a řešení

12/2012 - předložení práce vedoucímu

01/2013 - editace práce, zapracování připomínek

02/2013 - odevzdání kompletní práce

Rozsah textové části

60-80 stran

Klíčová slova

DEA – Data Envelopment Analysis, teoretická a praktická efektivita, efektivita autobusových linek, analýza problémové situace, měkká a tvrdá metodologie.

Doporučené zdroje informací

Brožová, Helena; Houška, Milan; Šubrt, Tomáš. Modely pro vícekritériální rozhodování. Praha : ČZU v Praze, 2009. 178 s. ISBN 978-80-213-1019-3

Jablonský, Josef; Dlouhý, Martin; Modely hodnocení efektivnosti produkčních jednotek. Praha : PROFESSIONAL PUBLISHING, 2004. 183 s. ISBN: 80-86419-49-5

Ali, Emrouznejad; Podinovski, Victor. Data Envelopment Analysis and Performance Management. UK : Warwick print, 2004. 420 s. ISBN 090268373.

Vlček, Jaroslav; Systémové inženýrství. Praha : ČVUT, 1999. ISBN: 80-01-01905-5

Checkland, Peter; Scholes, Jim; Soft systems methodology in action. Wiley, 1999. ISBN: 0471986054

Vedoucí práce

Houška Milan, doc. Ing., Ph.D.

Termín odevzdání

březen 2013

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Jan Hron, DrSc., dr.h.c.

Děkan fakulty

V Praze dne 22.10.2012

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Efektivnost vybraných autobusových linek Dopravního podniku hl. m. Prahy " jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 29.3.2013

Andrea Rückschlossová

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Milanu Houškovi Ph.D. za to, že přijal vedení mé práce a že mi dával velmi cenné rady a připomínky.

**Efektivnost vybraných autobusových linek
Dopravního podniku hl. m. Prahy**

**Efficiency of selected bus routes in
Dopravní podnik hl. m. Prahy**

Souhrn

Tato práce se zabývá hodnocením technické efektivity provedené změny pro deset vybraných autobusových linek Dopravního podniku hl. m. Prahy. Těchto deset vybraných linek je hodnoceno dle technické efektivity před změnou provedenou v roce 2012 a po změně, což vede k získání informací o tom, zda tato změna byla efektivní. Pro deset vybraných linek je proveden výpočet efektivity pomocí metody DEA s variabilním výnosem z rozsahu. Praktické použití této metody vede k získání hodnocení efektivity pro každou linku, pro každou linku je pak uvedeno, co se musí změnit, aby se linka stala efektivní, jak před změnou, tak po provedené změně.

Summary

This thesis is focused on the evaluation of a technical efficiency of ten bus lines transport in Dopravní podnik hl. m. Prahy after the change in 2012. These lines are evaluated by technical efficiency before and after change in 2012. This leads to to information whether the modification was effective or not. For the ten selected bus lines calculation of effectivity is performed using the method of DEA – Data Envelopment Analysis, with variable return to scale. Practical use of this method lead to the information about effectivity of each line. For each line, we can subsequently establish what need to be changed so the line would be effective. This evaluation is done for lines before and after change.

Klíčová slova:

DEA – Data Envelopment Analysis, metoda datových obalů, metoda datových obalů s variabilním výnosem z rozsahu, BCC model, CCR model, teoretická a praktická efektivita, virtuální a peer jednotka, efektivita autobusových linek.

Keywords:

DEA – Data Envelopment Analysis, Data Envelopment Analysis , Data Envelopment Analysis with variable return to scale, BCC model, CCR model, efficiency theoretical and practical, virtual and peer unit, efficiency of bus lines.

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cíl práce a metodika	10
3. Literární rešerše	11
3.1 Městská hromadná doprava v Praze.....	12
3.1.1 Požadavky na systém MHD.....	12
3.1.2 Charakteristiky MHD	13
3.2 Plánování městské hromadné dopravy.....	14
3.2.1 Metody zjišťování přepravních potřeb ve městě	15
3.3 Tvorba grafikonů a jízdních řádů v městské hromadné obsluze.....	17
3.3.1 Koordinace jízdních řádů.....	21
3.4 Metoda datových obalů (DEA)	22
3.4.1 CCR vstupově orientovaný model.....	25
3.4.2 CCR výstupově orientovaný model.....	28
3.4.3 BCC model	30
4. Případová studie.....	34
4.1 Dopravní podnik hl. m. Prahy	34
4.2 Výchozí analýza situace	35
4.3 Srovnání DEA modelů CCR a BCC	40
4.4 Vstupově a výstupově orientovaný BCC model pro neděli, sobotu a svátky před změnou.....	42
4.5 Vstupově a výstupově orientovaný BCC model pro všední den před změnou.....	45
4.6 Vstupově a výstupově orientovaný BCC model celkový pro neděli sobotu a všední den před změnou	48
4.7 Vstupově a výstupově orientovaný BCC model pro neděli po změně.....	53
4.8 Vstupově a výstupově orientovaný BCC model pro všední den po změně.....	55

4.9	Vstupově a výstupově orientovaný BCC model celkový pro neděli sobotu a všední den po změně.....	58
4.10	Vstupově a výstupově orientovaný BCC model pro srovnání vývoje před a po změně pro neděli, sobotu a svátky	63
4.11	Vstupově a výstupově orientovaný BCC model pro srovnání vývoje před a po změně ve všední den	68
4.12	Souhrn a vyhodnocení	71
5.	Závěr	73
6.	Seznam literatury	74
7.	Seznam obrázků a tabulek	76

1. Úvod

Hodnocení efektivnosti je v dnešním konkurenčním prostředí v téměř každém odvětví velice aktuální a diskutovaná problematika. Tuto problematiku je třeba řešit jak na strategické tak na taktické úrovni řízení. K hodnocení efektivnosti existuje celá řada ukazatelů, metod a modelů, obvykle se jedná o jednoduché ukazatele vytvořené z finančních zpráv firem a podniků. Zajímat se, řešit a analyzovat efektivitu má ve vysokém konkurenčním prostředí jistě smysl, v případě nalezení toho, co způsobuje neefektivitu, je možné ji odstranit, či minimalizovat její vliv a stát se konkurenci schopnějším.

V této práci je provedena analýza hodnocení efektivnosti změny v dopravě, kterou provedl Dopravní podnik hl. m. Prahy v září roku 2012. Tato změna byla velice rozsáhlá a dotkla se téměř každé linky, kterou dopravní podnik provozuje. V Bakalářské práci byla tato problematika řešena pouze před změnou metodou DEA s konstantním výnosem z rozsahu a pomocí jednoduššího modelu. V této práci je model rozšířen, tak aby co nejlépe odpovídal realitě a je zkoumána efektivita změny, kterou Dopravní podnik hl. m. Prahy provedl. Zvolen je i jiný model, konkrétně model DEA s variabilním výnosem z rozsahu, které lépe odpovídá charakteru zkoumané problematiky.

Před změnou je vybráno 10 reprezentativních linek, ze kterých je vytvořeno autobusové portfolio pro Dopravní podnik hl. m. Prahy. Změna provedená v roce 2012 se dotkla všech vybraných linek a u jedné linky došlo k ukončení jejího provozu, z tohoto důvodu je vybraných linek v modelu po změně pouze devět.

První část této práce se zabývá plánováním městské hromadné obsluhy, jejími charakteristikami, dopravními výzkumy a grafikony. Dále je popsána metoda DEA, její teoretický výpočet a obecné modely pro vstupově i výstupově orientované modely CCR a BCC. Z modelů CCR je odvozen model s variabilními výnosy z rozsahu. Druhá část se zabývá praktickou aplikací metody DEA a je analyzována změna, ke které došlo v roce 2012.

Všechna data jsou dle reálných linek a odpovídají realitě a získané výsledky mají vypovídající hodnotu pro skutečné autobusové linky.

2. Cíl práce a metodika

Cílem této práce je vyhodnocení změny, kterou Dopravní podnik hl. m. Prahy provedl v roce 2012. Analýzou vybraných autobusových linek před změnou, po změně a jejich celkovým srovnáním je možné posoudit, zda změna, kterou Dopravní podnik hl. m. Prahy provedl, byla krokem vpřed či nikoliv. Toto vyhodnocení je pak využitelné v praxi.

Všechna data pro deset resp. devět vybraných linek jsou získána od Dopravního podniku hl. m. Prahy, pomocí dopravního šetření nebo z grafikonů. Tato data jsou přetransformována, pro potřeby modelu DEA, jsou určena kritéria podle, kterých jsou linky hodnoceny a tato kritéria jsou rozdělena na minimalizační a maximalizační resp. vstupní a výstupní. Všechny modely v této práci jsou propočítány pomocí programu EMS, který je určen pro výpočet modelů DEA. Tento program vyžaduje připravená data v programu MS Excel, pomocí kterého dojde k načtení do programu EMS a následně je nutné si tato data vyexportovat zpět do MS Excel. Program EMS uvádí jednotlivé efektivity pro dané produkční jednotky v tomto případě pro linky. Tedy které produkční jednotky jsou efektivní a u neefektivních uvádí hodnotu efektivity. Dále uvádí, které jednotky jsou peer jednotkami pro neefektivní produkční jednotky a příslušné váhy, dle kterých je pak nutné dopočítat, jak by dané produkční jednotky měly snížit své vstupy resp. zvýšit své výstupy. V této práci je využito DEA modelu s variabilním výnosem z rozsahu. Ten je využit, protože s rostoucími vstupy, neporostou výstupy proporcionálně. I kdyby dopravní podnik snížil intervaly například z deseti minut na jednu minutu, na zastávku nepřijde 10krát tolik lidí. Všechny linky jsou analyzovány ve dvou situacích, v sobotu, neděli a svátky dohromady a ve všední den.

Nejdříve je provedena analýza před změnou z pohledu vstupově a výstupově orientované BCC modelu pro neděli, sobotu a svátky dohromady a následně pro všední den. Poté je provedeno celkové srovnání soboty, neděle a svátků dohromady se všedním dnem před změnou. To samé je provedeno i po změně. Pomocí modelu BCC s novým vstupem a výstupem je provedena analýza pro sobotu, neděli a svátky dohromady, poté pro všední den a následně je vytvořen celkový srovnávací model, kde se projeví, které linky jsou efektivní v obou zkoumaných situacích. Na závěr je provedeno srovnání před a po změně pro sobotu, neděli a svátky dohromady a to samé pak i pro všední den. Na tomto základě je provedeno vyhodnocení změny, kterou Dopravní podnik hl. m. Prahy provedl v roce 2012.

3. Literární rešerše

V první části této kapitoly je teoreticky podložena problematika městské hromadné obsluhy, která je velmi důležitou složkou dopravy ve městě a pomocí níž jsou přepravovány osoby, kromě dopravy individuální. V této části jsou obecné požadavky na MHD, charakteristiky a druhy. Následně je pak zpracována problematika plánování městské hromadné dopravy, protože MHD, která je otevřeným systémem s cílovým chováním, je již od počátku úzce spjata s plánováním. Hlavní zaměření je provedeno na tvorbu grafikonů a jízdních řádů v městské hromadné dopravě.^{1, 2}

Druhá část se zabývá metodami vícekriteriálního rozhodování, konkrétněji metodou DEA. V reálných situacích je často potřeba vzít v úvahu více rozhodovacích kritérií. Tato kritéria mohou být i protichůdná, protože varianta, která je nejlépe hodnocena dle nějakého kritéria, nebývá nejlépe hodnocena dle jiného kritéria. Potom je tedy nutné řešit vzájemný konflikt mezi protikladnými kritérii a výběr jediné (kompromisní) varianty, uspořádání variant nebo jejich klasifikace (rozdělení do tříd). Úlohy vícekriteriálního rozhodování se obecně dělí na dvě skupiny, podle toho jakým způsobem je definována množina rozhodovacích variant. Pokud se jedná o konkrétní výčet variant nebo je definován jejich seznam, jedná se o vícekriteriální hodnocení variant. Pokud jsou varianty definovány omezujícími podmínkami, pak se jedná o úlohy vícekriteriálního programování. Do vícekriteriálního rozhodování se řadí také metoda DEA – Data envelopment analysis, která stojí trochu bokem od těchto dvou velkých skupin. Modely DEA slouží k hodnocení technické efektivity produkčních jednotek s ohledem na velikost jejich vstupů a výstupů. Tyto vstupy a výstupy mohou být a často i jsou rozdílných typů, proto se modely DEA řadí do oblasti vícekriteriálního rozhodování.³

Pro vícekriteriální rozhodování obecně platí, že stačí mít alespoň dvě varianty, aby bylo možné se mezi čím rozhodovat. Pro metodu DEA, je ale potřeba více variant, neboť při menším počtu variant by vycházely všechny varianty jako efektivní a tvořily by tzv. datový obal. Čím více vstupních a výstupních kritérií v daném modelu je, tím více

¹ KOČÁRKOVÁ, Dagmar, Josef KOCOUREK a Martin JACURA. *Základy dopravního inženýrství*. V Praze: České vysoké učení technické, 2009, 51-56 s. ISBN 978-80-01-04233-5. S. 51.

² LACEK, Mikuláš. *Městská doprava 2. díl*. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1984, 7-219 s. ISBN OD-31-056-84 – 07/26. S. 7.

³ JABLONSKÝ, Josef, DLOUHÝ, Martin. *Modely hodnocení efektivnosti produkčních jednotek*. Praha: Professional Publishing, 2004, 7-86 s. ISBN 80-86419-49-5. S. 7-9.

hodnocených variant je potřeba ke srovnávání, aby nevyšly všechny produkční jednotky efektivní.⁴

3.1 Městská hromadná doprava v Praze

Jedná se o systém linek osobní veřejné dopravy, které slouží k dopravě na území daného města hromadnými dopravními prostředky, které zajišťují základní vazby mezi funkčními složkami města tj. mezi bydlištěm, pracovištěm a občanskou vybaveností. Dle německého vzoru mají města v České republice často integrovaný dopravní systém, které jsou vytvořeny pro samotné město nebo i pro jeho blízké okolí. Obvykle v tomto integrovaném dopravním systému platí jednotné přepravní a tarifní podmínky. V Praze byl tento návrh na Pražskou integrovanou dopravu zpracován již ve druhé polovině 70 let, ale vzhledem k neochotě ČSD a ČSAD byla PID zaváděna až po roce 1990. Základním principem byla preference páteřní kolejové dopravy (železnice, metro a tramvaje), autobusová doprava byla jen jako návazná doprava od této kolejové dopravy. V roce 1933 byla založena magistrátem města Prahy příspěvková organizace ROPID, která má koordinovat všechny služby veřejné hromadné dopravy, tedy mnohem dříve než byla Pražská integrovaná doprava schválena. Hlavním úkolem ROPID je zabezpečení zájmů a potřeb hl. m. Prahy v rámci dopravy. Což znamená, že organizuje hromadnou dopravu a to i z ekonomického hlediska, vytváří regionální systém přepravy osob, uzavírá smlouvy za hl. m. Prahu s dopravci (mezi něž patří i Dopravní podnik hl. m. Prahy), kontroluje naplnění uzavřených smluv a přerozděluje dotace a tržby z jízdného.^{5, 6, 7}

3.1.1 Požadavky na systém MHD

Základními požadavky na městskou hromadnou obsluhu je dostupnost dopravy na celém území daného města, tato dostupnost by měla být zajištěna vhodným vedením sítě. Dále by měla být splněna časová dostupnost, která je daná hodnotami docházkových vzdáleností, intervaly a jízdními dobami. Intervaly by měly být takové, aby nebylo nutné si pamatovat jízdní řády, ale v přijatelném čase aby linka přijela. Městská hromadná obsluha by měla

⁴ BROŽOVÁ, Helena; HOUŠKA, Milan; ŠUBRT, Tomáš. *Modely pro vícekritériální rozhodování*. Praha : ČZU v Praze, 2009. 126-140 s. ISBN 978-80-213-1019-3. S. 126.

⁵ MOJŽÍŠ, Vlastislav, Milan GRAJA a Pavel VANČURA. *Integrované dopravní systémy*. 1. vyd. Praha: Powerprint, 2008, 87-95 s. ISBN 978-809-0401-105. S. 88.

⁶ KOČÁRKOVÁ, KOCOUREK, JACURA, pozn. 1, S. 51.

⁷ ŘÍHA, Zdeněk, Pavel FOJTÍK a Pavel VANČURA. *Jak se tvoří město: vývoj dopravního systému Prahy v období průmyslové revoluce*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické, 2012, 160-162 s. ISBN 978-800-1050-293. S. 161.

být pravidelná, spolehlivá, komfortní a bezpečná a měla by také být výhodnější než vlastním dopravním prostředkem.⁸

Městská hromadná doprava se vyznačuje tím, že přepravuje pouze osoby, je zde zajištěn celodenní provoz a interval je v průběhu dne nerovnoměrný. Zavedení městské hromadné obsluhy má opodstatnění pouze v případě, že dané město má dostatečnou populaci k tomu, aby dokázalo mít dostatečnou přepravní zátěž. V malých městech je doprava zajišťována obvykle vnějšími linkami autobusové dopravy. Ve středních městech často území obsluhují autobusové a trolejbusové linky, které jsou doplňovány vnějšími autobusovými linkami. Ve velkých městech a velkoměstech se obvykle zavádějí vlastní specializované dopravní podniky, které pak zabezpečují dopravu na různých úrovních pomocí autobusů, tramvají, trolejbusů či metra.⁹

3.1.2 Charakteristiky MHD

Mezi základní charakteristiky městské hromadné obsluhy patří hybnost obyvatelstva, přepravní kapacita, obsaditelnost, obsazenost, interval, propustnost, jízdní rychlost, cestovní rychlost, oběžná rychlost, kvalita MHD, pravidelnost a spolehlivost.¹⁰

Hybnost obyvatelstva je dána počtem cest za časovou jednotku a je závislá na rozloze a struktuře města, uspořádání městské hromadné obsluhy, demografickém a sociologickém složení obyvatelstva, polohou pracovních příležitostí, průměrným intervalům tratí a linek, velikosti jízdného a v neposlední řadě odpovídá i ročnímu období.¹¹

Přepravní kapacita je určena schopností přepravit dané množství cestujících v daném směru za určitý čas. Jedná se o součin obsaditelnosti pro daný spoj a počet spojů za daný čas. Obsaditelnost je uvedena výrobcem a vypovídá o tom, kolik cestujících může dopravní prostředek přepravit. Obsazenost je dána aktuálním počtem cestujících v dopravním prostředku. Obsazenost je možné zjistit sčítáním cestujících přímo v dopravním prostředku nebo pohledem ze zastávky. Jedná se o to, jak moc přesné jsou potřebné údaje, zda je potřeba přesná hodnota cestujících nebo pouze v procentech či stupních obsazenosti (tyto stupně jsou určovány individuálně). Města si pak zadávají v rámci své poskytované

⁸ KOČÁRKOVÁ, KOCOUREK, JACURA, pozn. 1, S. 52.

⁹ KOČÁRKOVÁ, KOCOUREK, JACURA, pozn. 1, S. 55.

¹⁰ KOČÁRKOVÁ, KOCOUREK, JACURA, pozn. 1, S. 56.

¹¹ KOČÁRKOVÁ, KOCOUREK, JACURA, pozn. 1, S. 56

kvality, jaká obsazenost vozidel MHD je jejich cílem a jaké rezervy si nechají. Na tomto základě jsou pak plánovány dané linky, jejich interval a počet provozovaných vozidel.¹²

Interval je časový odstup mezi jednotlivými spoji a rozlišují se dva typy. Prvním je interval linkový, jedná se o interval mezi průjezdem spojů dané linky. Druhým je traťový a jedná se o intervaly mezi projetím všech spojů na daném traťovém úseku a nezáleží na tom, o jakou linku se jedná.¹³

Maximální počet vozidel, která mohou projet v daném směru, určují propustnost dané trasy a jedná se o technický parametr, který se využívá k tomu, aby nebyla narušena plynulost dopravy.¹⁴

Jízdní rychlost je dána rychlostí samotného dopravního prostředku, ale i dopravní situací a nutného zpomalení. Celková rychlost je pak dána vzdáleností, kterou skutečně dopravní prostředek ujel a za jakou dobu tento úsek ujel, je tedy dána jak jízdní rychlostí, tak počtem zastávek. Posledním zkoumaným typem rychlosti je oběžná rychlost a ta je udávána podílem ujeté vzdálenosti a oběžné doby při jednom oběhu linky z obratové zastávky do té samé obratové zastávky (skládá se ze součtu jízdních dob oběma směry a obratových časů na obou obratových konečných).¹⁵

Základním požadavkem obyvatel na přepravu městskou hromadnou obsluhou je pravidelnost a spolehlivost, která je dána dodržováním jízdního řádu. Interval může být narušen jak ze strany provozu automobilové dopravy ve městě, tak intenzitou provozu nebo také technickým stavem dopravních prostředků.¹⁶

3.2 Plánování městské hromadné dopravy

Aby bylo možné plánovat městskou hromadnou obsluhu, je nutné znát společenské potřeby dopravních služeb na území daného města v daném čase a prostorovém rozložení. Tyto informace jsou zjišťovány pomocí dopravních průzkumů. Jak často a v jakém rozsahu budou tyto dopravní průzkumy prováděny, záleží na jejich konkrétních cílech a úkolech,

¹² KOČÁRKOVÁ, KOCOUREK, JACURA, pozn. 1, S. 56.

¹³ KOČÁRKOVÁ, KOCOUREK, JACURA, pozn. 1, S. 56.

¹⁴ KOČÁRKOVÁ, KOCOUREK, JACURA, pozn. 1, S. 56.

¹⁵ KOČÁRKOVÁ, KOCOUREK, JACURA, pozn. 1, S. 57.

