

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Optimalizace vnitropodnikové silniční dopravy  
ve společnosti Borgers CS

Ladislav Šipoš

Diplomová práce

2017

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Ladislav Šipoš**  
Osobní číslo: **D15445**  
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**  
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy**  
Název tématu: **Optimalizace vnitropodnikové silniční dopravy ve společnosti  
Borgers CS**  
Zadávací katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

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

Úvod

1 Analýza vnitropodnikové dopravy

2 Návrh optimalizace vnitropodnikové dopravy

3 Vyhodnocení návrhu

Závěr

Rozsah grafických prací: 4 - 5  
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- (1) CEMPÍREK, V. Logistické a přepravní technologie. Vyd. 1. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2009, 197 s. ISBN 978-80-86530-57-4
- (2) BULÍČEK, J. Systémová analýza. Vyd. 1. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013, 96 s. ISBN 978-80-7395-630-1
- (3) Interní materiály společnosti Borgers CS

Vedoucí diplomové práce: Ing. David Šourek, Ph.D.  
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: 1. února 2017  
Termín odevzdání diplomové práce: 26. května 2017

  
doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.  
děkan

L.S.

  
doc. Ing. Jaroš Široký, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 3. února 2017

**Prohlašuji:**

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

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 19. 5. 2017

Ladislav Šipoš

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Davidu Šourkovi, Ph.D. za ochotu a rady při psaní této práce. Dále děkuji panu doc. Ing. Josefu Bulíčkovu Ph.D. za odbornou pomoc při řešení problematiky pomocí výpočetní techniky. Velký dík patří mé rodině za podporu ve studiu.

## **ANOTACE**

Analytická část je věnována problematice fungování vnitropodnikové dopravy mezi jednotlivými závody a sklady společnosti. Součástí je analýza dat týkajících se vnitropodnikové silniční dopravy poskytnutých společností Borgers CS. Na základě analýzy dat je navržena optimalizace vnitropodnikové dopravy. Součástí je validace návrhu pomocí matematického modelu pobočkové dopravy.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

vnitropodniková doprava, optimalizace, matematický model pobočkové dopravy

## **TITLE**

Internal transport analysis in Borgers CS Company

## **ANNOTATION**

The analytical part of this diploma thesis is devoted to the issue of the operation in intercompany transport between individual factories and warehouses of the company. Part of this diploma thesis is the data analysis of intercompany transport provided by Borgers CS. Based on data analysis, optimization of intercompany transport is proposed. Including proposal validation using a mathematical model of intercompany transport.

## **KEYWORDS**

internal transport, optimization, transport branch mathematical model

## OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ .....	10
SEZNAM TABULEK .....	11
SEZNAM ZKRATEK .....	12
ÚVOD .....	13
1 ANALÝZA VNITROPODNIKOVÉ DOPRAVY .....	14
1.1 Výrobní závody a sklady.....	15
1.1.1 Závod Volduchy.....	15
1.1.2 Závod Rokycany .....	16
1.1.3 Závod Hrádek.....	16
1.1.4 Závod Stupno .....	16
1.1.5 Sklad Kasárna .....	17
1.1.6 Sklad Břasy .....	17
1.2 Systém objednávání materiálu a skladová zásoba .....	18
1.2.1 Logistik .....	18
1.2.2 Administrátor příjmu .....	19
1.2.3 Skladová zásoba a objednávky .....	19
1.3 Vnitropodniková doprava .....	20
1.3.1 Vozový park.....	20
1.3.2 Manipulační jednotky .....	21
1.3.3 Relace a jízdni řády.....	25
1.4 Poskytnutá data k vnitropodnikové dopravě.....	28
1.4.1 Doprava mezi skladem Kasárna a výrobními závody.....	28
1.4.2 Doprava mezi skladem Břasy a výrobními závody .....	29
1.4.3 Doprava mezi závodem v Hrádku a Volduchách .....	30
1.4.4 Doprava mezi závodem v Rokycanech a Volduchách.....	31
1.4.5 Doprava mezi závodem v Rokycanech a Hrádku .....	31

1.5	Dílčí závěr .....	32
2	NÁVRH OPTIMALIZACE VNITROPODNIKOVÉ DOPRAVY .....	33
2.1	Technologie vykládky a nakládky vozidel.....	33
2.2	Umístění obslužných míst na dopravní síti .....	33
2.3	Návrh nového modelu vnitropodnikové dopravy .....	34
2.3.1	Tvorba relací .....	34
2.3.2	Vstupní hodnoty .....	36
2.3.3	Tvorba jízdního řádu .....	36
2.3.4	Objednávky materiálu z vnějších skladů .....	39
2.3.5	Realizace převozu materiálu na sloučených relacích.....	40
2.4	Povinné přestávky řidičů.....	41
3	VALIDACE NÁVRHU POMOCÍ MATEMATICKÉHO MODELU .....	42
3.1	Matematický model pobočkové dopravy .....	42
3.1.1	Vstupní data .....	42
3.1.2	Průběh řešení.....	42
3.1.3	Výstupy .....	43
3.2	Validování návrhu optimalizace vnitropodnikové dopravy.....	44
3.3	Využití matematického modelu .....	48
3.3.1	Zjištění maximální kapacity při nasazení 4 vozidel varianta A.....	48
3.3.2	Zjištění maximální kapacity při nasazení 4 vozidel varianta B .....	51
4	VYHODNOCENÍ NÁVRHU .....	55
4.1	Stabilita jízdního řádu .....	55
4.2	Porovnání charakteristik návrhů řešení.....	56
4.3	Problematika využití matematického modelu pobočkové dopravy v praxi.....	57
4.3.1	Výhody využití matematického modelu pobočkové dopravy .....	57
4.3.2	Nevýhody využití matematického modelu pobočkové dopravy.....	58
	ZÁVĚR .....	59



SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ .....	60
SEZNAM PŘÍLOH.....	61
PŘÍLOHY .....	62

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Rozmístění výrobních závodů a skladů .....	14
Obr. 2 Umístění skladu Kasárna a výrobního závodu v Rokycanech .....	17
Obr. 3 Vpředu samostatné role propylátu, vzadu uskladněné na stojanech .....	21
Obr. 4 Stojan s rolí propylátu.....	22
Obr. 5 Obal X06.....	22
Obr. 6 Obal X03.....	23
Obr. 7 Obaly připravené k nakládce .....	23
Obr. 8 Obaly SP2 .....	24
Obr. 9 Jednotlivé relace a na nich nasazená vozidla.....	25
Obr. 10 Grafické znázornění dopravní sítě .....	34

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Vzdálenosti mezi výrobními závody a sklady v kilometrech.....	15
Tab. 2 Doba jízdy mezi výrobními závody a sklady v minutách .....	15
Tab. 3 Technické údaje vozidel .....	21
Tab. 4 Jízdní řád Břasy .....	26
Tab. 5 Počet obrátů a vytížení vozidel mezi skladem Kasárna a závody .....	29
Tab. 6 Počet obrátů a vytížení vozidla mezi skladem v Břasích a závody .....	30
Tab. 7 Počet obrátů a vytížení vozidla mezi závody v Hrádku a Volduchách .....	30
Tab. 8 Počet obrátů a vytížení vozidla mezi závody v Rokycanech a Volduchách .....	31
Tab. 9 Počet obrátů a vytížení vozidla mezi závody v Rokycanech a Hrádku.....	32
Tab. 10 Celkový počet manipulačních jednotek k přepravě během směny.....	35
Tab. 11 Upravený celkový počet manipulačních jednotek k přepravě během směny.....	35
Tab. 12 Vstupní hodnoty pro jednotlivé relace.....	36
Tab. 13 Jízdní řád vozidla Axor.....	37
Tab. 14 Jízdní řád vozidla Actros I.....	37
Tab. 15 Jízdní řád vozidla Actros II .....	38
Tab. 16 Jízdní řád vozidla Actros III .....	39
Tab. 17 Výpis plně vytížených jízd .....	44
Tab. 18 Zbylý počet manipulačních jednotek.....	44
Tab. 19 Přehled okružních jízd .....	46
Tab. 20 Rozdělení okruhů na okružní jízdy.....	47
Tab. 21 Matice výchozích přepravních proudů .....	48
Tab. 22 Matice navýšených přepravních proudů o 33 % .....	49
Tab. 23 Nutné jízdy při zvýšení požadavků o 33 % .....	50
Tab. 24 Matice navýšených přepravních proudů o 25 % .....	51
Tab. 25 Nutné jízdy při zvýšení požadavků o 25 % .....	52
Tab. 26 Vytvořené okružní jízdy pro vozidla Actros I a Actros II.....	53
Tab. 27 Vytvořené okružní jízdy pro vozidla Actros III a Actros IV.....	54
Tab. 28 Kapacita na jednotlivých relacích.....	55
Tab. 29 Časové využití vozidel.....	56
Tab. 30 Charakteristiky návrhů řešení .....	57