¹⁶ KOČÁRKOVÁ, KOCOUREK, JACURA, pozn. 1, S. 57.

kterých je nutné dosáhnout. Existují různé metody a postupy dopravních průzkumů, k odhalování vlivů a skutečností v přepravě cestujících.¹⁷

3.2.1 Metody zjišťování přepravních potřeb ve městě

Soustava metod, kterou jsou prováděny průzkumy ve městě, se souhrnně nazývá průzkum městské dopravy. Městská doprava je jednou ze základních potřeb města a má velmi rozsáhlé vnitřní i vnější vztahy. Městská doprava vyžaduje velice propracovanou strukturu zajišťování potřeb a rozvoje. Pokud je provedený průzkum správně připraven a proveden je možné pomocí něj získat objektivní, kvalifikované informace a podklady pro naplnění přepravních potřeb daného města. Podle konkrétních cílů je volena metoda, s ohledem na potřebné údaje, které je nutné průzkumem získat, jakým způsobem jsou získávány, jejich časové a prostorové vymezení a v neposlední řadě i k jakým analýzám budou data využita (dopravní prognózy, krátkodobé horizonty atd.).¹⁸

Změny, které vyvolávají změnu přepravních potřeb daného města, jsou nejčastěji vyvolány rozvojem města, změnou struktury (zavedení nových tras, dopravních cest), demografickými změnami, ale například i změnou tarifního systému.¹⁹

Na základě daných průzkumů je možné kvalifikovaně provádět úpravy dopravních sítí, kapacit na daných trasách nebo například úpravu intervalů. Průzkumy dopravy jsou obvykle prováděny ve třech základních fázích, přípravné, prováděcí a vyhodnocovací.²⁰

Na začátku přípravné fáze je řešena problematika ohledně stanovení konkrétních cílů daného průzkumu, určení času trvání i kolikrát bude průzkum prováděn a kde. V přípravné fázi je kladen důraz na kvalitu a rozsah přípravných prací, které se pak přímo odrážejí na výsledku daného průzkumu. Jedná se především o určení požadavků na dané pracovníky, technické zajištění nebo propagaci, aby byla zajištěna spolupráce s veřejností.²¹

Dopravní průzkumy je možné dělit do mnoha kategorií například dle rozsahu, sem patří generální dopravní průzkum nebo dílčí dopravní průzkum (ten je možné zaměřit přímo na druh použitého dopravního prostředku nebo podle území, například pro dopravní uzel).

¹⁷ LACEK, pozn. 2, S. 16,17.

¹⁸ LACEK, pozn. 2, S. 23.

¹⁹ LACEK, pozn. 2, S. 25.

²⁰ LACEK, pozn. 2, S. 219.

²¹ LACEK, pozn. 2, S. 135.

Dále je možné členit dopravní průzkumy dle hloubky zkoumání, pak se jedná o orientační nebo podrobný dopravní průzkum. Pro tyto průzkumy jsou využívány různé metody zjišťování a ověřování přepravních vztahů a stavu městské hromadné dopravy. Jednou z nejzákladnějších metod je metoda sčítání přímo ve vozidlech městské hromadné dopravy, obvykle se zaznamenává na každé zastávce počet cestujících v dopravním prostředku a počet nastupujících a takto pro každou zastávku zvlášť. Další metodou je sčítání na zastávkách, kde je sledována každá projíždějící linka samostatně a zaznamenává se počet cestujících, kteří vystoupili a nastoupili z/do zastávky dané linky. Někdy je toto šetření prováděno pouze odhadem a to zejména u dopravních uzlů, které jsou velmi vytížené. Další metodou je lístková metoda, využívá se hlavně tam, kde cestující přechází přes čáru do placeného prostoru a je využívána například v metru. Dále je také zkoumána rychlost dopravních prostředků v různých časech pro tvorbu chronometrů. Vyjmenované metody a typy průzkumů jsou nejčastějšími využívanými metodami. Na závěr dopravních průzkumů je provedeno hodnocení daného průzkumu a tvoří klíčové předpoklady k plánování městské hromadné obsluhy.²²

Tyto dopravní analýzy a průzkumy slouží jako podklad pro rozhodování zda dojde k nové výstavbě či úpravě dopravního systému daného města. Jsou také základem při rozhodování o dopravních investicích. Dále také aby došlo k souladu mezi přepravními nároky a dopravní kapacitou. Na jejich základě se také sestavují dopravní prognózy, dlouhodobé výhledy, střednědobé i krátkodobé plány. Výsledky těchto průzkumů jsou hodnoceny jak z hlediska společenské, tak z hlediska ekonomické efektivity.²³

Důležitou podmínkou pro stanovení předpokládaného vývoje je pak stanovení a určení odpovídající modelů například výpočet výhledového objemu dopravy, rozdělení výhledových objemů dopravy, výpočet výhledových zátěžových proudů dopravy, výpočet přírůstků automobilové dopravy. Reagovat na tyto změny pak umožňuje operativní plánování, do kterého mimo jiné spadá i tvorba jízdních řádů a grafikonů.²⁴

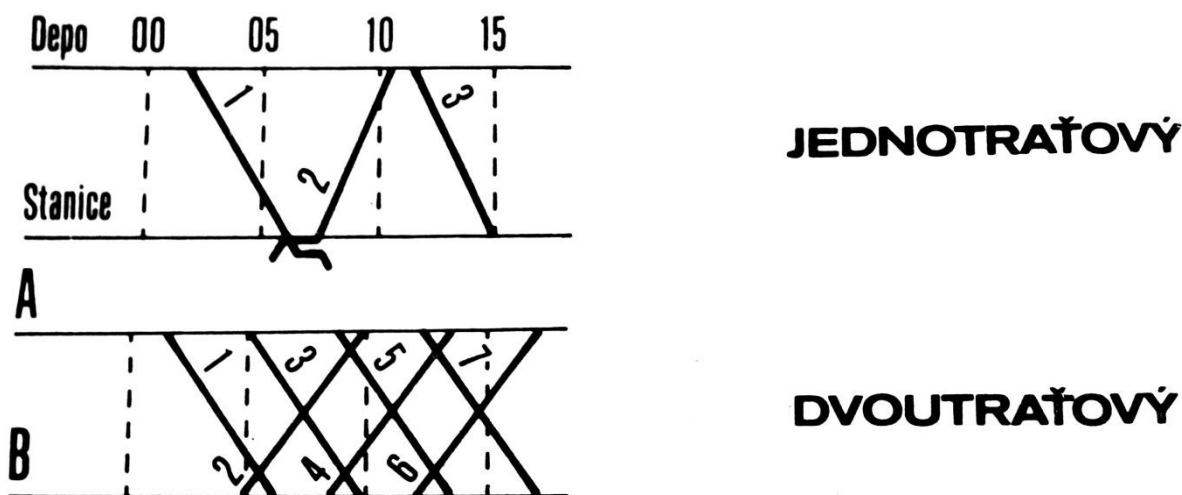
²² LACEK, pozn. 2, S. 43.

²³ LACEK, pozn. 2, S. 44.

²⁴ LACEK, pozn. 2, S. 44.

3.3 Tvorba grafikonů a jízdních řádů v městské hromadné obsluze

Jízdni řády a grafikony jsou specifickou formou operativních plánů provozu městské hromadné obsluhy. Jízda jednotlivých dopravních prostředků je vyjádřena graficky v grafikonech formou nákrešů, jak je vidět na obrázku 3.3.1. Jízdni řády jsou pak numerickým vyjádřením grafikonů, tedy jednotlivých jízd dopravních prostředků.²⁵



Obrázek 3.3-1 grafikon jednotraťový a více traťový²⁶

Aby bylo možné vhodně naplánovat trasu, intervaly atd. je dobré si uvést základním úkoly s ohledem na tvorbu grafikonů a jízdních řádů, které by měla městská hromadná doprava splňovat. Jedním z prvních úkolů je zabezpečit a uspokojit přepravu pro cestující v čase a prostoru. Co nejúčelněji sladit rozdělení jednotlivých druhů dopravních prostředků na daných linkách dopravní sítě, při optimálním využití pohonných hmot, energie i provozních pracovníků. Dalším úkolem je vytvoření podmínek pro návaznost mezi jednotlivými druhy dopravy v přestupních stanicích. Vzhledem k tomu, že poptávka po službách městské hromadné dopravy není rovnoměrná, je nutné se přizpůsobit právě těmto výkyvům. Nerovnoměrnost poptávky je dvojího typu, prostorová, která je způsobena strukturou města a časová, daná životním stylem obyvatel města a projevuje se kolísáním poptávky v průběhu dne, týdne ale i roku. K velkým nerovnoměrnostem, které je nutné řešit, dochází vlivem dopravy lidí do/z škol a práce. Obvykle se objevuje vyhocená ranní dopravní špička a mírnější odpolední špička, tato dvě období jsou oddělena tzv. sedlem,

²⁵ LACEK, pozn. 2, S. 205, 209.

²⁶ LACEK, pozn. 2, S. 206.

kde je také poptávka po přepravě nižší. Další nerovnoměrnost se objevuje sezóně v letních měsících v období prázdnin a dovolených.²⁷

Z důvodu časové a prostorové nerovnoměrnosti je nutné přizpůsobit grafikony a jízdní řády, které se obvykle sestavují pro období pondělí až pátek (někdy také pondělí až čtvrtek a pátek je z důvodu dřívější ranní i odpolední špičky sestaven zvlášť), sobotu a neděli. Podrobné členění pro všední den je rozděleno na ranní dopravní špičku, dopravní sedlo, odpolední dopravní špičku, večerní provoz a noční provoz. Sezónní nerovnoměrnost je pak rozdělena do normálních jízdních řádů a prázdninových jízdních řádů. Existují také speciální grafikony, které se sestavují v mimořádných situacích například při veletrzích, sportovních akcích, ale i povodních apod.²⁸

Při tvorbě grafikonů je nutné zohlednit technické vlastnosti daných dopravních prostředků a typ cest. Člení se na závislou trakci, nezávislou trakci a mezityp. Závislá trakce představuje všechny kolejové dopravní prostředky napájené elektrickou energií. Pohyb dopravních prostředků je v závislé trakci pevně vázán na kolejovou trať a energetický systém. Do autonomní závislé trakce patří všechny druhy rychlodrah včetně metra. Trasy jsou samostatné a nejsou součástí běžné dopravní komunikace. Souběžné závislé trakce jsou pak ostatní dopravní prostředky, které jsou provozovány na komunikacích s ostatními účastníky silničního provozu nebo se kříží se silniční dopravou a jsou ovlivňovány vnějšími vlivy.²⁹

Nezávislá trakce je charakteristická tím, že dopravní prostředky nepotřebují trať ani energetický napájecí systém, dopravní prostředky se pohybují na komunikační síti města a dopravní prostředky jsou současně s ostatními účastníky provozu, z toho důvodu je tento typ trakce silně rušen a ovlivňován vnějšími vlivy. Obvykle se Dopravní podniky snaží oddělit tyto dopravní prostředky a vytvořit jim samostatné jízdní pruhy.³⁰

²⁷ LACEK, pozn. 2, S. 201.

²⁸ LACEK, pozn. 2, S. 201.

²⁹ LACEK, pozn. 2, S. 202.

³⁰ LACEK, pozn. 2, S. 202.

Mezityp je reprezentován trolejbusem, který je sice nezávislý na kolejových tratích, ale je závislý na energetickém napájení, nemá možnost volného pohybu. Stejně jako u nezávislé trakce je mezityp silně ovlivňován a narušován silničním provozem.³¹

V rámci městské hromadné dopravy se tvoří grafikonky pro každý druh dopravy zvlášť. Tedy zvlášť pro metro, tramvaje, autobusy a trolejbusy a až následně dochází k jejich navazování.³²

Pro tvorbu grafikonů je nutné znát mnoho údajů. Jedná se o kapacitu potřebnou na jednotlivých linkách, které pokryjí zátěžový proud cestujících s ohledem na časovou nerovnoměrnost. Kolik má daný podnik k dispozici typů a počet dopravních prostředků. Musí se sestavit intervaly, které budou přihlížet k dané nerovnoměrnosti. Podklady pro tyto informace jsou obvykle tvořeny a získávány dopravními průzkumy.³³

Při konstrukci grafikonů je ještě nutné zohlednit, kromě nerovnoměrnosti časové a prostorové i to, že u dopravních prostředků, které mají částečnou nebo úplně nezávislou trakci dochází vlivem změny dopravní situace k prodlužování nebo zkracování oběžné doby. Tato problematika je řešena tzv. chronometrážemi, ve kterých je zanesen rozdíl, mezi oběžnou dobou v sedle, ve špičkách či večerních hodinách. Tyto chronometráže jsou sestaveny na základě výsledků dopravních průzkumů a měření. Při opakovaných měřeních je možné stanovit průměrnou hodnotu cestovní doby mezi jednotlivými zastávkami i celkově pro danou trasu v dané době. A při konstrukci grafikonů se již pracuje s touto informací a změna cestovních dob je prováděna v souladu se změnou intervalu.³⁴

Součástí oběžné doby je doba obratu na konečné, tato doba je velice důležitá. Slouží k technickému obratu dopravního prostředku, jeho kontrole, ale hlavně k vyrovnání předstížení či zpoždění oproti grafikonu, dále také slouží k oddechu a přestávky pro řidiče. Pokud by byla doba obratu příliš krátká, nepravidelnosti vyvolané dopravní situací zvláště pak zpoždění, by se mohlo přenášet na další kolo. Pokud by byla naopak příliš dlouhá,

³¹ LACEK, pozn. 2, S. 203.

³² LACEK, pozn. 2, S. 203.

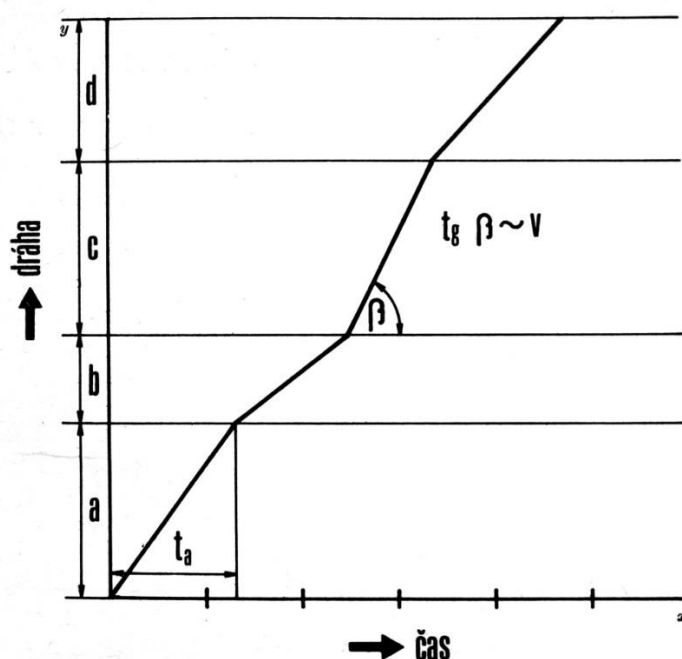
³³ LACEK, pozn. 2, S. 201.

³⁴ LACEK, pozn. 2, S. 201.

dojde k prodloužení oběžné rychlosti a na danou linku by pak bylo nutné zařadit další dopravní prostředky a řidiče.³⁵

Pro metro je možné stanovit jízdní řády analyticky, tato metoda je velice přesná a vzhledem k tomu, že nedochází k ovlivnění automobilovým provozem, je možné zahrnout většinu vlivů. Z potřebné poptávky po dané dopravě (danou průzkumem) a maximální obsaditelností je odvozen minimální počet dopravních prostředků a na základě toho je sestaven interval, který je pak možné ještě upravovat.³⁶

Pro autobusovou dopravu se využívá grafická metoda, která také vychází z analytické, ale jen jako orientační údaj. Na grafu se znázorňuje průběh jednotlivých autobusů v daných intervalech. Počet spojů určuje počet souprav, které budou potřeba, dokud nebude možné je opět navázat na další spoj. Na následujícím obrázku 3.3.2 je vidět tvorba jednoho spoje pro daný autobus. V průběhu času by se mohly doby jízdy znázorněné lomenou čarou měnit. Sklonem k ose x je znázorněno prodlužování nebo zkracování cestovní rychlosti na jednotlivých úsecích trati.³⁷



Obrázek 3.3-2 tvorba grafikonu³⁸

³⁵ LACEK, pozn. 2, S. 210.

³⁶ LACEK, pozn. 2, S. 204.

³⁷ LACEK, pozn. 2, S. 205.

³⁸ LACEK, pozn. 2, S. 207.

Další možností vyjádření grafikonů je prováděno pomocí jízdních řádů a ty by měly být srozumitelné a přehledné. Jízdní řády jsou několika typů a také se dělí podle toho, komu jsou určeny, prvním skupinou jsou jízdní řády služební. Sem patří vozový jízdní řád, který je určen pro řidiče na daném dopravním prostředku. Dalším typem služebního jízdního řádu jsou dispečerské jízdní řády, které jsou určeny pro dispečerské stanoviště. Obsahují pořadová čísla daných dopravních prostředků a časy průjezdů, příjezdů nebo odjezdů všech linek, které toto dispečerské centrum vypravuje. Posledním typem služebního jízdního řádu jsou výpravářenské jízdní řády, ty jsou určeny pro každé depo, garáž nebo vozovnu. Obsahují přesný chronologický sled výjezdů a příjezdů daných dopravních prostředků do/z provozovny.³⁹

Další skupinou jsou jízdní řády pro cestující, ty se dělí na dvě části. Staniční jízdní řády, které jsou zpracovány samostatně pro každou zastávku. Jmenovitě určují časy pro každou projíždějící linku a to buď přesným časem na minutu přesně anebo rozmezím intervalu (to je možné pouze u linek s intervalem kratším 15 minut). Druhou částí je vypracovávání knižních jízdních řádů, kde jsou znázorněny sítě městské hromadné dopravy s vyznačenými linkami a s názvy stanic. Obvykle jsou členěny podle jednotlivých druhů dopravy.⁴⁰

3.3.1 Koordinace jízdních řádů

Jedná se o sladění, proložení a vzájemné návaznosti linek i různých druhů. Na jedné trase jde o to proložit projíždějící linky stejného druhu dopravy, tak aby bylo dosaženo pravidelného zatížení trasy. V přestupních místech se mohou navazovat linky stejného druhu například autobus – autobus, ale i metro – tramvaj. Obvykle se dodržuje, že k více kapacitním spojům se přiřazují méně kapacitní spoje. Pořadí je dáno tak, že za nejméně kapacitní se považuje autobus, pak trolejbus, tramvaj a nejvíce kapacitní je metro. O návaznosti spojů se neuvažuje u linek, které mají interval kratší než 5 minut. Návaznost je zajištěna u prvních ranních spojů a vždy u všech posledních nočních spojů.⁴¹

³⁹ LACEK, pozn. 2, S. 209.

⁴⁰ LACEK, pozn. 2, S. 209.

⁴¹ LACEK, pozn. 2, S. 210.

3.4 Metoda datových obalů (DEA)

Hodnocení efektivnosti a výkonnosti produkčních jednotek v soukromém i veřejném sektoru je velmi aktuální problematika, zvláště pro oblast strategického a taktického řízení. Cílem není získat pouhé pořadí hodnocených jednotek od nejhorší po nejlepší, ale hlubší analýza pomocí, které je možné zjistit, které faktory nejvíce ovlivňují efektivní nebo neefektivní jednotky. Na tomto základě je pak možné se pokusit o odstranění těchto zdrojů neefektivnosti a to vede k celkovému zlepšení řízení jednotek v konkurenčním prostředí.⁴²

Obecně může být efektivita vyjádřena jako poměr výstupů, které jednotka produkuje a vstupů, které při tom spotřebovává. Pro analýzu těchto údajů je možné využít celou řadu metod a modelů, nejčastěji to bývají různé poměrové ukazatele ze standardních finančních výkazů, jejichž nevýhodou je že postihují jeden nebo několik málo faktorů, které mají vliv na efektivnost. Ale efektivnost, produktivita či výkonnost obvykle závisí na mnoha faktorech, které mohou být velmi různorodé. Kromě finančních charakteristik se může jednat o počet zaměstnanců, zastavěnou plochu a různé kvalitativní ukazatele, jejichž agregace je velice obtížná a v některých případech to ani není možné. V této práci je využita metoda DEA, která je uznávána jako moderní přístup k hodnocení efektivnosti a výkonnosti produkčních jednotek či organizací a jejich výsledků. DEA zasahuje do několika vědeckých oblastí, jako jsou například management, ekonomika a matematika.^{43, 44}

Model DEA, který slouží k hodnocení technické efektivity produkčních jednotek systému na základě velikosti vstupů a výstupů. Tato metoda rozděluje produkční jednotky na efektivní a neefektivní, což je dáno množstvím vyprodukovaných výstupů a množstvím spotřebovaných vstupů dané jednotky vzhledem k ostatním srovnávaným jednotkám v daném modelu. Tím se tato metoda velmi liší například od statistických metod, které danou efektivitu porovnávají s normou či průměrem, ale i do modelu DEA lze tuto normovanou produkční jednotku zařadit, pak by se ale řešila problematika toho, jak by se dané produkční jednotky museli změnit, aby dosáhly normy, popřípadě, které jednotky jsou již efektivní. Metoda DEA tedy porovnává produkční jednotky vzhledem k efektivním

⁴² JABLONSKÝ, DLOUHÝ, pozn. 3, S. 7.

⁴³ ALI, Emrouznejad; PODINOVSKI, Victor. *Data Envelopment Analysis and Performance Management* [online]. UK: Warwick print, 2004 [cit. 2011-03-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.deazone.com/books/DEAbook2004.pdf>>. ISBN 090268373X.

⁴⁴ JABLONSKÝ, DLOUHÝ, pozn. 3, S. 7.

produkčním jednotkám v daném modelu. Jde o metodu odhadu produkční funkce založenou na teorii lineárního programování. Obecně je možné mezi sebou porovnávat pouze jednotky, které jsou homogenní, jinak řečeno jednotky které k produkci podobných výstupů spotřebovávají podobný typ vstupů. Ve výkonech těchto produkčních jednotek ale musí být rozdíly. Po výpočtu metodou DEA je pak možné odečíst, které jednotky jsou efektivní a jak mají neefektivní jednotky redukovat své vstupy nebo zvýšit své výstupy, aby se staly efektivními produkčními jednotkami.⁴⁵

Vstupní informace se zapisují do tabulky, která má charakter kritériální matice. Sloupce odpovídají vstupním kritériím a musí mít minimalizační charakter nebo výstupním kritériím, které mají charakter maximalizační. Což odpovídá tomu, že pokud jednotka produkuje větší množství výstupů a spotřebovává k tomu vyšší množství vstupů, tak je zachována efektivita spotřeby a dochází ke kompenzaci kritériálních hodnot.⁴⁶

	Vstupy				Výstupy			
	X_1	X_2	\dots	X_m	Y_1	Y_2	\dots	Y_n
S_1	x_{11}	x_{21}	\dots	x_{m1}	y_{11}	y_{21}	\dots	y_{n1}
S_2	x_{12}	x_{22}	\dots	x_{m2}	y_{12}	y_{22}	\dots	y_{n2}
\vdots	\vdots	\vdots	\dots	\vdots	\vdots	\vdots	\dots	\vdots
S_p	x_{1p}	x_{2p}	\dots	x_{mp}	y_{1p}	y_{2p}	\dots	y_{np}

Tabulka 3.4-1 obecné zadání vstupní matice pro metodu DEA⁴⁷

Předchozí obrázek 3.4.1 naznačuje rozložení vstupů a výstupů v kritériální matici pro model DEA, $S_1 \dots S_p$ jsou jednotlivé produkční jednotky, x a y jsou pak konkrétní hodnoty daných produkčních jednotek dle vstupů a výstupů.⁴⁸

Množství jednotek, které jsou v daném modelu porovnávány, musí být dostatečně velký vzhledem k počtu kritérií. Čím více je v modelu kritérií tím více je nutné mít produkčních jednotek, aby všechny jednotky modelu netvořili datový obal a nebyly považovány všechny jednotky za efektivní. Je také vhodné vybrat pouze zásadní kritéria pro hodnocení

⁴⁵ BROŽOVÁ; HOUŠKA, ŠUBRT, pozn. 4, S. 126.

⁴⁶ BROŽOVÁ; HOUŠKA, ŠUBRT, pozn. 4, S. 126.

⁴⁷ BROŽOVÁ; HOUŠKA, ŠUBRT, pozn. 4, S. 127.

⁴⁸ BROŽOVÁ; HOUŠKA, ŠUBRT, pozn. 4, S. 127.

daných produkčních jednotek. Zároveň je nutné znát všechny hodnoty pro všechny produkční jednotky v každém kritériu a tato kritéria, aby spolu příliš nekorelovala.⁴⁹

Základní myšlenka DEA modelů je založena na tom, že pro daný problém existuje množina produkčních možností. Tato množina produkčních možností je tvořena všemi přípustnými kombinacemi vstupů a výstupů. Množinou produkčních možností je také určena efektivní hranice. Efektivní jednotka leží na hranici technické efektivity, tvoří datový obal, který je dán kombinací vstupů a výstupů příslušné efektivní jednotky. Jednotka je efektivní, pokud spotřebovává malé množství vstupů a produkuje velké množství výstupů. Pokud není jednotka efektivní, což znamená, že neleží na hranici technické efektivity, potom je nutné upravit velikost vstupů této neefektivní produkční jednotky, popřípadě zachovat velikost vstupů a navýšit velikost výstupů. O kolik je nutné, aby daná neefektivní jednotka snížila své vstupy nebo navýšila své výstupy, je možné zjistit metodou DEA.^{50,51}

Následující vzorec uvažuje pro hodnocení efektivity jednotek pouze jeden vstup a jeden výstup:

$$efektivita = \frac{výstup}{vstup} \quad (1)$$

Míra efektivity popsaná následujícím vzorcem se používá tehdy, pokud je využíváno více vstupů a více výstupů:

$$efektivita = \frac{vážená\ suma\ výstupu}{vážená\ suma\ vstupu} \quad (2)$$

Po rozepsání pro každou jednotku:

$$e_k = \frac{\sum_{j=1}^n u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}}, k = 1, 2, \dots, p \quad (3)$$

⁴⁹ FRIEBELOVÁ, Jana. *Rozhodovací modely pro ekonomy*. České Budějovice : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2007. 57-69 s. ISBN 978-80-7394-035-5. S. 57.

⁵⁰ BROŽOVÁ; HOUŠKA, ŠUBRT, pozn. 4, S. 127.

⁵¹ FRIEBELOVÁ, pozn. 46, S. 57.

kde u_j , v_i jsou váhy jednotlivých vstupů a výstupů pro všechny hodnocené jednotky, x_{ik} je velikost i -tého vstupu pro k -tou jednotkou a y_{jk} je velikost j -tého výstupu pro k -tou jednotkou (celkem je hodnoceno p jednotek).⁵²

Metoda DEA připouští různé váhy vstupů a výstupů pro každou hodnocenou jednotku. Tyto váhy většinou nejsou odvozené od ceny, ale obvykle od technologie jednotlivých jednotek. Vztah pro míru technické efektivity:

$$e_k = \frac{\sum_{j=1}^n u_{jk} y_{jk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik}}, k = 1, 2, \dots, p \quad (4)$$

kde u_{ij} a v_{jk} jsou individuální váhy jednotlivých vstupů a výstupů pro jednotlivé jednotky.
53

V celém souboru hodnocených jednotek, pokud jich je dostatečné množství, je obvykle několik jednotek efektivních a několik neefektivních. Hypotetická virtuální jednotka se určuje pouze pro neefektivní jednotky, tato hypotetická virtuální jednotka je dána váženým průměrem daných skutečných efektivních jednotek v tomto případě peer jednotek. Virtuální jednotka je vzorem pro neefektivní jednotku, tím že spotřebovává méně vstupů nebo produkuje více výstupů nebo obojí. V daném modelu je vždy alespoň jedna jednotka efektivní.⁵⁴

3.4.1 CCR vstupově orientovaný model

U modelů CCR je předpokládán konstantní výnos z rozsahu. Pomocí tohoto modelu je možné určit, jaké má být množství vstupů, aby se neefektivní jednotka stala efektivní. Poměrem vážené sumy vstupů a vážené sumy výstupů je získán koeficient technické efektivity a ten je z intervalu $(0;1]$. Pokud je produkční jednotka hodnocena dle koeficientu technické efektivity 1, pak se jedná o efektivní produkční jednotku. Pokud je hodnocena produkční jednotka méně než 1, pak se jedná o neefektivní produkční jednotku

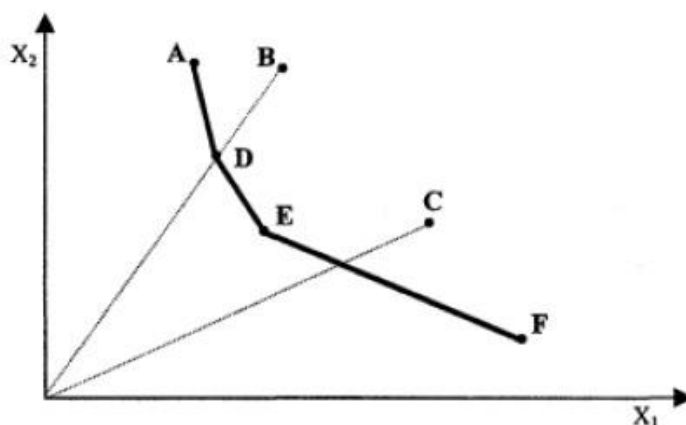
⁵² BROŽOVÁ; HOUŠKA, ŠUBRT, pozn. 4, S. 127.

⁵³ BROŽOVÁ; HOUŠKA, ŠUBRT, pozn. 4, S. 128.

⁵⁴ FRIBELOVÁ, pozn. 46, S. 59.

a zároveň je tak určena míra, která je potřeba ke snížení vstupů tak, aby byla zajištěna efektivita dané produkční jednotky.⁵⁵

Na následujícím obrázku 3.4.1 je demonstrována ukázka, sledovaných produkčních jednotek, pokud jsou v daném modelu pouze dva vstupy a jeden výstup. Tuto situaci je možné znázornit graficky, při více vstupech a výstupech to již možné není.⁵⁶



Obrázek 3.4.1-1zobrazení principu vstupově orientovaného modelu CCR⁵⁷

Jednotky A, D, E a F spotřebovávají relativně nejméně vstupů a tvoří tzv. datový obal a leží na hranici praktické efektivity. Jednotky B a C jsou neefektivní, spotřebovávají velké množství vstupů vzhledem k ostatním efektivním jednotkám. Vytvořené spojnice od počátku k daným neefektivním jednotkám a jejich průtíním s hranicí praktické efektivity jsou dány virtuální jednotky pro dané neefektivní jednotky. Pro neefektivní jednotku B existuje reálná virtuální jednotka D, pokud by jednotka B měla být efektivní, musela by snížit množství vstupů na úroveň jednotky D. Jednotka C nemá reálnou podobu své virtuální jednotky, ale virtuální jednotka bude tvořena kombinací jednotek E a F, těmto jednotkám se pak říká peer jednotky pro neefektivní jednotku C.⁵⁸

V modelu jsou neznámé váhy přidělené vstupu i a váhy přidělené výstupu j pro jednotku k . Modelů je nutné vyřešit p , pro každou produkční jednotku zvlášť, protože váhy jsou určovány jednotlivě a každý model má $p+1$ omezujících podmínek a $m+n$ proměnných. Matematický model pro jednotku H je v následujícím vzorci:

⁵⁵ FRIEBELOVÁ, pozn. 46, S. 59.

⁵⁶ BROŽOVÁ; HOUŠKA, ŠUBRT, pozn. 4, S. 129.

⁵⁷ BROŽOVÁ; HOUŠKA, ŠUBRT, pozn. 4, S. 129.

⁵⁸ BROŽOVÁ; HOUŠKA, ŠUBRT, pozn. 4, S. 129.

$$\Phi_H = \frac{\sum_{j=1}^n u_{jH} y_{jH}}{\sum_{i=1}^m v_{iH} x_{iH}} \rightarrow \max \quad (5)$$

za podmínek

$$\begin{aligned} \frac{\sum_{j=1}^n u_{jH} y_{jk}}{\sum_{i=1}^m v_{iH} x_{ik}} &\leq 1, k = 1, 2, \dots, p, \\ u_{jH} &\geq 0, j = 1, 2, \dots, n, \\ v_{iH} &\geq 0, i = 1, 2, \dots, m. \end{aligned} \quad (6)$$

Uvedený optimalizační model je lineární lomený a upravuje se do lineárního tvaru, pomocí zafixování jmenovatele a maximalizací čitatele, čímž je získán lineární optimalizační model:

$$\Phi_H = \sum_{j=1}^n u_{jH} y_{jH} \rightarrow \max \quad (7)$$

za podmínek

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_{iH} x_{ik} &= 1, \\ - \sum_{i=1}^m v_{iH} x_{ik} + \sum_{j=1}^n u_{jH} y_{jk} &\leq 0, k = 1, 2, \dots, p, \\ u_{jH} &\geq 0, j = 1, 2, \dots, n, \\ v_{iH} &\geq 0, i = 1, 2, \dots, m. \end{aligned} \quad (8)$$

Primární model udává váhy jednotlivých vstupů a výstupů a koeficient technické efektivity Φ_H jednotky H.⁵⁹

Optimální hodnota účelové funkce udává efektivitu daných produkčních jednotek, pokud je účelová funkce rovna jedné, jedná se o efektivní jednotku, pokud je menší než jedna, jedná se o neefektivní jednotku. Hodnota účelové funkce je v tomto smyslu chápána jako

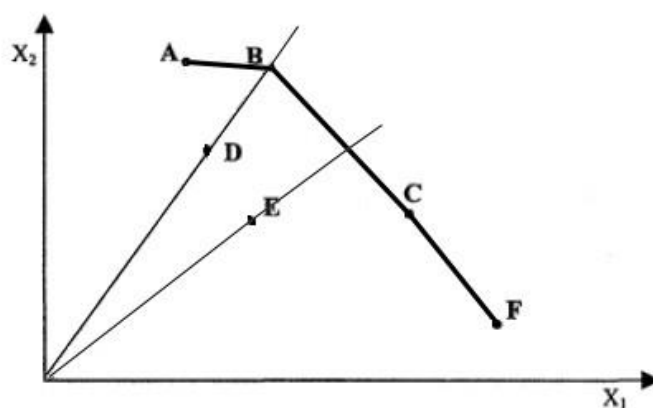
⁵⁹ BROŽOVÁ; HOUŠKA, ŠUBRT, pozn. 4, S. 130.

koeficient technické efektivity. Pomocí duálního modelu je možné zjistit pro neefektivní jednotky H koeficienty λ_{kh} kombinaci peer jednotek, které tvoří virtuální efektivní jednotku. Duální model k primárnímu CCR vstupově orientovanému modelu má tvar: ⁶⁰

$$\begin{aligned}
 & z_H \rightarrow \max, \\
 & x_{iH} z_H - \sum_{k=1}^p \lambda_{kH} x_{ik} \geq 0, i = 1, 2, \dots, m, \\
 & \sum_{i=1}^m \lambda_{kH} y_{jk} \geq y_{jH}, j = 1, 2, \dots, n, \\
 & \lambda_{kH} \geq 0, k = 1, 2, \dots, p.
 \end{aligned} \tag{9}$$

3.4.2 CCR výstupově orientovaný model

Výstupově orientovaný model vychází ze stejných předpokladů, jako vstupově orientovaný model. Určuje ale množství výstupů, aby se neefektivní jednotka stala efektivní. Koeficient technické efektivity určen inverzně oproti vstupově orientovanému modelu, tedy jako poměr celkové vážené sumy vstupů a celkové vážené sumy výstupů. Hodnota koeficientu technické efektivity je větší nebo rovna 1. Stejně jako u vstupově orientovaného modelu jednotka s koeficientem technické efektivity rovným jedné je efektivní, ale jednotka s koeficientem větší než jedna je neefektivní (u vstupově menší než jedna). Jednoduchý model je možné znázornit graficky, jak ukazuje obrázek 3.4.1.1. ⁶¹



⁶⁰ BROŽOVÁ; HOUŠKA, ŠUBRT, pozn. 4, S. 130.

⁶¹ FRIEBELOVÁ, pozn. 46, S. 67.

Obrázek 3.4.2-1 zobrazení principu výstupově orientovaného modelu CCR⁶²

Jednotky A, B, C a F leží na hranici praktické efektivity a produkují větší množství výstupů. Jednotky D a E efektivní nejsou. Opět je možné spojit počátek s neefektivními jednotkami a jejich protažením až k hranici praktické efektivity je možné si představit virtuální jednotky pro dané neefektivní jednotky. Pro jednotku D existuje reálná virtuální jednotka a tou je jednotka B. Jednotka E nemá svou reálnou virtuální jednotku a její virtuální jednotka bude tvořena kombinací peer jednotek B a C.⁶³

I u výstupově orientovaného modelu je nutné vyřešit pro p jednotek p modelů s $p+1$ podmínkami a $m + n$ proměnnými. Matematický model pro výstupově orientovaný CCR model pro jednotku H vypadá následujícím způsobem:

$$\Phi_H = \frac{\sum_{i=1}^m v_{iH} x_{iH}}{\sum_{j=1}^n u_{jH} y_{jH}} \rightarrow \min \quad (10)$$

za podmínek

$$\begin{aligned} \frac{\sum_{i=1}^m v_{iH} x_{iH}}{\sum_{j=1}^n u_{jH} y_{jH}} &\geq 1, k = 1, 2, \dots, p, \\ u_{jH} &\geq 0, j = 1, 2, \dots, n, \\ v_{iH} &\geq 0, i = 1, 2, \dots, m. \end{aligned} \quad (11)$$

Stejná úprava jako pro vstupově orientovaný model je provedena i pro výstupově orientovaný model. Jmenovatel v kritériální funkci je zafixován a je roven 1, pak je lineární optimalizační model ve tvaru:

$$\Phi_H = \sum_{i=1}^m v_{iH} x_{iH} \rightarrow \min \quad (12)$$

za podmínek

⁶² BROŽOVÁ; HOUŠKA, ŠUBRT, pozn. 4, S. 135.

⁶³ BROŽOVÁ; HOUŠKA, ŠUBRT, pozn. 4, S. 134.

$$\begin{aligned}
& \sum_{j=1}^n u_{jH} y_{jH} = 1, \\
- & \sum_{i=1}^m v_{iH} x_{ik} + \sum_{j=1}^n u_{jH} y_{jk} \leq 0, k = 1, 2, \dots, p, \\
& u_{jH} \geq 0, j = 1, 2, \dots, n, \\
& v_{iH} \geq 0, i = 1, 2, \dots, m.
\end{aligned} \tag{13}$$

Duální model k primárnímu CCR výstupově orientovanému modelu má tvar:

$$\begin{aligned}
& z_H \rightarrow \max, \\
z_H & \sum_{k=1}^p \lambda_{kH} x_{ik} \leq x_{iH}, i = 1, 2, \dots, m, \\
z_H y_{jH} & \sum_{i=1}^m \lambda_{kH} y_{jk} \geq 0, j = 1, 2, \dots, n, \\
& \lambda_{kH} \geq 0, k = 1, 2, \dots, p.
\end{aligned} \tag{14}$$

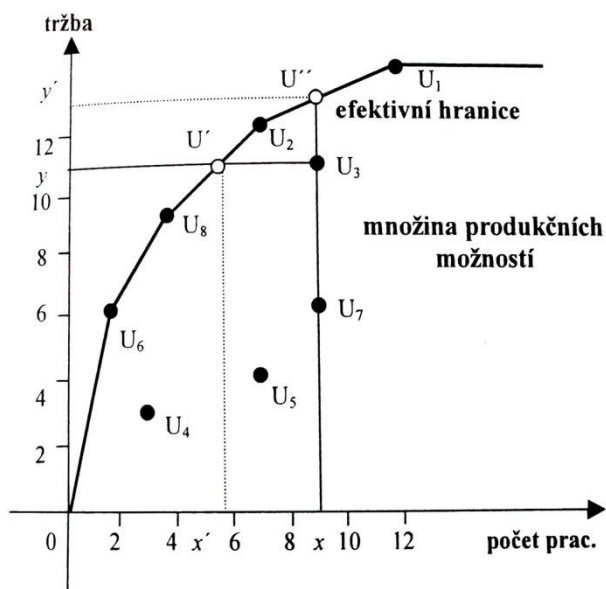
Výsledky mají velice obdobnou interpretaci jako u vstupově orientovaného modelu. Každá neefektivní jednotka má svou virtuální jednotku, která může mít reálnou podobu, pokud nemá pak je dána poměrem peer jednotek dané neefektivní jednotky. U výstupově orientovaného modelu je udáno, jak by neefektivní jednotka musela navýšit své výstupy, aby se stala efektivní jednotkou, oproti vstupově orientovanému modelu, kde se naopak zjišťovalo, jak má daná neefektivní jednotka snížit své vstupní hodnoty. U modelu s konstantním výnosem z rozsahu se musí inverzní koeficient praktické efektivity výstupově orientovaného modelu rovnat koeficientu praktické efektivity vstupově orientovaného modelu.⁶⁴

3.4.3 BCC model

U CCR orientovaných modelů je nutné dodržet konstantní výnos z rozsahu, tento předpoklad se ukázal být jako omezující. V modelu BCC (podle autorů Banker, Charnes a Cooper) je tento předpoklad uvolněn a předpokládá se variabilní výnos z rozsahu, což je vhodné pro jednotky u kterých s narůstajícím vstupem už nerostou tolik vstupy. Například v malých nemocnicích se vyléčí méně pacientů než ve velkých nemocnicích, ale ve velkých nemocnicích se jich nevyléčí v poměru k malým nemocnicím tolik, neboť velké

⁶⁴ BROŽOVÁ; HOUŠKA, ŠUBRT, pozn. 4, S. 135, 139.

nemocnice přijímají závažnější případy, takže s rostoucím vstupem už tolik nenarůstá počet ošetřených pacientů. Neplatí tedy požadavek, že pro zachování efektivity musí být x -násobek vstupů doplněn stejným násobkem výstupů. BCC model pak vede k tomu, že jednotka bude efektivní, i když poměrný nárůst výnosů bude nižší než odpovídající nárůst vstupů.⁶⁵



Obrázek 3.4-1 grafické znázornění BCC⁶⁶

Na obrázku 3.5.3 je vidět znázornění produkčních možností a konvexní obal dat, který tvoří efektivní hranici. Při CCR je míra efektivity produkční jednotky stejná pro vstupově i výstupově orientovaný model (jedná se pouze o převrácenou hodnotu). Při variabilních výnosech z rozsahu je míra efektivity určena poměrem x'/x ve stejném modelu orientovaném na výstupy je to ale y'/y , popřípadě převrácená hodnota, hodnoty x' a y' jsou odvozeny, tak jak je to patrné z obrázku. A tak je zřejmé, že míra efektivity v modelech s variabilním výnosem z rozsahu může být a obvykle i je různá při orientaci na vstupy a na výstupy. Při použití BCC modelu je obvykle označen jako efektivní vyšší počet produkčních jednotek nebo minimálně stejný počet efektivních jednotek jako v modelu CCR.⁶⁷

⁶⁵ JABLONSKÝ, DLOUHÝ, pozn. 3, S. 75.

⁶⁶ JABLONSKÝ, DLOUHÝ, pozn. 3, S. 75.

⁶⁷ JABLONSKÝ, DLOUHÝ, pozn. 3, S. 76.