## **SEZNAM ZKRATEK**

**PUR** polyuretan

**VZV** vysokozdvížený vozík

## ÚVOD

Společnost Borgers CS byla založena v roce 1866 v Německu panem Johannem Borgersem a ve vlastnictví rodiny je dodnes. Firma se zabývá výrobou dílů z netkaných textilií a lisovaných desek pro automobilový průmysl. Jde především o interiérové koberce, čalounění zavazadlového prostoru, různé desky a sítky umožňující jeho rozdělení. Významnou část výrobků tvoří díly pro odhlučnění interiéru vozů, například podběhy vozidel nebo odhlučnění kapoty motoru. Mezi zákazníky společnosti patří většina evropských automobilek. Významným zákazníkem je koncern Volkswagen, pro který jsou vyráběny díly nejen do vozů Škoda, ale i pro prémiové značky Audi, Porsche a Bentley. Mezi další neméně významné zákazníky patří automobilky BMW, Mercedes, Ford či koncern PSA.

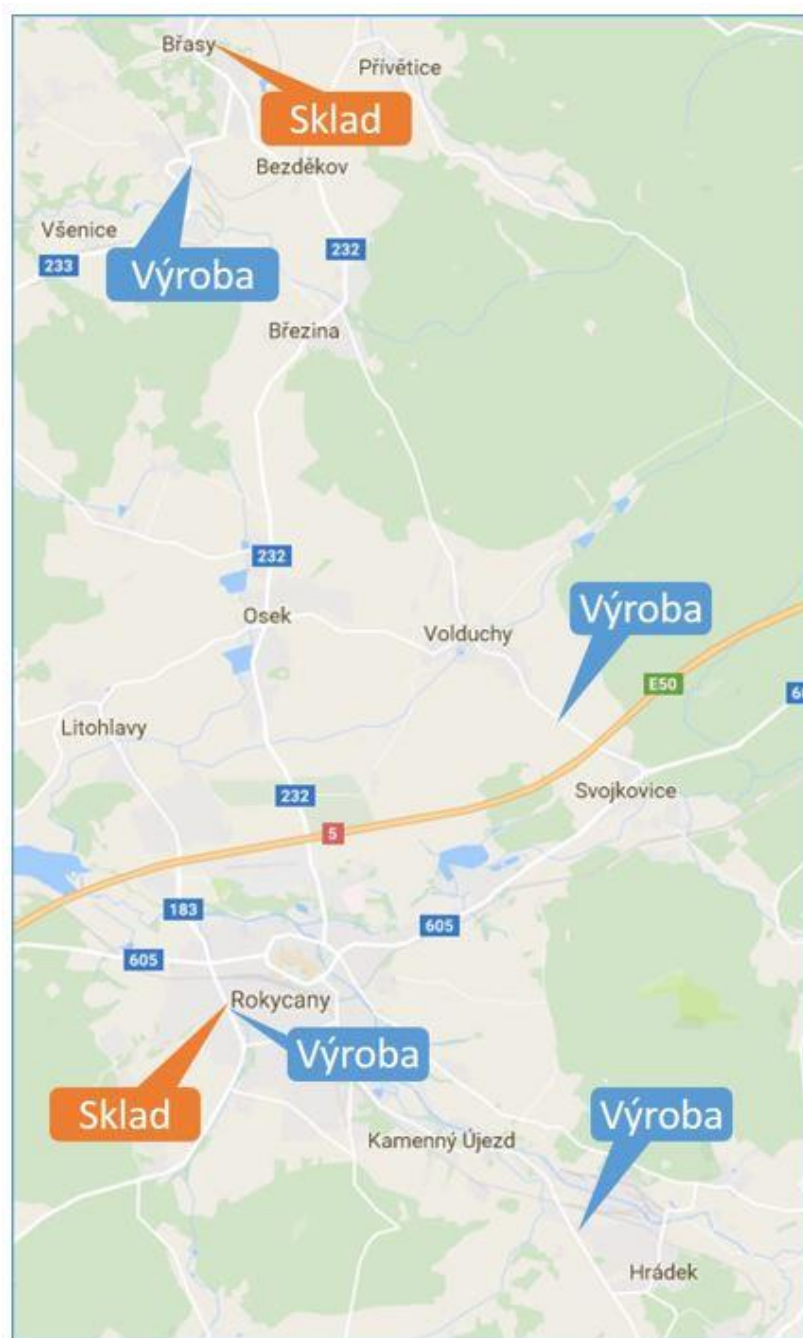
Díly pro tyto zákazníky jsou vyráběny celkem ve čtyřech závodech na Plzeňsku. Závody jsou umístěny v Rokycanech, kde sídlí i vedení společnosti v České republice, Hrádku, Volduchách a Stupně. Kromě výrobních závodů má společnost sklady materiálu v Břásích a v areálu bývalých kasáren v Rokycanech. Výrobky na vývoz k zákazníkům jsou sváženy do centrálního expedičního skladu ve Štěnovicích. Svoz těchto výrobků a jejich skladování zajišťuje pro Borgers CS externí firma a tato doprava není předmětem této diplomové práce.