V modelech BCC s variabilním výnosem z rozsahu je požadováno, aby virtuální jednotka pro danou produkční jednotku, byla konvexní kombinací svých peer jednotek a součet koeficientů $\lambda_{kH}, k = 1, \dots, p$ byl roven 1. ⁶⁸

Vstupově orientovaný BCC model pro produkční jednotku H má následující formulaci

$$\Phi_H = \frac{\sum_{j=1}^n u_{jH} y_{jH}}{\sum_{i=1}^m v_{iH} x_{iH}} \rightarrow \max \quad (15)$$

Za podmínek

$$\begin{aligned} \frac{\sum_{j=1}^n u_{jH} y_{jH} + q_H}{\sum_{i=1}^m v_{iH} x_{iH}} &\leq 1, k = 1, 2, \dots, p, \\ u_{jH} &\geq 0, j = 1, 2, \dots, n, \\ v_{iH} &\geq 0, i = 1, 2, \dots, n. \end{aligned} \quad (16)$$

q_h libovolné, resp. po linearizaci

$$\Phi_H = \sum_{j=1}^n u_{jH} y_{jH} + q_h \rightarrow \max \quad (17)$$

za podmínek

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_{iH} x_{iH} &= 1 \\ - \sum_{i=1}^m v_{iH} x_{iH} + \sum_{j=1}^n u_{jH} y_{jH} + q_h &\leq 0, k = 1, 2, \dots, p, \\ u_{jH} &\geq 0, j = 1, 2, \dots, n, \\ v_{iH} &\geq 0, i = 1, 2, \dots, n. \end{aligned} \quad (18)$$

q_h libovolné. ⁶⁹

Duální model k primárnímu vstupově orientovanému modelu má tvar

⁶⁸ JABLONSKÝ, DLOUHÝ, pozn. 3, S. 84.

⁶⁹ JABLONSKÝ, DLOUHÝ, pozn. 3, S. 85.

$$Z_H \rightarrow \min \quad (19)$$

za podmínek

$$\begin{aligned} x_{iH} z_H - \sum_{k=1}^p \lambda_{kH} x_{ik} &\geq 0, i = 1, 2, \dots, m, \\ \sum_{k=1}^p \lambda_{kH} y_{jk} &\geq y_{jH}, j = 1, 2, \dots, n, \\ \sum_{k=1}^p \lambda_{kH} &= 1 \\ \lambda_{kH} &\geq 0, k = 1, 2, \dots, p, \\ z_H &\text{ libovolné.} \end{aligned} \quad (20)$$

Analogicky jako v případě CCR modelu je sestaven i BCC model výstupově orientovaný primární i duální. Interpretace výsledků pro jednotlivé produkční jednotky je stejná jako v případě CCR vstupově i výstupově orientovaného modelu. Pro každou neefektivní jednotku je nalezena virtuální jednotka, která je kombinací peer jednotek. Protože se ale jedná o variabilní výnos z rozsahu, bude součet příslušných λ roven 1.⁷⁰

⁷⁰ JABLONSKÝ, DLOUHÝ, pozn. 3, S. 86.

4. Případová studie

Většina firem řeší problematiku toho, zda je její výroba, provoz a celková činnost efektivní a pro tuto problematiku existuje velké množství složitých i jednoduchých ukazatelů, metod a modelů. Může být zkoumána pouze samotná firma z několika pohledů nebo mohou být porovnávány pouze její činnosti, ale také je možné porovnávat danou firmu s konkurencí. V této práci je takto nahlíženo i na Dopravní podnik hl. m. Prahy se zaměřením na vybrané autobusové linky, které jsou hodnoceny modelem DEA s variabilním výnosem z rozsahu. Pak je možné určit, které linky jsou dle daných kritérií (vstupů a výstupů) efektivní popřípadě neefektivní. Pro neefektivní linky je možné dopočítat, jak by tyto neefektivní linky musely navýšit své výstupy popřípadě snížit své vstupy, aby se staly efektivními produkčními jednotkami, linkami. Každá z hodnocených linek je nejdříve takto prozkoumána před změnou a následně i po změně.

4.1 Dopravní podnik hl. m. Prahy

Dopravní podnik hl. m. Prahy je akciová společnost a jejím stoprocentním vlastníkem je hlavní město Praha. Tento podnik byl založen v roce 1991 a navazuje na více než 110 letou tradici svých předchůdců. Dopravní podnik je také akcionářem v obchodních společnostech, jejichž činnost souvisí s dopravou. Dopravní podnik se snaží neustále zvyšovat svou kvalitu nabízených služeb v přepravě cestujících a vším co s přepravou souvisí.⁷¹

Síť metra je páteř celého systému městské hromadné obsluhy v Praze a cestující mohou využívat 54 stanic na 59,4 km tratí. Provoz tramvají je zajišťován na 26 denních a 9 nočních linkách a celková délka provozovaných linek činí 559,3 km (tento údaj je uveden pouze před změnou v roce 2012 a po změně tento údaj ještě není dostupný).⁷²

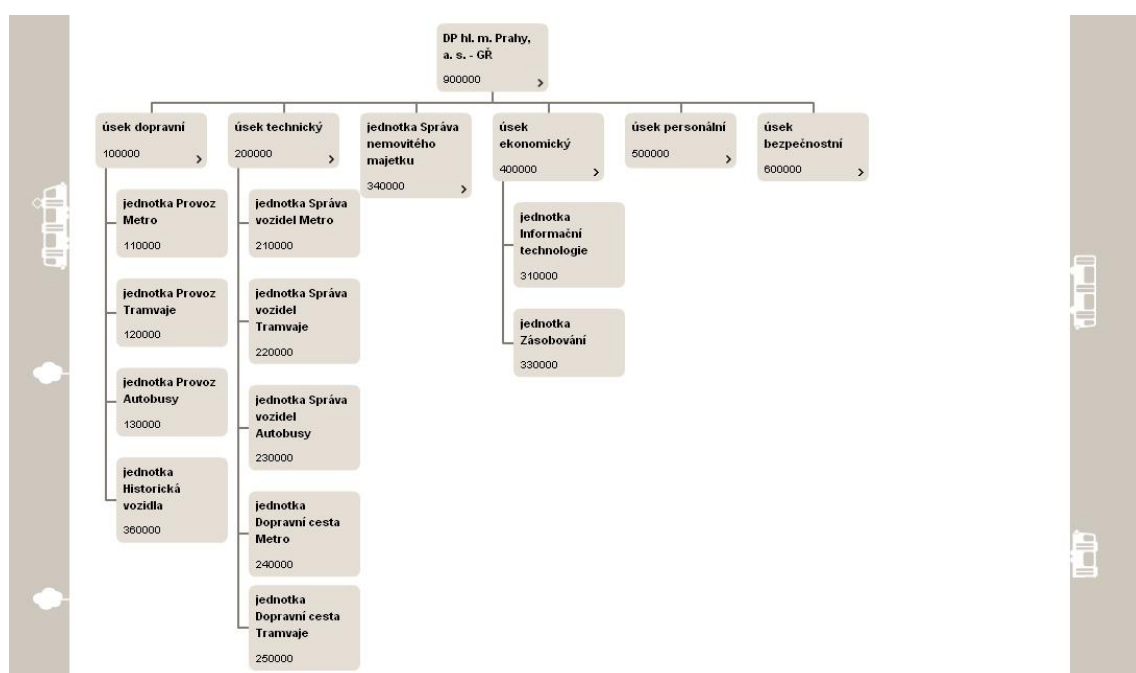
Před změnou bylo vedeno 182 denních a 13 nočních autobusových linek o celkové délce více jak 2 123,4 km. Pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace byly provozovány 2 linky zvláštní linkové dopravy. Na 90 denních vnitroměstských linkách byla zabezpečována pravidelná bezbariérová přeprava a v pracovní den na ně bylo garantováno vypravení celkem 279 nízkopodlažních (bezbariérových) autobusů. Po

⁷¹ Profil společnosti. *Dopravní podnik hlavního města Prahy* [online]. 2012 [cit. 2013-03-18]. Dopravní podnik hlavního města Prahy. Dostupné z WWW: <<http://www.dpp.cz/profil-spolecnosti/>>.

⁷² Profil společnosti, pozn. 72.

provedené změně v září roku 2012 je autobusových linek 134 (tedy o 48 linek méně než před změnou) a jejich komunikační síť je v délce 829 km a úhrnná délka všech linek činí 1689,9 km, což je přibližně 80% úhrnné délky trasy před změnou. Celkový počet autobusů vozového parku Dopravního podniku hl. m. Prahy je 1247 autobusů a z nich je 747 nízkopodlažních, takže v tomto ohledu došlo k velkému nárůstu počtu nízkopodlažních vozů. Se vznikem a rozvojem Pražské integrované dopravy, se Dopravní podnik hl. m. Prahy podílí i na provozování příměstských linek řady 300 v okolí a na území Prahy.⁷³

Struktura Dopravního podniku hl. m. Prahy je naznačena na obrázku 4.1.1.



Obrázek 4.1-1 struktura podniku⁷⁴

4.2 Výchozí analýza situace

Dopravní podnik hl. m. Prahy provedl v září roku 2012 velkou změnu v dopravě. Dopravní podnik do té doby téměř vůbec nerušil žádné tramvajové ani autobusové linky, pouze přidával další a další v návaznosti na to, kde začalo vznikat například nové sídliště nebo nová obchodní centra. Proto byla před změnou provedena velká revize a na základě toho

⁷³ Profil společnosti, pozn. 72.

⁷⁴ Organizační struktura. *Dopravní podnik hlavního města Prahy* [online]. 2012 [cit. 2013-03-18]. Dopravní podnik hlavního města Prahy. Dostupné z WWW: <<http://www.dpp.cz/organizacni-struktura/>>.

bylo vyřazeno mnoho linek a také byly upraveny trasy linek, které zůstaly v provozu, změny se týkaly i intervalů, počtu řidičů atd.⁷⁵

Pro Dopravní podnik je vytvořeno autobusové portfolio, které má 10 reprezentativních linek před změnou, tyto linky byly vybrány tak, aby se co nejvíce lišily a aby byl zastoupen každý typ linky. Linky provozované jako kloubové autobusy, krátké autobusy, na trasách krátkých či dlouhých, v prokladu s jinou linkou atd. Jak je již uvedeno, po změně je hodnocených linek devět a následně je pak provedeno hodnocení a analýza změny na vybraných autobusových linkách pomocí metody DEA s variabilním výnosem z rozsahu.

První vybranou linkou je linka č. 114, tato linka je po změně zkrácena o polovinu své trasy a nyní pouze vypomáhá lince č. 193 na nejvytíženější části trasy, tedy od Kačerova k IKEMu. Celou trasu původní linky č. 114 obsluhuje linka č. 193, ta ale pokračuje dále na Nádraží Vršovice a nejezdí přímo přes Kačerov. Aby byla nová zkoumaná linka srovnatelná s původní linkou č. 114, bude v modelu pro výpočet efektivity využita pouze polovina linky č. 193. Počet přepravených cestujících i délka trasy 10,9 km zůstane zachována, linka č. 193 má ale kratší interval vzhledem k původní lince č. 114 a tak dojde ke změně všech vstupních parametrů. Linka č. 193 je stejně jako linka č. 114 vedena jako krátký autobus s několika nízkopodlažními vozy, protože linka jezdí okolo Thomayerovy nemocnice. Linka č. 193 je v úzkém prokladu s linkou č. 114 a navazuje také na metro hlavně ve večerních a poledních hodinách. O víkendech se vstupní údaje příliš nezměnily, ale došlo ke snížení počtu řidičů, přičemž interval zůstal zachován. Vzhledem k tomu, že se jedná o autobus krátký, tak má i nižší spotřebu. Linka také disponuje velkou jedinečností či nezastupitelností, protože z IKEMu až na Šeberák žádná jiná linka nejezdí.

Další linkou je č. 113, která prošla také změnou provedenou Dopravním podnikem na začátku září 2012. Došlo k výraznému snížení řidičů a počtu autobusů o víkendech a svátcích a s tím spojené i značné prodloužení intervalu. Naopak ve všední den došlo k mírnému posílení linky a to hlavně ve špičce, v poledních hodinách je opět interval významně prodloužen. Linka je také obsluhována jako krátký autobus ale bez nízkopodlažních vozů, v důsledku čehož má nižší spotřebu. Více než čtvrtinu trasy linka č. 113 obsluhuje sama, tedy není na dané části trasy zastupitelná jinou linkou, což je vidět i

⁷⁵ Trvalé změny vybraných linek PID od 1. září 2012. *Dopravní podnik hlavního města Prahy* [online]. 2012 [cit. 2013-03-18]. Dostupné z: <http://www.dpp.cz/trvale-zmeny-vybranych-linek-pid-od-1-zari-2012/>.

ve vstupní tabulce a její vyšší jedinečností. Počet přepravených cestujících zůstane zachován stejně jako délka trasy, kde nedošlo k žádné změně a tedy délka trasy je 12,95 km. Hlavním parametrem pro tuto linku představuje návaznost na metro C.

Další linkou zařazenou do portfolia Dopravního podniku je linka č. 200. U této linky došlo jen k drobným změnám a tedy počet cestujících i délka trasy 9 km zůstává stejná a hlavním cílem této linky je přeprava cestujících na Kobylisy k metru C. Interval je prodloužen přibližně o 1 minutu, což umožnilo ušetřit řidiče a několik spojů, a tím se snížily časy na přestávkách a časy, které řidič stráví řízením autobusu. Tato linka je vedena jako kloubový autobus a je v úzkém prokladu s linkou č. 177 a č. 102 téměř po celé své trase, a tak nezastupitelnost této linky je velice nízká.

U linky č. 144 také nedošlo k žádným významnějším změnám, stejně jako u většiny linek došlo k prodloužení intervalu, tím se podařilo ušetřit několik řidičů i časy strávené na přestávkách. Délka trasy (7,7 km) zůstává zachována stejně jako počet přepravených cestujících. Vzhledem k tomu, že je linka v úzkém prokladu s linkou č. 102, se kterou má značnou část trasy stejnou, má také tato linka velice nízkou nezastupitelnost. A tím, že je vedena jako kloubový autobus má i vyšší spotřebu.

Další linkou je linka č. 135, která je vedena jako krátký autobus a její trasa vede přes centrum stejně jako před změnou, ale na druhém konci trasy došlo ke změně a linka již nekončí na Hájích ale na Kolejích jižní město. Přesto je v této studii ponechán stejný počet přepravených cestujících, neboť délka trasy zůstává srovnatelná. Linka č. 135 je jednou z mála linek, u které došlo k poměrně významnému posílení, a tak má linka vyšší všechny vstupní údaje. Linka je vedena jako krátký autobus a má trochu nižší spotřebu oproti dlouhým autobusům, ale v rámci krátkých autobusů se jedná o spotřebu vyšší, protože linka má náročnější profil trati a občas uvízne v kolonách.

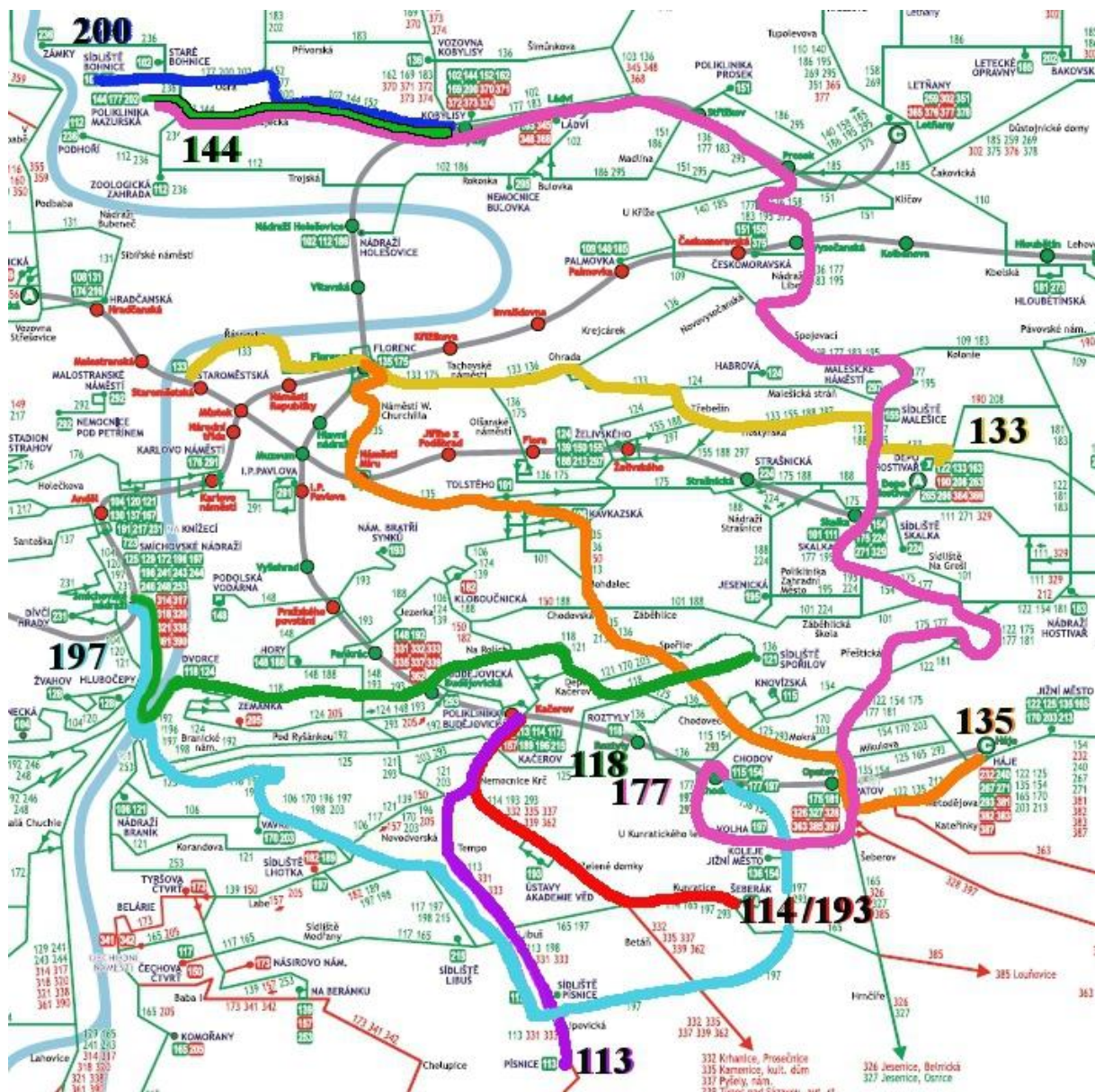
Šestou vybranou linkou je č. 133, která stejně jako linka č. 135 jezdí v centru, ale je vedena jako kloubový autobus a tím pádem má i vyšší spotřebu. U této linky nedošlo k žádné změně trasy, ale došlo k drobnému prodloužení intervalu a podařilo se ušetřit několik spojů. Počet přepravených cestujících zůstává stejný a linka malý kousek trasy obsluhuje jako jediná.

Dalšími linkami zařazenými v portfolia Dopravního podniku jsou linky č. 197 a č. 198. Linka č. 198, která vypomáhala lince č. 197, je ale zrušena a tak linka č. 197 obsluhuje tuto trasu sama. Pro hodnocení efektivnosti bude linka č. 198 vyřazena po změně i z tohoto portfolia a počet přepravených cestujících je přidělen lince č. 197 součtem přepravených cestujících obou linek. Oproti původní lince č. 197 tedy došlo k významnému navýšení najetých km a všech vstupních údajů, které je ale způsobeno právě vyřazením linky č. 198. Linka je vedena jako dlouhý autobus, ale její trasa není příliš náročná vzhledem ke stupňům průjezdnosti (pravděpodobnost tvorby kolon). Linka č. 197 nejedí téměř žádnou část své trasy sama a je tedy celkem dobře nahraditelná.

Linka č. 177 také neprošla významnými změnami, došlo jen k úpravám intervalu a žádným úpravám na trase. Stále se jedná o páteřní linku, která spojuje sever Prahy s jihem. Linka je téměř všude na své trase proložena s jinými linkami, které se k ní připojují a zase se odpojují a tak má linka vzhledem k najetým kilometrům nízkou nezastupitelnost. Linka má nejvyšší spotřebu ze všech linek, což je dáno především tím, že je vedena jako dlouhý autobus a také profil trati je hlavně ve všedních dnech velice náročný a často se tvoří kolony. Stále se jedná o linku, která má nejvyšší počet přepravených cestujících a také k tomu využívá nejvyšší počet vstupů.

Poslední vybranou linkou je linka č. 118, která také prošla několika změnami. Asi hlavní změnou bylo její prodloužení ze zastávky Dvorce na Smíchovské nádraží, díky tomu došlo i ke zvýšení počtu cestujících. Na druhé straně došlo ke zkrácení linky a linka č. 118 již nejedí až na Roztyly ale jen na sídliště Spořilov a tak délka trasy zůstala velice podobná. Linka je stále vedena jako krátký autobus a spotřeba je nižší. Linka také kousek své trasy obsluhuje jako jediná a tím se jí zvyšuje jedinečnost či nezastupitelnost.

Všechny linky respektive jejich trasy po provedené změně v září roku 2012 je možné si prohlédnout v následujícím obrázku 4.2.1.



Obrázek 4.2-1 mapa devíti vybraných linek⁷⁶

Z výše zmíněných důvodů je na mapce vyznačených linek po změně devět a tyto linky budou zkoumány podle daných kritérií. Linky jsou zkoumány ve dvou situacích, v neděli, sobotu a svátky dohromady a ve všední den.

První vstup Počet najetých km (v km) v sobě zahrnuje všechny najeté kilometry všech autobusů dané linky za určitý den. Údaj je vypočítán jako počet všech spojů na určité lince násobený délkou trasy a je určen z grafikonů daných linek.

⁷⁶ Dopravní schémata. *Dopravní podnik hlavního města Prahy* [online]. 2012 [cit. 2013-03-18]. Dopravní podnik hlavního města Prahy. Dostupné z WWW: <<http://www.dpp.cz/dopravni-schemata/>>.

Druhým vstupem je Spotřeba. Spotřeba má minimalizační charakter, neboť je výhodné přepravit co nejvíce cestujících s co nejnižšími náklady a tento údaj je zjišťován dopravním průzkumem.

Třetí vstup s názvem Počet řidičů udává, kolik řidičů se během jednoho dne účastní na provozu dané linky a tato informace je dána z grafikonu dané linky.

Všechny přestávky (v hod) je název čtvrtého vstupu a udává celkový čas, který řidič neřídí, v tomto vstupu je zahrnuta přestávka na oběd nebo například bezpečnostní přestávka i přestávka vynucená na obrátkách, tento údaj je sečten pro všechny řidiče dohromady na dané lince.

Řídil autobus (v hod) je posledním vstupem a udává, jakou dobu řidiči dané linky řídili autobus a byli fyzicky na trase a přepravovali cestující, jako v předchozím případě bylo nutné pro každého řidiče zvlášť tento čas sečíst. Sečtením všech přestávek s celou dobou řízení je možné odvodit celkovou dobu, po kterou byli řidiči v práci. Tento údaj o čase řízení i čase na přestávkách se také odečítá z grafikonů daných linek.

Prvním výstupem je Počet přepravených cestujících a udává celkový počet všech lidí, kteří na dané trase nastoupili do autobusu během daného dne. Informace o počtu přepravených lidí je získána z dopravního průzkumu, nejčastěji jde o metodu sčítání na dané lince.

Do modelu je zařazen ještě druhý výstup s názvem Nezastupitelnost (km) dané linky. V této práci je uvažována nezastupitelnost linky jinou autobusovou linkou, tramvají či metrem jako kladná vlastnost linky. Tedy to, že linka jezdí jako jediná část trasy, je pro cestující důležité, protože vyřazením této linky by se cestující neměli jak dostat do této části, kterou obsluhuje linka jako jediná, což je velice sociálně nepřijatelné. Čím lépe bude linka ohodnocena dle tohoto kritéria, tím vyšší bude její efektivita. Tento údaj je dán počtem spojů na dané lince a její částí samostatné trasy odečtenou z mapy daných linek.

4.3 Srovnání DEA modelů CCR a BCC

Předtím než jsou propočítány všechny modely a je provedeno vyhodnocení změny je vhodné si ukázat, jaký rozdíl je mezi modely CCR a BCC modelem a jaký dopad má volba modelu na hodnocené produkční jednotky. Proto byl vytvořen následující model 4.3.1, na

kterém bude demonstrována efektivnost daných produkčních jednotek v tomto případě autobusových linek.

č. linky	VSTUPY					VÝSTUP
	počet najetých km	počet řidičů	počet autobusů	všechny přestávky (hod)	řídil autobus (hod)	Počet přepravených lidí
114	676,275	6	4	22,37	34,4	4445
113	844,55	8	4	22,09	41,8	5985
200	557,6	6	3	19,39	27,85	7616
144	472,6	6	3	18,04	25,25	8296
135	1968,275	14	8	26,09	97,23	13362
133	1465,4	12	7	23,4	83,76	16184
197	455	4	4	7,2	19,85	1624
198	1728	12	6	31,03	70,53	7632
177	3787,6	24	14	44,08	172,2	28832
118	953,05	7	4	16,38	44,76	4508

Tabulka 4.3-1 ukázková vstupní data

Tento model byl tedy využit jako vstupní údaje, jak pro model CCR, tak pro model BCC. Jaký to mělo vliv na hodnocení daných linek, již ukazuje tabulka 4.3.2, kde jsou uvedeny efektivity daných linek z pohledu vstupově a výstupově orientovaných daných modelů.

Linka č.	Efektivita vstupově orientované ho CCR	Efektivita výstupově orientované o CCR	inverzní hodnota efektivity výstupově orientovaného CCR	Efektivita vstupově orientovaného BCC	Efektivita výstupově orientovaný BBC	Převrácená hodnota efektivity výstupově orientovaný BCC
114	0,54	1,87	0,54	0,86	1,87	0,54
113	0,56	1,79	0,56	0,77	1,72	0,58
200	0,92	1,09	0,92	1	1,09	0,92
144	1	1	1	1	1	1
135	0,74	1,35	0,74	0,78	1,33	0,75
133	1	1	1	1	1	1
197	0,37	2,68	0,37	1	1	1
198	0,49	2,06	0,49	0,54	2	0,54
177	0,95	1,06	0,95	1	1	1
118	0,47	2,11	0,47	0,85	1,81	0,55

Tabulka 4.3-2 rozdíl mezi CCR a BCC

Charakteristické pro modely CCR je, že jednotky efektivní vstupově musí být efektivní i výstupově, což vychází i z matematického hlediska výpočtu metody DEA s konstantním výnosem z rozsahu a podrobně je tato problematika popsána v kapitole 3.5.1 a 3.5.2. Další charakteristikou vyplývající z metody DEA s konstantním výnosem z rozsahu je, že

inverzní hodnota efektivity výstupově orientovaného modelu musí odpovídat efektivitě vstupově orientovaného modelu a také peer jednotky pro neefektivní linky musí zůstat shodné jak z pohledu výstupově orientovaného modelu, tak z pohledu vstupově orientovaného modelu. Naproti tomu DEA model s variabilním výnosem z rozsahu již není takto omezen a tato podmínka je uvolněna, tím je způsobeno, že BCC model je mírnější a obvykle je efektivních jednotek více než pro CCR model resp. nemůže jich být efektivních méně. Stejně jako v tomto ukázkovém modelu vycházely dle CCR modelu efektivní pouze dvě linky, pro model BCC jsou efektivní čtyři linky resp. pět. V modelu BCC jsou efektivní vstupově a výstupově orientovaného modelu většinou odlišné, jako je to patrné i v tomto příkladu. Se změnou efektivity se v ukázkovém modelu dokonce linka č. 200 ve vstupově orientovaném modelu dostala na hranici technické efektivity z pohledu výstupově orientovaného modelu, ale došlo ke snížení. Což je dáno opět metodikou, jakou je počítám model BCC, a podrobně je tato problematika vysvětlena v kapitole literární rešerše 3.5.3.

4.4 Vstupově a výstupově orientovaný BCC model pro neděli, sobotu a svátky před změnou

Následující tabulka 4.4.1 udává vstupní a výstupní data pro výpočet vstupově i výstupově orientovaného modelu BCC. Jak je již uvedeno v předchozí kapitole má tento model před změnou vstupy počet najetých kilometrů, spotřebu, počet řidičů, všechny přestávky a řídil autobus, které mají minimalizační charakter. Výstupy jsou dva a jsou to přepravení lidé a nezastupitelnost, tyto výstupy je pak s ohledem na efektivnost nutné maximalizovat vzhledem k vstupním hodnotám.

č. linky	VSTUPY					VÝSTUP	
	počet najetých km	spotřeba (l)	počet řidičů	všechny přestávky (hod)	řídil autobus (hod)	přepravení lidé	nezastupitelnost (km)
114-2011-n	676,275	304,32	6	22,37	34,4	4445	342,9
113-2011-n	844,55	380,05	8	22,09	41,8	5985	452,2
200-2011-n	557,6	273,22	6	19,39	27,85	7616	13,6
144-2011-n	472,6	231,57	6	18,04	25,25	8296	13,5
135-2011-n	1968,275	925,09	14	26,09	97,23	13362	301,3
133-2011-n	1465,4	820,62	12	23,4	83,76	16184	108,8
197-2011-n	455	209,3	4	7,2	19,85	1624	16,8
198-2011-n	1728	933,12	12	31,03	70,53	7632	15,84
177-2011-n	3787,6	2234,68	24	44,08	172,2	28832	340
118-2011-n	953,05	409,81	7	16,38	44,76	4508	158

Tabulka 4.4-1 vstupní data před změnou a pro neděli

Z tabulky 4.4.1 je patrné, že linka č. 177 má nejvíce přepravených cestujících, za ní je v tomto kritériu linka č. 133, která má přepravených cestujících polovinu počtu linky č. 177, nejméně přepravených cestujících má pak linka č. 197. Linka č. 177 má nejvyšší vstupní hodnoty i pro spotřebu, která odpovídá největšímu počtu najetých kilometrů a tomu, že se jedná o dlouhý autobus. Nejmenší spotřebu před změnou má linka č. 197, která má i velice málo najetých kilometrů, ale srovnatelně s linkou č. 200 nebo č. 144. V kritériu všechny přestávky má také nejvyšší ohodnocení linka č. 177, ale není to tak výrazné jako v jiných kritériích, což je dáno tím, že se jedná o linku s nejdelší trasou z vybraných linek a tak tato linka je většinou na trase a nemusí se stále otáčet na obrátkách. V kritériu řídil autobus má také nejvyšší ohodnocení linka č. 177. Analogicky je možné takto prozkoumat všechny linky a jejich vstupní a výstupní hodnoty.

Na základě těchto vstupních hodnot je propočítán pomocí programu EMS model DEA s variabilním výnosem z rozsahu nejprve z pohledu orientovaného na vstupy, následně pak je provedena orientace na výstupy. Analýza vstupů je pro Dopravní podnik důležitější, protože tyto vstupy dokáže Dopravní podnik poměrně snadno ovlivnit. Následující tabulka 4.4.2 znázorňuje jak původní hodnotu vstupů efektivních i neefektivních jednotek, tak jejich změnu, ke které by muselo dojít, aby se daná linka stala efektivní. Pro neefektivní linky je také uvedena peer jednotka a daná lambda.

Linka č.	Efektivita	počet najetých km	Ef. počet najetých km	spotřeba	Ef. Spotřeba	počet autobusů	Ef. počet autobusů	všechny přestávky	Ef. všechny přestávky	řídil autobus	Ef. řídil autobus	Peer jednotky (lambda)
114-2011-n	1	676,3	676,3	304,3	304,3	6,0	6,0	22,4	22,4	34,4	34,4	
113-2011-n	1	844,6	844,6	380,0	380,0	8,0	8,0	22,1	22,1	41,8	41,8	
200-2011-n	0,97	557,6	470,8	273,2	229,3	6,0	5,8	19,4	16,9	27,9	24,7	144(0,9), 197(0,1)
144-2011-n	1	472,6	472,6	231,6	231,6	6,0	6,0	18,0	18,0	25,3	25,3	
135-2011-n	0,99	1968,3	1523,9	925,1	827,5	14,0	11,9	26,1	25,9	97,2	77,6	113(0,46), 133(0,39), 177(0,15)
133-2011-n	1	1465,4	1465,4	820,6	820,6	12,0	12,0	23,4	23,4	83,8	83,8	
197-2011-n	1	455,0	455,0	209,3	209,3	4,0	4,0	7,2	7,2	19,9	19,9	
198-2011-n	0,52	1728,0	583,9	933,1	294,8	12,0	6,2	31,0	16,1	70,5	30,8	144(0,65), 133(0,12), 197(0,23)
177-2011-n	1	3787,6	3787,6	2234,7	2234,7	24,0	24,0	44,1	44,1	172,2	172,2	
118-2011-n	0,85	953,1	639,8	409,8	302,0	7,0	5,9	16,4	13,9	44,8	31,1	113(0,31), 144(0,09), 133(0,06), 197(0,53)

Tabulka 4.4-2 vstupově orientovaný BCC model před změnou, neděle

Z tabulky 4.4.2 je patrné, že efektivními linkami jsou linky č. 114, č. 113, č. 144, č. 133, č. 197 a č. 177. První dvě jmenované linky a linka č. 197 jsou vedeny jako krátké autobusy a tudíž je jejich spotřeba nižší a i když nepřeváží mnoho cestujících, využívají velmi málo vstupů. Linka č. 177 pak představuje opak těchto linek a s využitím nevíce vstupů také přepraví nejvíce cestujících. Nejhůře hodnocena dle efektivity je linka č. 198, u této linky by bylo nutné snížit vstupní hodnoty například z 1728 najetých kilometrů na 584 kilometrů a takto analogicky snížit všechny vstupy, ale zachovat počet přepravených cestujících a nezastupitelnost. Zbýlé tři linky, linky č. 200, č. 135 a č. 118 jsou sice hodnoceny jako neefektivní, ale jejich efektivita je velice dobrá a nutné snížení vstupů, k tomu aby se stali efektivními linkami, je jen minimální.

Tabulka 4.4.3 uvádí výstupově orientovaný model BCC, tedy jak by linky musely změnit své výstupy, aby se staly efektivními linkami. Tento údaj je pro Dopravní podnik, spíše informační, protože Dopravní podnik nemá příliš mnoho možností, jak ovlivnit aby lidé na zastávku přišli, ale je jistě zajímavé vědět, kolik by muselo přijít lidí, aby byla linka efektivní.

Linka č.	Efektivita	Převrácená hodnota efektivity	počet přepravených cestujících	Efektivní počet přepravených cestujících	nezastupitelnost	Efektivní nezastupitelnost	Peer jednotky (lambda)
114-2011-n	1	1	4445	4445	342,9	342,9	
113-2011-n	1	1	5985	5985	452,2	452,2	
200-2011-n	1,09	0,92	7616	7616	13,6	13,6	144(1,00)
144-2011-n	1	1	8296	8296	13,5	13,5	
135-2011-n	1,01	0,99	13362	13516,14	301,3	303,76	113(0,46), 133(0,38), 177(0,16)
133-2011-n	1	1,00	16184	16184	108,8	108,8	
197-2011-n	1	1,00	1624	1624	16,8	16,8	
198-2011-n	1,92	0,52	7632	14662,16	15,84	114,72	144(0,69), 177(0,31)
177-2011-n	1	1,00	28832	28832	340	340	
118-2011-n	1,33	0,75	4508	6008,49	158	209,90	113(0,41), 144(0,01), 133(0,16), 197(0,39)

Tabulka 4.4-3 výstupově orientovaný BCC model před změnou, neděle

Z tabulky 4.4.3 je zřejmé, že dle výstupově orientovaného modelu jsou neefektivní linky velice podobné, neefektivní linky si u výstupově orientovaného modelu trochu pohoršily. Linka č. 198 by při zachování vstupních hodnot potřebovala, aby na zastávku přišlo 14662 lidí a také zvýšit svou jedinečnost či nezastupitelnost. U linky č. 118 by se pak jednalo o zvýšení počtu cestujících ze 4508 na 6008 cestujících a mírné zvýšení nezastupitelnosti. U zbylých dvou neefektivních linek se jedná jen o velice drobnou změnou k tomu, aby se staly efektivními linkami.

4.5 Vstupově a výstupově orientovaný BCC model pro všední den před změnou

Následující tabulka 4.5.1 uvádí vstupní a výstupní informace o všech zkoumaných linkách nyní ale ve všední den a před tím, než dopravní podnik provedl rozsáhlou změnu. Dle očekávání se všechny vstupní i výstupní hodnoty zvýšily oproti modelu pro neděli, sobotu a svátky.

č. linky	VSTUPY					VÝSTUP	
	počet najetých km	spotřeba (l)	počet řidičů	všechny přestávky (hod)	řídil autobus (hod)	přepravení lidé	nezastupitelnost (km)
114-2011-v	995,775	458,056	9	26,59	34,4	7046,6	504,9
113-2011-v	1581,15	727,33	15	37,37	81	10343,3	846,6
200-2011-v	1750,7	875,35	19	41,64	101,53	17859,6	55,51
144-2011-v	924,35	462,17	9	24,01	48,5	4763	31,92
135-2011-v	3395,65	1629,91	29	44,21	183,19	23505,9	519,8
133-2011-v	2715,3	1249,04	27	48,5	167,1	17802,4	201,6
197-2011-v	1665,625	949,40	20	46,06	124,01	24491,5	61,5
198-2011-v	1644	772,68	13	31,56	69,18	17224,9	15,07
177-2011-v	6906,8	3798,74	42	68,42	295,67	48987,4	620
118-2011-v	1137,825	682,69	12	26,92	77,92	10377,4	198,9

Tabulka 4.5-1 vstupní data před změnou a pro všední den

Z tabulky 4.5.1 je patrné, že linka č. 177 stejně jako v neděli, sobotu a svátky přepravila nejvíce cestujících ze všech linek během jednoho dne, také toho nejvíce najela a využívala velké množství řidičů a autobusů. Naopak nejméně cestujících přepravila linka č. 144, využívá k tomu ale relativně málo vstupů.

Tabulka 4.5.2 pak ukazuje, které linky a jsou a které linky nejsou efektivní a jak mají změnit své vstupní hodnoty, aby staly efektivními. Jako v předchozím případě je využit model DEA s variabilním výnosem z rozsahu.

Linka č.	Efektivita	počet najetých km	Ef. počet najetých km	spotřeba	Ef. Spotřeba	počet autobusů	Ef. počet autobusů	všechny přestávky	Ef. všechny přestávky	řídil autobus	Ef. řídil autobus	Peer jednotky (lambdy)
114-2011-v	1	995,8	995,8	458,1	458,1	9,0	9,0	26,6	26,6	34,4	34,4	
113-2011-v	1	1581,2	1581,1	727,3	727,3	15,0	15,0	37,4	37,4	81,0	81,0	
200-2011-v	0,88	1750,7	1490,4	875,4	771,2	19,0	15,1	41,6	36,7	101,5	84,5	144(0,25), 197(0,44), 198(0,31)
144-2011-v	1	924,4	924,4	462,2	462,2	9,0	9,0	24,0	24,0	48,5	48,5	
135-2011-v	0,99	3395,7	3132,7	1629,9	1629,0	29,0	22,0	44,2	44,2	183,2	138,0	114(0,06), 113(0,36), 198(0,29), 177(0,29)
133-2011-v	0,73	2715,3	1862,5	1249,0	907,8	27,0	15,1	48,5	35,2	167,1	85,0	113(0,19), 197(0,07), 198(0,7), 177(0,04)
197-2011-v	1	1665,6	1665,6	949,4	949,4	20,0	20,0	46,1	46,1	124,0	124,0	
198-2011-v	1	1644,0	1644,0	772,7	772,7	13,0	13,0	31,6	31,6	69,2	69,2	
177-2011-v	1	6906,8	6906,8	3798,7	3798,7	42,0	42,0	68,4	68,4	295,7	295,7	
118-2011-v	1	1137,8	1137,8	682,7	682,7	12,0	12,0	26,9	26,9	77,9	77,9	

Tabulka 4.5-2 vstupově orientovaný BCC model před změnou, všední den

Ve všední den jsou neefektivní pouze tři hodnocené linky, jedná se o linky č. 200, č. 135 a č. 133. Linka č. 133 je v tomto modelu nejhůře hodnocena dle efektivity s efektivitou 73%. K tomu aby se stala efektivní linkou, by potřebovala snížit počet najetých kilometrů z 2715 na 1862 kilometrů, dále snížit spotřebu z 1249 litrů na 907,8 litrů, snížit počet autobusů z 27 na 15 a snížit časy řízení i časy na přestávkách. Linka č. 135 by potřebovala snížit počet autobusů z 29 na 22 a snížit čas řízení a dosáhla by v tomto modelu efektivity.

V následující tabulce 4.5.3 je proveden výpočet pro všední den před změnou s orientací na výstupy. Pro neefektivní linky je opět uvedeno, jak by musely navýšit své výstupy, aby se staly efektivními linkami. Pro lepší představu a lepší srovnatelnost se vstupním modelem je také uvedena převrácená hodnota efektivity ve výstupním modelu, která má snadnější interpretaci přímo v procentech.

Linka č.	Efektivita	Převrácená hodnota efektivity	počet přepravených cestujících	Efektivní počet přepravených cestujících	nezastupitelnost	Efektivní nezastupitelnost	Peer jednotky (lambdy)
114-2011-v	1	1	7046,6	7046,6	504,9	504,9	
113-2011-v	1	1	10343,3	10343,3	846,6	846,6	
200-2011-v	1,19	0,84	17859,6	21005,479	55,51	62,37	114(0,04), 197(0,6), 198(0,35)
144-2011-v	1	1	4763	4763	31,92	31,92	
135-2011-v	1,01	0,99	23505,9	23347,951	519,8	519,24	114(0,06), 113(0,36), 198(0,29), 177(0,29)
133-2011-v	1,39	0,72	17802,4	24742,85	201,6	277,69	113(0,19), 197(0,69), 177(0,12)
197-2011-v	1	1	24491,5	24491,5	61,5	61,5	
198-2011-v	1	1	17224,9	17224,9	15,07	15,07	
177-2011-v	1	1	48987,4	48987,4	620	620	
118-2011-v	1	1	10377,4	10377,4	198,9	198,9	

Tabulka 4.5-3 výstupově orientovaný BCC model před změnou, všední den

Všechny linky jsou velice obdobně hodnoceny i v modelu s orientací na výstupy jak ukazuje tabulka č. 4.5.3. U linky č. 133 by bylo nutné zvýšit počet přepravených cestujících z 17802 na 24742 a zvýšit nezastupitelnost z 201,6 km na 277,69 km. Peer jednotkami pro tuto linku jsou linky č. 113, č. 197 a č. 177 a pro linku č. 133 představují vzor v daném poměru, jak by se linka měla chovat, aby se stala efektivní linkou.

4.6 Vstupově a výstupově orientovaný BCC model celkový pro neděli sobotu a všední den před změnou

Pro celkový souhrn před změnou je vytvořena tabulka 4.6.1, kde je všech deset zkoumaných linek pro všední den i sobotu, neděli a svátky dohromady a je možné je porovnat, kolik linek využívají vstupů a produkují výstupů ve dvou zkoumaných situacích. Z tohoto modelu je pak možné určit, které linky jsou efektivní či neefektivní v obou zkoumaných případech nebo i pouze ve všední den či neděli z pohledu vstupově i výstupově orientovaného BCC modelu.