Výstupem výroby v jednotlivých závodech není vždy jen hotový výrobek, ale i polotovar určený ke zpracování v jiném závodě. Mezi závody a sklady je zavedena interní silniční doprava, kterou poskytuje externí společnost. Závody jsou touto dopravou zásobovány materiálem ze skladů a zároveň je zajištěna přeprava polotovarů, prázdných obalů, případně materiálu pro výrobu mezi jednotlivými závody. Pro interní přepravu se využívá interních manipulačních jednotek, kdy každá je přizpůsobena pro daný druh materiálu nebo polotovaru. Různorodost těchto jednotek komplikuje využití ložné plochy nákladového prostoru vozidla. Značný vliv na fungování vnitropodnikové dopravy má i způsob objednávek materiálu ze skladů a možné současné příjezdy vozidel do jednoho závodu, kdy pak dochází k tvorbě front při čekání na vykládku, případně nakládku.

Vedení společnosti není s fungováním interní dopravy mezi závody a sklady spokojeno zejména z důvodů častého pozdního dodání materiálu, vytížení vozidel a jejich prostoji v závodech. Cílem této diplomové práce je změnit stávající systém vnitropodnikové dopravy, tak aby byl co nejvíce efektivní a zároveň došlo ke snížení nákladů na provozování této dopravy.

# 1 ANALÝZA VNITRPODNIKOVÉ DOPRAVY

Společnost Borgers CS provozuje na Rokycansku čtyři výrobní závody a dva sklady. Rozmístění závodů a skladů je znázorněno na obr. 1. Modře jsou označeny výrobní závody a oranžově sklady materiálu. Převoz materiálu probíhá jak ze skladů do výrobních závodů, tak i přímo mezi výrobními závody, kdy se převáží například polotovary k dalšímu zpracování.