č. linky	VSTUPY					VÝSTUP	
	počet najetých km	spotřeba (l)	počet řidičů	všechny přestávky (hod)	řídil autobus (hod)	Přepravení lidé	nezastupitelnost (km)
114-2011-n	676,275	304,32	6	22,37	34,4	4445	342,9
114-2011-v	995,775	458,05	9	26,59	34,4	7046,6	504,9
113-2011-n	844,55	380,04	8	22,09	41,8	5985	452,2
113-2011-v	1581,15	727,32	15	37,37	81	10343,3	846,6
200-2011-n	557,6	273,22	6	19,39	27,85	7616	13,6
200-2011-v	1750,7	875,35	19	41,64	101,53	17859,6	55,51
144-2011-n	472,6	231,57	6	18,04	25,25	8296	13,5
144-2011-v	924,35	462,17	9	24,01	48,5	4763	31,92
135-2011-n	1968,275	925,08	14	26,09	97,23	13362	301,3
135-2011-v	3395,65	1629,91	29	44,21	183,19	23505,9	519,8
133-2011-n	1465,4	820,62	12	23,4	83,76	16184	108,8
133-2011-v	2715,3	1249,03	27	48,5	167,1	17802,4	201,6
197-2011-n	455	209,3	4	7,2	19,85	1624	16,8
197-2011-v	1665,625	949,40	20	46,06	124,01	24491,5	61,5
198-2011-n	1728	933,12	12	31,03	70,53	7632	15,84
198-2011-v	1644	772,68	13	31,56	69,18	17224,9	15,07
177-2011-n	3787,6	2234,68	24	44,08	172,2	28832	340
177-2011-v	6906,8	3798,74	42	68,42	295,67	48987,4	620
118-2011-n	953,05	0,07	4	16,38	44,76	4508	158
118-2011-v	1137,825	682,69	12	26,92	77,92	10377,4	198,9

Tabulka 4.6-1 vstupní data, srovnávací model před změnou, všední den + neděle

Tabulka 4.6.1 přehledně uvádí všechny linky v obou situacích před provedenou změnou. Je zde vidět jak linky navyšují své vstupy pro všední den oproti neděli. Některé linky přepraví ve všední den i více než dvojnásobek cestujících oproti neděli. Linka č. 133 jako jediná nemá tak významný rozdíl mezi všedním dnem a nedělí, což je zřejmě způsobeno tím, že linka jezdí k poliklinice Malešice a ta je jednou z osmi pohotovostí v Praze, která ordinuje nepřetržitě tedy i v neděli.

Tabulka 4.6.2 uvádí srovnání všech linek před změnou z pohledu vstupově orientovaného BCC modelu. I zde je proveden výpočet pro neefektivní linky, jak by musely snížit své vstupní hodnoty, aby se staly efektivními, které linky jsou jejich peer jednotkami a jsou uvedeny i příslušné lambdy.

Linka č.	Efektivita	počet najetých km	Ef. počet najetých km	spotřeba	Ef. Spotřeba	počet autobusů	Ef. počet autobusů	všechny přestávky	Ef. všechny přestávky	řídil autobus	Ef. řídil autobus	Peer jednotky (lambdy)
114-2011-n	1	676,3	676,3	304,3	304,3	6,0	6,0	22,4	22,4	34,4	34,4	
114-2011-v	1	995,8	995,8	458,1	458,1	9,0	9,0	26,6	26,6	34,4	34,4	
113-2011-n	1	844,6	844,6	380,0	380,0	8,0	8,0	22,1	22,1	41,8	41,8	
113-2011-v	1	1581,2	1581,1	727,3	727,3	15,0	15,0	37,4	37,4	81,0	81,0	
200-2011-n	0,97	557,6	470,8	273,2	229,3	6,0	5,8	19,4	16,9	27,9	24,7	144-n(0,9), 197-n(0,1)
200-2011-v	0,81	1750,7	1333,7	875,4	711,8	19,0	14,2	41,6	33,9	101,5	82,6	114-v(0,03), 144-n(0,25), 133-n(0,07), 197-v(0,44), 198-v(0,21)
144-2011-n	1	472,6	472,6	231,6	231,6	6,0	6,0	18,0	18,0	25,3	25,3	
144-2011-v	0,56	924,4	474,2	462,2	224,1	9,0	5,0	24,0	12,8	48,5	23,0	114-n(0,05), 144-n(0,45), 197-n(0,5)
135-2011-n	0,98	1968,3	1501,4	925,1	792,9	14,0	11,9	26,1	25,5	97,2	76,8	113-n(0,47), 133-n(0,47), 177-v(0,06)
135-2011-v	0,97	3395,7	2968,5	1629,9	1585,6	29,0	21,9	44,2	43,0	183,2	143,0	133-v(0,38), 133-n(0,25), 197-v(0,1), 177-v(0,26)
133-2011-n	1	1465,4	1465,4	820,6	820,6	12,0	12,0	23,4	23,4	83,8	83,8	
133-2011-v	0,67	2715,3	1538,5	1249,0	836,7	27,0	14,9	48,5	32,5	167,1	95,5	113-v(0,14), 133-n(0,53), 197-v(0,32), 118-n(0,01)
197-2011-n	1	455,0	455,0	209,3	209,3	4,0	4,0	7,2	7,2	19,9	19,9	
197-2011-v	1	1665,6	1665,6	949,4	949,4	20,0	20,0	46,1	46,1	124,0	124,0	
198-2011-n	0,52	1728,0	583,9	933,1	294,8	12,0	6,2	31,0	16,1	70,5	30,8	144-n(0,65), 133-n(0,12), 197-n(0,23)
198-2011-v	1	1644,0	1644,0	772,7	772,7	13,0	13,0	31,6	31,6	69,2	69,2	
177-2011-n	0,99	3787,6	3629,7	2234,7	1998,5	24,0	23,9	44,1	41,8	172,2	166,1	114-v(0,06), 133-n(0,53), 177-v(0,4)
177-2011-v	1	6906,8	6906,8	3798	3798	42,0	42,0	68,4	68,4	295,7	295,7	
118-2011-n	1	953,1	953,0	409,8	409,8	7,0	7,0	16,4	16,4	44,8	44,8	
118-2011-v	0,82	1137,8	935,3	682,7	477,9	12,0	9,0	26,9	22,1	77,9	50,6	113-n(0,19), 113-v(0,09), 144-n(0,43), 133-n(0,28)

Tabulka 4.6-2 vstupově orientovaný BCC model před změnou všední den + neděle

Z tabulky 4.6.2 je vidět, že linky č. 114, č. 113 a č. 197 jsou efektivní v obou zkoumaných situacích. Linky č. 200 a č. 135 pak jsou naopak neefektivní v obou sledovaných situacích, obě zmiňované linky ale dosahují velice dobrého hodnocení dle efektivity a u linky č. 135 by postačily pouze drobné úpravy, aby se stala efektivní linkou.

Linky č. 144, č. 133 a č. 118 jsou linkami, které si vedou velice dobře v neděli, ale ve všední den trochu ztrácejí a jsou v této situaci hodnoceny jako neefektivní linky. U linky č. 144 je tento rozdíl nejvýznamnější ze všech hodnocených linek a tento fakt je zajímavý vzhledem k tomu, že linka přepravuje cestující k poliklinice Mazurská a ta má otevřeno právě pouze ve všední den. Linky č. 198 a č. 177 jsou naopak hodnoceny jako efektivní ve všední den a neefektivní v neděli, i když u linky č. 177 se s 99% efektivitou nedá hovořit o nijak závažné situaci, naproti tomu linka č. 198 s 52% vykazuje zásadní nedostatky. Tato neefektivita je zřejmě způsobena prokladem s linkou č. 197, kdy pro linku č. 198 již nezůstane dostatek cestujících k přepravě.

Tabulka 4.6.3 popisuje tu samou situaci pouze z výstupově orientovaného pohledu, tedy jak by se musely zvýšit vstupní hodnoty neefektivních linek, aby se staly efektivními linkami, a opět je využit BCC model.

Linka č.	Efektivita	Převrácená hodnota efektivity	počet přepravených cestujících	Efektivní počet přepravených cestujících	nezastupitelnost	Efektivní nezastupitelnost	Peer jednotky (lambda)
114-2011-n	1	1	4445,0	4445,0	342,9	342,9	
114-2011-v	1	1	7046,6	7046,6	504,9	504,9	
113-2011-n	1	1	5985,0	5985,0	452,2	452,2	
113-2011-v	1	1	10343,3	10343,3	846,6	846,6	
200-2011-n	1,09	0,92	7616,0	8296,0	13,6	13,5	144-n(1,00)
200-2011-v	1,19	0,84	17859,6	27762,4	55,5	246,2	144-v(0,04), 197-v(0,6), 198-v(0,35)
144-2011-n	1	1	8296,0	8296,0	13,5	13,5	
144-2011-v	2,44	0,41	4763,0	11439,0	31,9	76,1	114-v(0,08), 144-n(0,57), 133-n(0,21), 198-v(0,14)
135-2011-n	1,03	0,97	13362,0	13584,7	301,3	309,4	113-n(0,48), 133-n(0,45), 177-v(0,07)
135-2011-v	1,02	0,98	23505,9	24088,0	519,8	534,0	113-v(0,39), 133-n(0,21), 197-v(0,12), 177-v(0,28)
133-2011-n	1	1	16184,0	16184,0	108,8	108,8	
133-2011-v	1,39	0,72	17802,4	24742,9	201,6	277,7	113-v(0,19), 197-v(0,69), 177-v(0,12)
197-2011-n	1	1	1624,0	1624,0	16,8	16,8	
197-2011-v	1	1	24491,5	24491,5	61,5	61,5	
198-2011-n	2,10	0,48	7632,0	16036,2	15,8	49,6	144-n(0,09), 133-n(0,37), 198-v(0,54)
198-2011-v	1	1	17224,9	17224,9	15,1	15,1	
177-2011-n	1	1	28832,0	29085,2	340,0	342,2	
177-2011-v	1	1	48987,4	48987,4	620,0	620,0	
118-2011-n	1	1	4508,0	4508,0	158,0	158,0	
118-2011-v	1,22	0,82	10377,4	12777,4	198,9	246,0	113-v(0,24), 144-n(0,38), 133-n(0,29), 197-v(0,1)

Tabulka 4.6-3 výstupově orientovaný BCC model před změnou všední den + neděle

Z pohledu výstupově orientovaného modelu již linka č. 177 dosahuje efektivity v obou sledovaných situacích. Jinak je vše velice podobné jako ve vstupově orientovaném modelu. Poměrně značného snížení došlo u linky č. 144 pro všední den, která je pouze na 41% dle efektivity a potřebovala by k tomu, aby se stala efektivní linkou přepravit 11439 cestujících a zvýšit svou nezastupitelnost na 76,1 km. Další linkou, která je velmi nízko

hodnocena dle efektivity je linka č. 198 v neděli a musela by navýšit počet přepravených cestujících ze současných 7632 na 16036 cestujících. Všechny ostatní linky přesahují 70% hodnocení dle efektivity.

4.7 Vstupově a výstupově orientovaný BCC model pro neděli po změně
Následující tabulka 4.7.1 popisuje vstupní údaje zkoumaných linek po změně pro neděli, počet cestujících zůstal pro většinu linek zachován, tam kde již šetření proběhlo, jsou uvedeny nové údaje. U všech linek došlo ke změně všech vstupních hodnot, někdy velice významným, což je nejlépe vidět v celkovém srovnávacím modelu pro neděli před změnou a po změně.

autobus	Vstupy					Výstupy	
	počet najetých km	Spotřeba (litry)	počet řidičů	doba přestávky (hod)	řídil autobus (hod)	Počet přepravených lidí	Nezastupitelnost (km)
2013-193-n	676,27	284,03	5	24,3	32,15	4445	342,9
2103-113-n	622,3	255,14	6	18,12	50,67	5985	333,2
2103-200-n	549,4	258,21	6	18,89	27,16	7616	13,4
2103-144-n	465,65	218,85	6	17,8	24,84	8296	13,4
2013-135-n	1968,27	826,67	14	25,98	97,15	13362	301,3
2013-133-n	1433,07	745,19	12	22,8	81,9	16184	106,4
2013-197-n	1548	804,96	10	24,6	57,24	9256	38,7
2103-177-n	3731,9	2201,82	22	43,42	169,5	28832	335
2103-118-n	1254,52	489,26	7	21,64	60,13	4508	219,3

Tabulka 4.7-1 vstupní data po změně a pro neděli

V tabulce je možné například vidět, že linka č. 177 má nejvyšší vstupní i výstupní hodnoty až na nezastupitelnost, v poměru k najetým kilometrům je to velmi málo a linka většinu své trasy sdílí s jinými dopravními prostředky, což odpovídá tomu, že se jedná o páteřní linku. Nejvyšší nezastupitelnost má linka č. 193 (původní linka č. 114) a v poměru k celkovým najetým kilometrům, lze říci, že až polovinu své trasy jezdí sama a vyřazení této linky by bylo velice nepříjemné pro cestující, protože by se neměli jak dostat ze zastávky IKEM k zastávce Šeberák. Nejméně najetých kilometrů má linka č. 200, ale má k tomu průměrný počet přepravených cestujících. Nejnižší ohodnocení dle spotřeby má linka č. 144, což je způsobeno jak nízkým počtem najetých kilometrů, tak velice nenáročným profilem trati bez omezení.

Následující tabulka 4.7.2 je vyhodnocením efektivity a příslušných změn pro devět zkoumaných linek z pohledu vstupově orientovaného modelu BCC v neděli, sobotu a svátky.

Linka č.	Efektivita	počet najetých km	Ef. počet najetých km	Spotřeba	Ef. Spotřeba	počet autobusů	Ef. počet autobusů	všechny přestávky	Ef. všechny přestávky	Řídil autobus	Ef. řídil autobus	Peer jednotky (lambdy)
2013-193-n	1	676,275	676,28	284,03	284,03	5	5	24,3	24,3	32,15	32,15	
2013-113-n	1	622,3	622,3	255,14	255,14	6	6	18,12	18,12	50,67	50,67	
2013-200-n	0,98	549,4	489,44	258,21	226,21	6	5,88	18,89	18,53	27,16	25,66	144(0,89), 193(0,11)
2013-144-n	1	465,65	465,65	218,85	218,85	6	6	17,8	17,8	24,84	24,84	
2013-135-n	1	1968,27	1968,28	826,67	826,67	14	14	25,98	25,98	97,15	97,15	
2013-133-n	1	1433,07	1433,08	745,19	745,19	12	12	22,8	22,8	81,9	81,9	
2013-197-n	0,75	1548	601,12	804,96	290,58	10	6,80	24,6	18,48	57,24	33,5	113(0,04), 144(0,82), 133(0,13)
2013-177-n	1	3731,9	3731,9	2201,82	2201,82	22	22	43,42	43,42	169,5	169,5	
2013-118-n	0,85	1254,53	569,39	489,26	243,84	7	5,94	21,64	18,36	60,13	40,33	193(0,05), 113(0,58), 144(0,36)

Tabulka 4.7-2 vstupově orientovaný BCC model po změně, neděle

Dle tabulky 4.7.2 vycházejí jako neefektivní pouze tři linky a to linka č. 200, č. 197 a č. 118, linka č. 200 ale dosahuje 98% dle efektivity a tak nutná změna k tomu, aby dosáhla technické efektivity je velice malá. Peer jednotky pro neefektivní linku č. 200 jsou linky č. 113, č. 144 a č. 133, tyto linky tvoří vzor podle, kterých by se linka č. 200 měla chovat, aby se stala efektivní linkou. Linka č. 197 má nejnižší ohodnocení dle efektivity a dosahuje 75% v tomto ohodnocení. Pokud by se linka měla stát efektivní linkou, musela by změnit vstupy resp. snížit je. Například by bylo nutné snížit počet najetých kilometrů z 1548 na 601, spotřebu snížit z 804 litrů na 290 litrů, snížit počet autobusů z 10 na 7, snížit čas na otočkách z 24,6 hodin na 18,48 hodin a zkrátit čas řízení autobusů z 57,24 hodin na 33,5 hodin. Jak by se musela změnit i linka č. 118, aby se stala efektivní linkou, naznačuje tabulka 4.7.2.

Stejný rozbor je vhodné provést i z pohledu výstupově orientovaného modelu BCC, díky kterému je možné posoudit, jak by vybrané linky musely změnit výstupy, nebo také například kolik by muselo přijít na zastávku lidí, aby se linka stala efektivní. Tento pohled ukazuje tabulka 4.7.3.

Linka č.	Efektivita	Převrácená hodnota efektivity	počet přepravených cestujících	Efektivní počet přepravených cestujících	Nezastupitelnost	Efektivní nezastupitelnost	Peer jednotky (lambdy)
193-2013-n	1	1	4445	4445	342,9	342,9	
113-2013-n	1	1	5985	5985	333,2	333,2	
200-2013-n	1,09	0,92	7616	8296	13,4	13,4	144(1,00)
144-2013-n	1	1	8296	8296	13,4	13,4	
135-2013-n	1	1	13362	13362	301,3	301,3	
133-2013-n	1	1	16184	16184	106,4	106,4	
197-2013-n	1,39	0,72	9256	12813,92	38,7	84,152	144(0,78), 177(0,22)
177-2013-n	1	1	28832	28832	335	335	
118-2013-n	1,53	0,65	4508	6863,02	219,3	336,412	193(0,32), 113(0,62), 177(0,06)

Tabulka 4.7-3 výstupově orientovaný BCC model po změně, neděle

Stejně jako u vstupově orientovaného modelu jsou i ve výstupově orientovaném modelu tři neefektivní linky shodné se vstupově orientovaným modelem. Linka č. 200 má z pohledu výstupově orientovaného BCC modelu trochu nižší efektivitu (0,92%) a k tomu, aby se stala efektivní linkou, by musela přepravit více cestujících (ze 7616 na 8296 cestujících). Linky č. 197 a č. 118 jsou hodnoceny o něco hůře dle efektivity. Například linka č. 197 by s ohledem na dané vstupy měla přepravit 12814 cestujících ze současných 9256 a měla by více než zdvojnásobit svou nezastupitelnost, tedy že by měla větší část trasy obsluhovat samostatně.

4.8 Vstupově a výstupově orientovaný BCC model pro všední den po změně

Analýza vstupů a výstupů je provedena pro devět zkoumaných linek i ve všední den, vstupní hodnoty pro dané modely tedy hodnoty vstupů a výstupů uvádí tabulka 4.8.1.

Linka č.	Vstupy					Výstupy	
	počet najetých km	Spotřeba (litry)	počet řidičů	doba přestávky (hod)	doba řízení (hod)	přepravených lidí	Nezastupitelnost (km)
2013-193-v	1315,275	591,87	11	22,85	188,27	7046,6	666,9
2013-113-v	1435,1	645,79	13	22,55	102,27	10343,6	468,4
2013-200-v	1730,2	865,1	18	41,13	138,61	17859	42,22
2013-144-v	854,85	418,876	7	18,76	42,38	4763	24,6
2013-135-v	4086,8	1879,92	34	45,21	236,7	23505	625,6
2103-133-v	2629,1	1472,29	19	41,33	140,21	17802,4	195,2
2103-197-v	3948	2092,44	25	47,03	211,14	41716,4	98,7
2013-177-v	6823,25	4162,18	42	63,98	319,55	48987,4	612,5
2013-118-v	2178,4	893,14	16	23,3	136,4	12586	380,8

Tabulka 4.8-1 vstupní data po změně pro všední den

Stejně jako ve všech předchozích modelech i zde má linka č. 177 největší počet přepravených cestujících, nyní se jí ale přibližuje linka č. 197, která je spojením linek č. 198 a č. 197 v původním modelu a linka č. 198 byla zrušena. Nejvyšší nezastupitelnost má linka č. 193, což znamená, že nejdelší část ze všech zkoumaných linek obsluhuje sama a není možné ji nahradit žádným jiným prostředkem Dopravního podniku, zvláště významný je tento výstup s ohledem na počet ujetých kilometrů. Linka č. 177 má nejvyšší ohodnocení i ve všech vstupních hodnotách, což znamená, že k nejvyššímu počtu přepravených cestujících musela najet nejvíce kilometrů, nejvíce spotřebovala litrů bionafty, využívala nejvíce řidičů a potřebovala nejdelší čas na přestávkách a době řízení. Naproti tomu linka č. 144 využívala nejmenší počet vstupů, ale k tomu přepravila i nejméně lidí a její nezastupitelnost je velice nízká. Všechny změny, které byly provedeny v září roku 2012 a jejich dopad na dané linky (změna zejména ve vstupních hodnotách) je uvedena v tabulce 4.10.1.

Tabulka 4.8.2 uvádí, které linky jsou efektivní a které nikoliv z pohledu vstupově orientovaného BCC modelu. Jedinou neefektivní linkou ve vstupově orientovaném modelu vyšla linka č. 133, ale i její efektivita je velice dobrá (81%), všechny ostatní linky jsou tedy efektivní.

Linka č.	Efektivita	počet najetých km	Ef. počet najetých km	spotřeba	Ef. Spotřeba	počet autobusů	Ef. počet autobusů	všichni přestávky	Ef. všechny přestávky	řídil autobus	Ef. řídil autobus	Peer jednotky (lambdy)
2013-193-v	1	1315,3	1315,3	591,9	591,9	11,0	11,0	22,9	22,9	188,3	188,3	
2013-113-v	1	1435,1	1435,1	645,8	645,8	13,0	13,0	22,6	22,6	102,3	102,3	
2013-200-v	1	1730,2	1730,2	865,1	865,1	18,0	18,0	41,1	41,1	138,6	138,6	
2013-144-v	1	854,9	854,9	418,9	418,9	7,0	7,0	18,8	18,8	42,4	42,4	
2013-135-v	1	4086,8	4086,8	1879,9	1879,9	34,0	34,0	45,2	45,2	236,7	236,7	
2013-133-v	0,81	2629,1	1984,1	1472	1000,8	19,0	14,4	41,3	28,6	140,2	113,4	113(0,34, 144(0,36, 197(0,3)
2013-197-v	1	3948,0	3948,0	2092,4	2092,4	25,0	25,0	47,0	47,0	211,1	211,1	
2013-177-v	1	6823,3	6823,3	4162,2	4162,2	42,0	42,0	64,0	64,0	319,6	319,6	
2013-118-v	1	2178,4	2178,4	893,1	893,1	16,0	16,0	23,3	23,3	136,4	136,4	

Tabulka 4.8-2 vstupově orientovaný BCC model po změně, všední den

Vzory nebo také peer jednotky pro linku č. 133 jsou linky č. 113 s lambdou 0,34, linka č. 144 s lambdou 0,36 a linka č. 197 s lambdou 0,3, dá se tedy říct, že od každé linky by se měla linka č. 133 učit v poměru jedné třetiny.

Aby se linka č. 133 stala efektivní linkou, musela by snížit počet najetých kilometrů z 2629,1 na 1984,1, snížit k tomu i spotřebu z 1472,3 litrů na 1000 litrů, místo současných 19 autobusů využívat jen 14,4 autobusů, na přestávkách a obrátkách strávit méně času, tedy ze současných 41,3 hodin jen 28,6 hodin a snížit dobu na cestách z 140,2 hodin na 113,4 hodin, ale zachovat počet přepravených cestujících a nezastupitelnost.

Tabulka 4.8.3 ukazuje celou situaci z pohledu výstupově orientovaného modelu, tedy jak by v tomto případě linka č. 133 musela změnit své výstupy, aby se stala efektivní.

Linka č.	Efektivita	Převrácená hodnota efektivity	počet přepravených cestujících	Efektivní počet přepravených cestujících	nezastupitelnost	Efektivní nezastupitelnost	Peer jednotky (lambda)
2013-193-v	1	1	7046,6	7046,6	666,9	666,9	
2013-113-v	1	1	10343,6	10343,3	468,4	468,4	
2013-200-v	1	1	17859	17859,6	42,22	42,22	
2013-144-v	1	1	4763	4763	24,6	24,6	
2013-135-v	1	1	23505	23505,9	625,6	625,6	
2013-133-v	1,28	0,78125	17802,4	22738,89	195,2	250,994	113(0,44), 144(0,14), 197(0,42)
2013-197-v	1	1	41716,4	41716,4	98,7	98,7	
2013-177-v	1	1	48987,4	48987,4	612,5	612,5	
2013-118-v	1	1	12586	12586	380,8	380,8	

Tabulka 4.8-3 výstupově orientovaný BCC model po změně, všední den

Z pohledu výstupově orientovaného modelu dosahuje linka č. 133 o něco nižší efektivity 78% než z pohledu vstupově orientovaného BCC modelu. Kdyby linka č. 133 zachovala své vstupní hodnoty a chtěla se stát efektivní linkou, muselo by na zastávku přijít více lidí konkrétně 22739 místo současných 17803. Také by linka musela zvýšit svou nezastupitelnost, musela by se se změnou trasy zvýšit její jedinečnost. Peer jednotky, podle kterých by se linka měla chovat, zůstaly zachovány ve stejném složení, ale změnil se poměr jejich působení.

4.9 Vstupově a výstupově orientovaný BCC model celkový pro neděli sobotu a všední den po změně

V tabulce 4.9.1 je ukázáno, jak vypadají výstupní hodnoty celkového srovnávacího modelu pro obě sledované situace po provedené změně pro devět zkoumaných linek. Stejně jako to je propočítáno před provedenou změnou.

č.linky	VSTUPY					VÝSTUP	
	počet najetých km	spotřeba (l)	počet řidičů	všechny přestávky (hod)	řídil autobus (hod)	přepravení lidé	nezastupitelnost (km)
193-2013-n	676,275	284,0355	5	24,3	32,15	4445	342,9
193-2013-v	1315,275	591,87375	11	22,85	188,27	7046,6	666,9
113-2013-n	622,3	255,143	6	18,12	50,67	5985	333,2
113-2013-v	1435,1	645,795	13	22,55	102,27	10343,6	468,4
200-2013-n	549,4	258,218	6	18,89	27,16	7616	13,4
200-2013-v	1730,2	865,1	18	41,13	138,61	17859	42,22
144-2013-n	465,65	218,8555	6	17,8	24,84	8296	13,4
144-2013-v	854,85	418,8765	7	18,76	42,38	4763	24,6
135-2013-n	1968,275	826,6755	14	25,98	97,15	13362	301,3
135-2013-v	4086,8	1879,928	34	45,21	236,7	23505	625,6
133-2013-n	1433,075	745,199	12	22,8	81,9	16184	106,4
133-2013-v	2629,1	1472,296	19	41,33	140,21	17802,4	195,2
197-2013-n	1548	804,96	10	24,6	57,24	9256	38,7
197-2013-v	3948	2092,44	25	47,03	211,14	41716,4	98,7
177-2013-n	3731,9	2201,821	22	43,42	169,5	28832	335
177-2013-v	6823,25	4162,1825	42	63,98	319,55	48987,4	612,5
118-2013-n	1254,525	489,26475	7	21,64	60,13	4508	219,3
118-2013-v	2178,4	893,144	16	23,3	136,4	12586	380,8

Tabulka 4.9-1 vstupní data srovnávacího modelu po změně všední den + neděle

V tabulce 4.9.1 je pak vidět, jak se linky mění v daných dnech po změně, jak se mění jejich vstupy i výstupy. Tento model bude propočítán BBC modelem z pohledu vstupové i výstupové orientace.

Vstupově orientovaný BCC model celkového srovnání ukazuje tabulka 4.9.2 pro všední den a sobotu, neděli a svátky dohromady po změně.

Linka č.	Efektivita	počet najetých km	Ef. počet najetých km	počet řidičů	Ef. počet řidičů	počet autobusů	Ef. počet autobusů	všechny přestávky	Ef. všechny přestávky	řídil autobus	Ef. řídil autobus	Peer jednotky (lambdy)
2013-193-v	1	1315,3	1315,3	591,87	591,87	11	11	22,85	22,85	188,27	188,27	
2013-193-n	1	676,28	676,28	284,04	284,04	5	5	24,3	24,30	32,15	32,15	
2013-113-v	1	1435,1	1435,1	645,80	645,80	13	13	22,55	22,55	102,27	102,27	
2013-113-n	1	622,3	622,3	255,14	255,14	6	6	18,12	18,12	50,67	50,67	
2013-200-v	0,88	1730,2	1467,4	865,10	757,21	18	11,45	41,13	26,20	138,61	78,67	113-n(0,01), 144-n(0,7), 197-v(0,29)
2013-200-n	0,98	549,40	489,44	258,22	226,22	6	5,89	18,89	18,53	27,16	25,67	193-n(0,11), 144-n(0,89)
2013-144-v	0,95	854,85	471,14	418,88	220,13	7	6	18,76	17,81	42,38	25,74	113-n(0,04), 144-n(0,96)
2013-144-n	1	465,65	465,65	218,86	218,86	6	6	17,8	17,80	24,84	24,84	
2013-135-v	1	4086,8	4086,8	1879,9	1879,9	34	34	45,21	45,21	236,7	236,7	
2013-135-n	0,92	1968,2	1382,7	826,68	667,50	14	11,05	25,98	23,84	97,15	89,14	113-v(0,22), 113-n(0,5), 133-n(0,18), 197-v(0,14)
2013-133-v	0,68	2629,1	1670,6	1472,3	844,16	19	12,02	41,33	28,1	140,21	95,26	193-n(0,11), 113-n(0,37), 144-n(0,2), 197-v(0,32)
2013-133-n	1	1433,1	1433,1	745,20	745,20	12	12	22,8	22,8	81,9	81,90	
2013-197-v	1	3948	3948	2092,4	2092,4	25	25	47,03	47,03	211,14	211,14	
2013-197-n	0,75	1548,0	601,12	804,96	290,59	10	6,80	24,6	18,48	57,24	33,50	113-n(0,04), 144-n(0,83), 133-n(0,13)
2013-177-v	1	6823,2	6823,2	4162,1	4162,1	42	42	63,98	63,98	319,55	319,55	
2013-177-n	0,99	3731,9	3422,1	2201,8	1931,7	22	21,63	43,42	42,55	169,5	169,15	193-n(0,4), 197-v(0,33), 177-v(0,27)
2013-118-v	1	2178,4	2178,4	893,14	893,14	16	16	23,3	23,3	136,4	136,4	
2013-118-n	0,85	1254,5 3	569,39	489,26	243,85	7	5,94	21,64	18,36 748	60,13	40,34	193-n(0,06), 113-n(0,58), 177-v(0,36)

Tabulka 4.9-2 vstupově orientovaný BCC model srovnání po změně všední den + neděle

V celkovém srovnání všech linek po provedené změně je jen jedna linka hodnocena jako neefektivní v obou sledovaných situacích, jedná se o linku č. 200. Tato linka byla i v samostatném modelu pro neděli hodnocena jako neefektivní, ale v samostatném modelu pro všední den byla hodnocena jako efektivní, linka má dokonce v celkovém modelu efektivitu v neděli vyšší než ve všední den. Linka č. 144 byla v samostatných modelech

hodnocena jako efektivní, v celkovém modelu je neefektivní pro všední den s efektivitou 95%. Linka č. 135 je velice podobná lince č. 144, v samostatných modelech byla také efektivní v obou sledovaných situacích, ale v celkovém modelu je neefektivní v neděli, sobotu a svátky s efektivitou 92%. Linka č. 133 byla jako jediná linka neefektivní ve všední den po změně a v celkovém modelu ještě více propadla a je hodnocena dle efektivity 68%. Příslušné změny, které by linka musela provést, aby se stala efektivní, a její peer jednotky je možné interpretovat stejně jako v předchozích případech. Linka č. 177 je v celkovém srovnání hodnocena jako neefektivní pro neděli s efektivitou 99%. Linky č. 197 a č. 118 jsou hodnoceny i v samostatném modelu pro neděli jako neefektivní a i v celkovém srovnání tomu tak je. Linka č. 118 má v samostatném modelu efektivitu 85% shodnou s efektivitou v celkovém srovnání. Linky č. 193 a č. 133 jsou v celkovém modelu pro obě sledované situace hodnoceny jako efektivní, stejně tak jako v samostatných modelech a často jsou vzory pro ostatní linky a tvorbu jejich změny, ke které by měly linky dospět. Je tedy možné říct, že po změně jsou tyto dvě linky velice dobré a efektivní z pohledu vstupově orientovaného BCC modelu.

Tabulka 4.9.3 ukazuje, jak jsou dané linky hodnoceny z pohledu výstupově orientovaného celkového modelu po změně.

Linka č.	Efektivita	Převrácená hodnota efektivity	počet přepravených cestujících	Efektivní počet přepravených cestujících	nezastupitelnost	Efektivní nezastupitelnost	Peer jednotky (lambda)
2013-193-v	1	1	7046,6	7046,6	666,9	666,9	
2013-193-n	1	1	4445	4445	342,9	342,9	
2013-113-v	1	1	10343,6	10343,6	468,4	468,4	
2013-113-n	1	1	5985	5985	333,2	333,2	
2013-200-v	1,11	0,90	17859	19552,87	42,22	45,466	113n(0,01), 144n(0,64), 197v(0,34)
2013-200-n	1,09	0,92	7616	8296	13,4	13,4	144n(1,00)
2013-144-v	2,00	0,50	4763	9572,75	24,6	49,66	113n(0,07), 144n(0,78), 133n(0,14), 197v(0,01)
2013-144-n	1	1	8296	8296	13,4	13,4	
2013-135-v	1	1	23505	23505	625,6	625,6	
2013-135-n	1,09	0,92	13362	14731,75	301,3	606,197	193n(0,01), 113v(0,09), 113n(0,68), 197v(0,15), 177v(0,07)
2013-133-v	1,39	0,72	17802,4	24357,3	195,2	267,024	193n(0,34), 113v(0,15), 197v(0,44), 177v(0,06)
2013-133-n	1	1	16184	16184	106,4	106,4	
2013-197-v	1	1	41716,4	41716,4	98,7	98,7	
2013-197-n	1,47	0,68	9256	13630,88	38,7	57,556	193n(0,09), 144n(0,74), 197v(0,17)
2013-177-v	1	1	48987,4	48987,4	612,5	612,5	
2013-177-n	1,002	0,998	28832	28771,01	335	335,106	193n(0,4), 197v(0,33), 177v(0,27)
2013-118-v	1	1	12586	12586	380,8	380,8	
2013-118-n	1,60	0,63	4508	7583,32	219,3	354,581	193v(0,05), 193n(0,29), 113n(0,62), 197v(0,03), 177v(0,02)

Tabulka 4.9-3 výstupově orientovaný BCC model srovnání po změně všední den + neděle

Z pohledu výstupově orientovaného modelu je situace velice obdobná jako z pohledu vstupově orientovaného modelu. Tento model je zde uveden pro úplnost a také udává, jak by dané linky musely změnit své výstupy, aby se stali efektivními. Velice zajímavá je efektivita linky č. 144, která byla v předchozích samostatných modelech hodnocena vždy jako efektivní, ale nyní je hodnocena dle efektivity jen 50%, což naznačuje, že z výstupově

orientovaného pohledu má linka nedostatky v neděli, sobotu a svátky oproti všednímu dni, také peer jednotky nebo vzory podle kterých se má linka v neděli chovat, jsou převážně ze všedního dne (aby se linka stala efektivní, musela by ze současných 4763 přepravených cestujících přepravit 9573 cestujících a zvýšit svou zastupitelnost či jedinečnost z 24,6 km na téměř 50 km). Všechny ostatní linky mají obdobný charakter jako z pohledu vstupově orientovaného modelu.

4.10 Vstupově a výstupově orientovaný BCC model pro srovnání vývoje před a po změně pro neděli, sobotu a svátky

Pro úplné posouzení provedené změny v dopravě, kterou provedl Dopravní podnik v září roku 2012, je vytvořen model, kde jsou všechny linky před změnou a po změně v dané situaci, v této kapitole pro neděli a v následující kapitole pro všední den. Tabulka 4.10.1 uvádí vstupní a výstupní data srovnávacího modelu pro neděli před změnou a po změně.

č. linky	VSTUPY					VÝSTUP	
	počet najetých km	spotřeba (l)	počet řidičů	všechny přestávky (hod)	řídil autobus (hod)	přepravení lidé	nezastupitelnost (km)
114-2011-n	676,275	304,32	6	22,37	34,4	4445	342,9
193-2013-n	676,275	284,04	5	24,3	32,15	4445	342,9
113-2011-n	844,55	380,04	8	22,09	41,8	5985	452,2
113-2013-n	622,3	255,14	6	18,12	50,67	5985	333,2
200-2011-n	557,6	273,22	6	19,39	27,85	7616	13,6
200-2013-n	549,4	258,22	6	18,89	27,16	7616	13,4
144-2011-n	472,6	231,57	6	18,04	25,25	8296	13,5
144-2013-n	465,65	218,86	6	17,8	24,84	8296	13,4
135-2011-n	1968,275	925,08	14	26,09	97,23	13362	301,3
135-2013-n	1968,275	826,68	14	25,98	97,15	13362	301,3
133-2011-n	1465,4	820,62	12	23,4	83,76	16184	108,8
133-2013-n	1433,075	745,20	12	22,8	81,9	16184	106,4
197-2011-n	455	209,3	4	7,2	19,85	1624	16,8
198-2011-n	1728	933,12	12	31,03	70,53	7632	15,84
197-2013-n	1548	804,96	10	24,6	57,24	9256	38,7
177-2011-n	3787,6	2234,68	24	44,08	172,2	28832	340
177-2013-n	3731,9	2201,82	22	43,42	169,5	28832	335
118-2011-n	953,05	409,81	7	16,38	44,76	4508	158
118-2013-n	1254,53	489,26	7	21,64	60,13	4508	219,3

Tabulka 4.10-1 vstupní data srovná před změnou a po změně pro neděli

Tato tabulka 4.10.1 velice názorně ukazuje, k jakým došlo změnám pro dané linky, k jedné z největších změn došlo u linky č. 133, která velice výrazně snížila své vstupní hodnoty. K velice drobné změně došlo například u linky č. 144 nebo linky č. 177, které snížily své vstupy, ale jen opravdu velmi málo. K posílnění došlo pouze linky č. 118, které byla prodloužena trasa a zvýšen interval.

Tabulka 4.10.2 uvádí vstupově orientovaný model BCC pro neděli, sobotu a svátky dohromady před a po změně.

Linka č.	Efektivita	počet najetých km	Ef. počet najetých km	spotřeba	Ef. Spotřeba	počet autobusů	Ef. počet autobusů	všechny přestávky	Ef. všechny přestávky	řídil autobus	Ef. řídil autobus	Peer jednotky (lambdy)
114-2011-n	1	676,3	676,3	304,3	304,3	6,0	6,0	22,4	22,4	34,4	34,4	
193-2013-n	1	676,3	676,3	284,0	284,0	5,0	5,0	24,3	24,3	32,2	32,2	
113-2011-n	1	844,6	844,6	380,0	380,0	8,0	8,0	22,1	22,1	41,8	41,8	
113-2013-n	1	622,3	622,3	255,1	255,1	6,0	6,0	18,1	18,1	50,7	50,7	
200-2011-n	0,97	557,6	464,6	273,2	217,9	6,0	5,8	19,4	16,7	27,9	24,3	144-13(0,9), 197-11(0,1)
200-2013-n	0,97	549,4	464,6	258,2	217,9	6,0	5,8	18,9	16,7	27,2	24,3	144-13(0,9), 197-11(0,1)
144-2011-n	1	472,6	472,6	231,6	231,6	6,0	6,0	18,0	18,0	25,3	25,3	
144-2013-n	1	465,7	465,7	218,9	218,9	6,0	6,0	17,8	17,8	24,8	24,8	
135-2011-n	0,97	1968,3	1544,0	925,1	829,6	14,0	11,0	26,1	25,3	97,2	85,9	113-13(0,6), 133-13(0,14), 177-13(0,26)
135-2013-n	0,98	1968,3	1523,4	826,7	810,7	14,0	11,4	26,0	25,5	97,2	80,7	113-11(0,26), 113-13(0,27), 133-13(0,28), 177-13(0,2)
133-2011-n	1	1465,4	1465,4	820,6	820,6	12,0	12,0	23,4	23,4	83,8	83,8	
133-2013-n	1	1433,1	1433,1	745,2	745,2	12,0	12,0	22,8	22,8	81,9	81,9	
197-2011-n	1	455,0	455,0	209,3	209,3	4,0	4,0	7,2	7,2	19,9	19,9	
198-2011-n	0,51	1728,0	563,0	933,1	271,0	12,0	6,2	31,0	16,0	70,5	29,6	144-13(0,68), 133-13(0,1), 197-11(0,22)
197-2013-n	0,72	1548,0	693,4	805,0	341,8	10,0	7,2	24,6	17,6	57,2	37,9	113-13(0,01), 144-13(0,62), 133- 133(0,24), 197-11(0,13)
177-2011-n	1	3787,6	3787,6	2234	2234	24,0	24,0	44,1	44,1	172,2	172,2	
177-2013-n	1	3731,9	3731,9	2201	2201	22,0	22,0	43,4	43,4	169,5	169,5	
118-2011-n	0,80	953,1	617,6	409,8	280,9	7,0	5,6	16,4	13,1	44,8	35,9	113-11(0,1), 113-13(0,3), 144-13(0,01), 133-13(0,08), 197-11(0,51)
118-2013-n	0,74	1254,5	572,8	489,3	244,8	7,0	5,2	21,6	16,1	60,1	36,0	193-13(0,2), 113-13(0,42), 144-13(0,06), 197-11(0,32)

Tabulka 4.10-2 vstupově orientovaný BCC model před změnou a po změně, neděle

Linky č. 114 resp. č. 193, č. 113, č. 144, č. 133 a č. 177 jsou efektivními linkami před změnou i po změně v neděli, sobotu a svátky. Linka č. 200 není v celkovém modelu hodnocena jako efektivní, ale její hodnocení dle efektivity je vysoké 97%. V celkovém hodnocení je nejhůře ohodnocena dle efektivity linka č. 197, která je kombinací původní linky č. 197 a č. 198. Vzhledem k tomu, že se jedná vlastně o novou linku, kterou bude

nutné ještě upravovat, tak aby odpovídala požadavkům. Linka č. 118 se stala po změně hůře hodnocenou linkou dle efektivity, ale to je způsobeno tím, že její trasa je prodloužena a také je zkrácen interval, což se projeví zvýšením všech vstupních hodnot. Počet přepravených cestujících pro linku č. 118 po změně ještě není dostupný, ale dá se předpokládat, že s prodloužením linky až na Nádraží Smíchov přepraví více cestujících. Linka č. 135 si po změně nepatrně zvýšila svou efektivitu z 97% na 98%.

Následující tabulka 4.10.3 popisuje stejnou situaci, ale z pohledu výstupově orientovaného BCC modelu, ze kterého jsou získány informace o tom, jak se mají změnit výstupy pro dané neefektivní linky.

Linka č.	Efektivita	Převrácená hodnota efektivity	počet přepravených cestujících	Efektivní počet přepravených cestujících	nezastupitelnost	Efektivní nezastupitelnost	Peer jednotky (lambdy)
114-2011-n	1	1	4445	4445	342,9	342,9	
193-2013-n	1	1	4445	4445	342,9	342,9	
113-2011-n	1	1	5985	5985	452,2	452,2	
113-2013-n	1	1	5985	5985	333,2	333,2	
200-2011-n	1,09	0,92	7616	8296	13,6	13,5	144-11(1,00)
200-2013-n	1,09	0,92	7616	8296	13,4	13,5	144-11(1,00)
144-2011-n	1	1	8296	8296	13,5	13,5	
144-2013-n	1	1	8296	8296	13,4	13,4	
135-2011-n	1,03	0,97	13362	13859	301,3	311,06	144-11(0,6), 133-13(0,1), 177-13(0,3)
135-2013-n	1,02	0,98	13362	13667,11	301,3	305,314	113-11(0,43), 113-13(0,04), 133-13(0,35), 177-13(0,18)
133-2011-n	1	1	16184	16184	108,8	108,8	
133-2013-n	1	1	16184	16184	106,4	106,4	
197-2011-n	1	1	1624	1624	16,8	16,8	
198-2011-n	1,94	0,52	7632	14867,52	15,84	116,312	144-13(0,68), 177-13(0,32)
197-2013-n	1,39	0,72	9256	12813,92	38,7	84,152	144-13(0,78), 177-13(0,22)
177-2011-n	1	1	28832	28832	340	340	
177-2013-n	1	1	28832	28832	335	335	
118-2011-n	1,41	0,71	4508	6410,53	158	223,524	113-11(0,2), 113-13(0,33), 133-13(0,17), 197-11(0,3)
118-2013-n	1,58	0,63	4508	7214,69	219,3	346,364	193-13(0,24), 113-11(/0,09), 113-13(0,6), 177-13(0,07)

Tabulka 4.10-3 výstupově orientovaný BCC model před změnou a po změně, neděle

Srovnávací výstupově orientovaný model pro neděli se shoduje se vstupově orientovaným modelem, ale udává, jak by musely linky změnit výstupní hodnoty. Například linka č. 118 by měla přepravit 7107 cestujících, aby se stala efektivní a měla by zvýšit svou nezastupitelnost na 336,3 km.

4.11 Vstupově a výstupově orientovaný BCC model pro srovnání vývoje před a po změně ve všední den

Tabulka 4.11.1 uvádí vstupní a výstupní hodnoty pro všední den před změnou a po změně, kde jsou také patrnější rozdíly, ke kterým došlo provedenou změnou.

č. linky	VSTUPY					VÝSTUP	
	počet najetých km	spotřeba (l)	počet řidičů	všechny přestávky (hod)	řídil autobus (hod)	přepravení lidé	nezastupitelnost (km)
114-2011-v	995,775	458,05	9	26,59	34,4	7046,6	504,9
193-2013-v	1315,275	591,87	11	22,85	188,27	7046,6	666,9
113-2011-v	1581,15	727,32	15	37,37	81	10343,3	846,6
113-2013-v	1435,1	645,79	13	22,55	102,27	10343,6	468,4
200-2011-v	1750,7	875,35	19	41,64	101,53	17859,6	55,51
200-2013-v	1730,2	865,1	18	41,13	138,61	17859	42,22
144-2011-v	924,35	462,17	9	24,01	48,5	4763	31,92
144-2013-v	854,85	418,87	7	18,76	42,38	4763	24,6
135-2011-v	3395,65	1629,91	29	44,21	183,19	23505,9	519,8
135-2013-v	4086,8	1879,92	34	45,21	236,7	23505	625,6
133-2011-v	2715,3	1249,03	27	48,5	167,1	17802,4	201,6
133-2013-v	2629,1	1472,29	19	41,33	140,21	17802,4	195,2
197-2011-v	1665,625	949,40	20	46,06	124,01	24491,5	61,5
198-2011-v	1644	772,68	13	31,56	69,18	17224,9	15,07
197-2013-v	3948	2092,44	25	47,03	211,14	41716,4	98,7
177-2011-v	6906,8	3798,74	42	68,42	295,67	48987,4	620
177-2013-v	6823,25	4162,18	42	63,98	319,55	48987,4	612,5
118-2011-v	1137,825	682,69	12	26,92	77,92	10377,4	198,9
118-2013-v	2178,4	893,14	16	23,3	136,4	12586	380,8

Tabulka 4.11-1 vstupní data srovná před změnou a po změně pro všední den

Stejně srovnání jako v předchozí kapitole pro neděli je provedeno i srovnání pro všední den před změnou a po změně. Porovnání všedního dne je o něco zajímavější, protože právě ve všední den byly provedeny významnější změny, ať už se jedná o změnu intervalů nebo počty řidičů. V tabulce 4.11.2 je přehled linek, jejich efektivit a změn, které by musely provést, aby se staly efektivními linkami z pohledu vstupově orientovaného BCC modelu.

Linka č.	Efektivita	počet najetých km	Ef. počet najetých km	spotřeba	Ef. Spotřeba	počet autobusů	Ef. počet autobusů	všechny přestávky	Ef. všechny přestávky	řídil autobus	Ef. řídil autobus	Peer jednotky (lambdy)
114-2011-v	1	995,8	995,8	458,1	458,1	9,0	9,0	26,6	26,6	34,4	34,4	
193-2013-v	1	1315,3	1315,3	591,9	591,9	11,0	11,0	22,9	22,9	188,3	188,3	
113-2011-v	1	1581,2	1581,1	727,3	727,3	15,0	15,0	37,4	37,4	81,0	81,0	
113-2013-v	1	1435,1	1435,1	645,8	645,8	13,0	13,0	22,6	22,6	102,3	102,3	
200-2011-v	0,88	1750,7	1490,4	875,4	771,2	19,0	15,1	41,6	36,7	101,5	84,5	114-11(0,25), 197-11(0,44), 198-11(0,31)
200-2013-v	0,89	1730,2	1491,0	865,1	771,3	18,0	15,1	41,1	36,7	138,6	84,5	114-11(0,25), 197-11(0,44), 198-11(0,31)
144-2011-v	0,93	924,4	857,0	462,2	419,5	9,0	7,0	24,0	18,9	48,5	42,3	114-11(0,02), 144-13(0,98)
144-2013-v	1	854,9	854,8	418,9	418,9	7,0	7,0	18,8	18,8	42,4	42,4	
135-2011-v	0,89	3395,7	2764,6	1629	1449	29,0	19,9	44,2	39,3	183,2	162,9	193-13(0,15), 113-11(0,34), 113-13(0,09), 197-13(0,33), 177-13(0,09)
135-2013-v	0,91	4086,8	3277,7	1879	1713	34,0	22,2	45,2	41,2	236,7	204,2	193-13(0,43), 113-11(0,17), 197-13(0,1), 177-11(0,29)
133-2011-v	0,67	2715,3	1696,3	1249	841,3	27,0	15,4	48,5	32,7	167,1	103,1	113-13(0,38), 197-11(0,25), 198-11(0,32), 197-13(0,05)
133-2013-v	0,73	2629,1	1924,3	1472	972,7	19,0	13,9	41,3	30,2	140,2	99,2	114-11(0,2), 113-13(0,12), 144-13(0,29), 198-11(0,1), 197-13(0,29)
197-2011-v	1	1665,6	1665,6	949,4	949,4	20,0	20,0	46,1	46,1	124,0	124,0	
198-2011-v	1	1644,0	1644,0	772,7	772,7	13,0	13,0	31,6	31,6	69,2	69,2	
197-2013-v	1	3948,0	3948,0	2092	2092	25,0	25,0	47,0	47,0	211,1	211,1	
177-2011-v	1	6906,8	6906,8	3798	3798	42,0	42,0	68,4	68,4	295,7	295,7	
177-2013-v	1	6823,3	6823,2	4162	4162	42,0	42,0	64,0	64,0	319,6	319,6	
118-2011-v	1	1137,8	1137,8	682,7	682,7	12,0	12,0	26,9	26,9	77,9	77,9	
118-2013-v	1	2178,4	2178,4	893,1	893,1	16,0	16,0	23,3	23,3	136,4	136,4	

Tabulka 4.11-2 vstupově orientovaný BCC model před změnou a po změně, všední den

Linky č. 114, č. 113, č. 197, č. 177 a č. 118 jsou hodnoceny jako efektivní pro všední den v celkovém srovnávacím modelu. Linka č. 200, č. 135 a 133, jsou hodnoceny jako neefektivní v obou sledovaných situacích, ale v jejich hodnocení dle efektivity došlo ke zlepšení. U linky č. 144 došlo po změně ke zvýšení efektivity až na hranici technické efektivity. V tabulce je také uvedeno, jak by linky měly změnit v daném období své

vstupní hodnoty, aby se staly efektivními, pokud již efektivní nejsou. Dále jsou uvedeny pro neefektivní linky peer jednotky a příslušné lambdy.

Následující tabulka 4.11.3 ukazuje změnu vstupů potřebnou k tomu, aby se linky stali efektivními.

Linka č.	Efektivita	Převrácená hodnota efektivity	počet přepravených cestujících	Efektivní počet přepravených cestujících	nezastupitelnost	Efektivní nezastupitelnost	Peer jednotky (lambdy)
114-2011-v	1	1	7046,6	7046,6	504,9	504,9	
193-2013-v	1	1	7046,6	7046,6	666,9	666,9	
113-2011-v	1	1	10343,3	10343,3	846,6	846,6	
113-2013-v	1	1	10343,6	10343,6	468,4	468,4	
200-2011-v	1,19	0,84	17859,6	21493,1	55,5	68,4	114-11(0,05), 197-11(0,6), 198-11(0,35), 197-13(0,01)
200-2013-v	1,19	0,84	17859,0	21221,0	42,2	96,1	114-11(0,1), 197-11(0,69), 198-11(0,21)
144-2011-v	1,35	0,74	4763,0	6432,6	31,9	46,8	114-11(0,04), 144-13(0,88), 197-11(0,08)
144-2013-v	1	1	4763,0	4763,0	24,6	24,6	
135-2011-v	1,10	0,91	23505,9	25674,6	519,8	571,6	193-13(0,08), 113-11(0,46), 197-13(0,3), 177-11(0,16)
135-2013-v	1,07	0,93	23505,0	25247,5	625,6	671,6	193-13(0,27), 113-11(0,31), 197-13(0,06), 177-11(0,36)
133-2011-v	1,46	0,69	17802,4	26042,0	201,6	293,2	113-11(0,28), 197-11(0,4), 197-13(0,32)
133-2013-v	1,51	0,66	17802,4	26625,6	195,2	289,0	114-11(0,26), 113-11(0,12), 197-11(0,11), 197-13(0,5)
197-2011-v	1	1	24491,5	24491,5	61,5	61,5	
198-2011-v	1	1	17224,9	17224,9	15,1	15,1	
197-2013-v	1	1	41716,4	41716,4	98,7	98,7	
177-2011-v	1	1	48987,4	48987,4	620,0	620,0	
177-2013-v	1	1	48987,4	48987,4	612,5	612,5	
118-2011-v	1	1	10377,4	10377,4	198,9	198,9	
118-2013-v	1	1	12586,0	12586,0	380,8	380,8	

Tabulka 4.11-3 výstupově orientovaný BCC model před změnou a po změně, všední den

Z pohledu výstupově orientovaného modelu je vše velice obdobné a linky, které byly efektivní z pohledu vstupově orientovaného modelu, zůstaly zachovány také jako efektivní z pohledu výstupově orientovaného modelu.

4.12 Souhrn a vyhodnocení

V předchozích kapitolách jsou propočítány vybrané linky před změnou i po změně a je provedeno srovnání jak mezi zkoumanými situacemi, tak jsou do jednoho modelu zahrnuty linky před změnou a po změně. Ve všední den před změnou jsou neefektivní linky č. 200, č. 135 a č. 133. Po provedené změně jsou už všechny linky efektivní až na linku č. 133, u které se ale také podařilo navýšit její efektivitu.

V celkovém srovnávacím modelu pro všední den před změnou a po změně jsou efektivní linky č. 114, č. 113, č. 197 (198), č. 177 a č. 118. V jednotlivých modelech vycházela i linka č. 144 jako efektivní před změnou i po změně. V souhrnném modelu ale není linka č. 144 efektivní před změnou, kde se jejím vzorem stala z velké části sama linka ale po změně.

Pro druhou zkoumanou situaci (neděli, sobotu a svátky) jsou efektivními linkami před změnou linky č. 114, č. 113, č. 144, č. 177 a č. 133. Linka č. 197 je také před změnou efektivní, ale po vyřazení linky č. 198 je potřebné ji ještě upravovat, protože po změně je tato linka neefektivní, stejně jako linka č. 118. Před provedenou změnou nebyla efektivní linka č. 135, ale po změně se již stala efektivní linkou. Toto srovnání je provedeno v modelech přímo pro danou situaci.

V souhrnném modelu před změnu a po změně pro neděli jsou efektivní linky č. 144, č. 113, č. 133, č. 177 a č. 144. Zbylé neefektivní linky jsou hodnoceny po změně lépe dle efektivnosti až na linky č. 118 a č. 197, které jsou v celkovém srovnávacím modelu hodnoceny hůře dle efektivnosti před a po změně.

Dále je provedeno také srovnání daných linek ve dvou situacích před změnou v jednom modelu (v jednom modelu jsou linky jak ve všední den, tak pro neděli). V souhrnném modelu před změnou jsou efektivní pouze tři linky a to linky č. 114, č. 113 a č. 197, i když v samostatných modelech jsou efektivní v obou situacích ještě linky č. 177 a č. 144, nutno ale podotknout, že lince č. 177 chybí v celkovém srovnávacím modelu před změnou do technické efektivnosti jen 1%.

V celkovém srovnávacím modelu po změně, kde je neděle a všední den dohromady, jsou efektivní tři linky č. 193 (114), č. 113 a č. 177. V samostatných modelech jsou efektivní v obou situacích ještě linky č. 144 a č. 135. Obě zmiňované linky jsou ale velice dobře hodnoceny dle efektivity v celkovém srovnávacím modelu.

Dvě linky jsou ve všech modelech, které jsou provedeny hodnoceny jako efektivní, jedná se o linky č. 114 (č. 193) a č. 113 a linka č. 177 není v žádném modelu hodnocena hůře než 99%.

5. Závěr

V situaci sobota, neděle a svátky, kde jsou změny provedené Dopravním podnikem hl. m. Prahy mírnější, jsou dvě linky hodnoceny hůře dle efektivity po změně než před změnou. Jedná se o linky č. 118 a č. 197, u první zmiňované linky se jde o zhoršení z 71% na 63% a u linky č. 197 pak zhoršení z hranice technické efektivity na 72%. U linky č. 118 je to způsobeno prodloužením trasy a zkrácením intervalu, ale zatím k tomu nemá linka dostatečný počet přepravených cestujících. U linky č. 197 došlo k velké změně, tím že byla úplně zrušena linka č. 198, a proto bude tato linka podrobena šetření a dojde jistě k její úpravě. U linky č. 200 nedošlo k žádné změně v hodnocení dle efektivity a linka před změnou i po změně zůstává na 92%. Linka č. 135 si zvýšila své hodnocení dle efektivity o 1% a zůstává stále hodnocena jako neefektivní linka, všechny ostatní linky jsou efektivní před změnou i po změně.

Největší změny, které Dopravní podnik hl. m. Prahy provedl, jsou nejvíce znatelné pro situaci ve všední den. Pro většinu linek to znamená ušetření spojů zvláště v sedle, následně řidičů ale i spotřeby. Ve všední den jsou všechny linky dle efektivity hodnoceny lépe po změně než před změnou, pokud již před změnou nedosáhly hranice technické efektivity. Největší změny pro všední den v hodnocení dle efektivity je u linky č. 144 a po změně dokonce dosáhla hranice technické efektivity. Druhou linkou, u které došlo k velké změně, je linka č. 133, která zvýšila svou efektivitu z 67% na 73%. Zbylé dvě linky č. 200 a č. 135 jsou hodnoceny jako neefektivní linky jak před změnou, tak po změně a obě linky své hodnocení dle efektivity zlepšily. Všechny ostatní nejmenované linky jsou hodnoceny jako efektivní před změnou i po změně.

Z výše zmíněných důvodů je možné provedenou změnu Dopravním podnikem hl. m. Prahy v září roku 2012 hodnotit jako úspěšný krok dopředu.

Pokud by bylo provedeno šetření a analýza pro celý autobusový park Dopravního podniku hl. m. Prahy, bylo by možné dle efektivity ohodnotit všechny linky. Dle této analýzy by pak bylo možné se zaměřit na neefektivní linky a pokusit se určit, co tuto neefektivitu způsobuje. Analyzovat by se takto daly i tramvaje či metro, popřípadě by se Dopravní podnik hl. m. Prahy resp. jeho linky mohly srovnávat s linkami jiných měst jak v České republice, tak ve světě.

6. Seznam literatury

1. KOČÁRKOVÁ, Dagmar, Josef KOCOUREK a Martin JACURA. *Základy dopravního inženýrství*. V Praze: České vysoké učení technické, 2009, 51-56 s. ISBN 978-80-01-04233-5.
2. LACEK, Mikuláš. *Městská doprava 2. díl*. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1984, 7-219 s. ISBN OD-31-056-84 – 07/26.
3. JABLONSKÝ, Josef, DLOUHÝ, Martin. *Modely hodnocení efektivnosti produkčních jednotek*. Praha: Professional Publishing, 2004, 7-86 s. ISBN 80-86419-49-5.
4. BROŽOVÁ, Helena; HOUŠKA, Milan; ŠUBRT, Tomáš. *Modely pro vícekriteriální rozhodování*. Praha : ČZU v Praze, 2009. 126-140 s. ISBN 978-80-213-1019-3
5. MOJŽÍŠ, Vlastislav, Milan GRAJA a Pavel VANČURA. *Integrované dopravní systémy*. 1. vyd. Praha: Powerprint, 2008, 87-95 s. ISBN 978-809-0401-105.
6. ŘÍHA, Zdeněk, Pavel FOJTÍK a Pavel VANČURA. *Jak se tvoří město: vývoj dopravního systému Prahy v období průmyslové revoluce*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické, 2012, 160-162 s. ISBN 978-800-1050-293.
7. ALI, Emrouznejad; PODINOVSKI, Victor. *Data Envelopment Analysis and Performance Management*. UK : Warwick print, 2004. 420 s. ISBN 090268373.
8. FRIEBELOVÁ, Jana. *Rozhodovací modely pro ekonomy*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2007. 57-69 s. ISBN 978-80-7394-035-5.
9. EMROUZNEJAD, Ali. *Data Envelopment Analysis Homepage : , Coventry CV4 7AL, UK* [online]. Warwick Business School, 1995-2001, 2011 [cit. 2013-03-18]. Data Envelopment Analysis Homepage. Dostupné z WWW: <<http://www.deazone.com/>>.
10. Profil společnosti. *Dopravní podnik hlavního města Prahy* [online]. 2012 [cit. 2013-03-18]. Dopravní podnik hlavního města Prahy. Dostupné z WWW: <<http://www.dpp.cz/profil-spolecnosti/>>.
11. Organizační struktura. *Dopravní podnik hlavního města Prahy* [online]. 2012 [cit. 2013-03-18]. Dopravní podnik hlavního města Prahy. Dostupné z WWW: <<http://www.dpp.cz/organizacni-struktura/>>.
12. Trvalé změny vybraných linek PID od 1. září 2012. *Dopravní podnik hlavního města Prahy* [online]. 2012 [cit. 2013-03-18]. Dostupné z: <http://www.dpp.cz/trvale-zmeny-vybranych-linek-pid-od-1-zari-2012/>

13. Dopravní schémata. *Dopravní podnik hlavního města Prahy* [online]. 2012 [cit. 2013-03-18]. Dopravní podnik hlavního města Prahy. Dostupné z WWW: <<http://www.dpp.cz/dopravni-schemata/>>.
14. FRIEBELOVÁ, Jana. *Metoda datových obalů – DEA* [online]. České Budějovice : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2006 [cit. 2013-03-18]. Dostupné z WWW: <http://www2.ef.jcu.cz/~jfrieb/rmp/data/teorie_oa/DEA.pdf>
15. DLOUHÝ, Martin; JABLONSKÝ, Josef; NOVOSÁDOVÁ, Ivana. VYUŽITÍ ANALÝZY OBALU DAT PRO HODNOCENÍ EFEKTIVNOSTI ČESKÝCH NEMOCNIC. *Politická ekonomie* [online]. 2007, 1, [cit. 2013-03-18]. Dostupný z WWW: <www.vse.cz/polek/download.php?jnl=polek&pdf=590.pdf>
16. DOUBRAVOVÁ, Hana. *VÍCEKRITERIÁLNÍ ANALÝZA VARIANT A JEJÍ APLIKACE V PRAXI*. České Budějovice, 2008. 84 s. Diplomová práce. JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH EKONOMICKÁ FAKULTA.

7. Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 3.3-1 grafikon jednotraťový a více traťový	17
Obrázek 3.3-2 tvorba grafikonu	20
Obrázek 3.4.1-1zobrazení principu vstupově orientovaného modelu CCR	26
Obrázek 4.1-1 struktura podniku	35
Obrázek 4.2-1 mapa devíti vybraných linek	39
Tabulka 3.5-1 obecné zadání vstupní matice pro metodu DEA	23
Tabulka 4.3-1 ukázková vstupní data	41
Tabulka 4.3-2 rozdíl mezi CCR a BCC	41
Tabulka 4.4-1 vstupní data před změnou a pro neděli	43
Tabulka 4.4-2 vstupově orientovaný BCC model před změnou, neděle	44
Tabulka 4.4-3 výstupově orientovaný BCC model před změnou, neděle	45
Tabulka 4.5-1 vstupní data před změnou a pro všední den	46
Tabulka 4.5-2 vstupově orientovaný BCC model před změnou, všední den	47
Tabulka 4.5-3 výstupově orientovaný BCC model před změnou, všední den	48
Tabulka 4.6-1 vstupní data, srovnávací model před změnou, všední den + neděle.....	49
Tabulka 4.6-2 vstupově orientovaný BCC model před změnou všední den + neděle.....	50
Tabulka 4.6-3 výstupově orientovaný BCC model před změnou všední den + neděle.....	52
Tabulka 4.7-1 vstupní data po změně a pro neděli	53
Tabulka 4.7-2 vstupově orientovaný BCC model po změně, neděle.....	54
Tabulka 4.7-3 výstupově orientovaný BCC model po změně, neděle.....	55
Tabulka 4.8-1 vstupní data po změně pro všední den.....	56
Tabulka 4.8-2 vstupově orientovaný BCC model po změně, všední den.....	57
Tabulka 4.8-3 výstupově orientovaný BCC model po změně, všední den.....	58
Tabulka 4.9-1 vstupní data srovnávacího modelu po změně všední den + neděle	59
Tabulka 4.9-2 vstupově orientovaný BCC model srovnání po změně všední den + neděle	60
Tabulka 4.9-3 výstupově orientovaný BCC model srovnání po změně všední den + neděle ..	62
Tabulka 4.10-1 vstupní data srovná před změnou a po změně pro neděli.....	63
Tabulka 4.10-2 vstupově orientovaný BCC model před změnou a po změně, neděle	65
Tabulka 4.10-3 výstupově orientovaný BCC model před změnou a po změně, neděle	67

Tabulka 4.11-1 vstupní data srovná před změnou a po změně pro všední den	68
Tabulka 4.11-2 vstupově orientovaný BCC model před změnou a po změně, všední den	69
Tabulka 4.11-3 výstupově orientovaný BCC model před změnou a po změně, všední den	70