Obr. 1 Rozmístění výrobních závodů a skladů

Zdroj: autor s využitím (1)

## 1.1 Výrobní závody a sklady

Na obr. 1 je patrné rozmístění výroby a skladů v okolí Rokycan. Vzdálenosti v kilometrech mezi jednotlivými závody a sklady jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 Vzdálenosti mezi výrobními závody a sklady v kilometrech

Pobočka	Rokycany	Hrádek	Stupno	Volduchy	Břasy	Kasárna (Rokycany)
Rokycany		5	15	8	14	1
Hrádek	5		18	10	16	5
Stupno	15	18		13	2	15
Volduchy	8	10	13		12	8
Břasy	14	16	2	12		14
Kasárna (Rokycany)	1	5	15	8	14	

Zdroj: autor s využitím (1)

V tab. 2 jsou uvedeny průměrné doby jízdy nákladního automobilu mezi závody a sklady v minutách.

Tab. 2 Doba jízdy mezi výrobními závody a sklady v minutách

Pobočka	Rokycany	Hrádek	Stupno	Volduchy	Břasy	Kasárna (Rokycany)
Rokycany		10	30	15	30	5
Hrádek	10		35	20	35	10
Stupno	30	35		30	5	30
Volduchy	15	20	30		25	15
Břasy	30	35	5	25		30
Kasárna (Rokycany)	5	10	30	15	30	

Zdroj: autor s využitím (1)

Doba jízdy vozidel se nejčastěji pohybuje v rozmezí 20 až 25 minut a zároveň nikde nepřesahuje 35 minut. Přes dané území prochází dálnice D5, kterou však interní doprava kvůli pro ni nevhodně umístěným sjezdům nevyužívá. Vozidla jezdí nejčastěji po silnicích druhé třídy II/232 a II/605.

### 1.1.1 Závod Volduchy

Výroba probíhá ve dvou halách v nepřetržitém provozu. Vyrábí se zde například polyuretanové (PUR) desky, které se používají jako dna zavazadlových prostorů automobilů. Jde o polotovary, které se pro další zpracování převáží do Rokycan. Významná je zde linka na výrobu propylátu, který se dále zpracovává buď přímo v místní výrobě, nebo se zasílá na další zpracování do Hrádku, případně Rokycan. Propylát je netkaná textilie vyrábějící se ze směsi recyklovaných bavlněných vláken, různých druhů polyesteru, případně jiných

přírodních vláken. Z propylátu se zde vyrábějí především podběhy a interiérové čalounění vozidel. Součástí závodu je i linka s vysokým podílem ruční práce pro výrobu dílů do luxusních vozidel. Závod je zásobován ze skladů Kasárna v Rokycanech a skladu v Břasích.

### **1.1.2 Závod Rokycany**

Výrobní závod v průmyslové zóně na jižním okraji Rokycan, kde sídlí i vedení společnosti pro Českou republiku. Výroba zde probíhá ve čtyřsměnném provozu a zpracovává PUR desky dovážené z Volduch, je zde taktéž linka na výrobu propylátu, která však nedosahuje potřebných kapacit, a proto je nutné propylát pro jeho další zpracování na místních linkách dovážet z Volduch. Zpět do Volduch se zasílají převážně prázdné obaly, případně polotovary zhotovené z propylátu, které je potřeba dále zpracovat.

### **1.1.3 Závod Hrádek**

Stejně jako v předešlých dvou závodech i zde se vyrábí propylát, který se následně zpracovává na dalších linkách. Stejně jako v případě Rokycan i sem je nutné přivážet vyrobený propylát z Volduch a zpět posílat prázdné obaly pro další výrobu. Výroba je zavážena materiálem uskladněným ve skladu Kasárna nebo v Břasích. Mezi Hrádkem a závodem v Rokycanech není zavedena pravidelná doprava. Případný převoz materiálu mezi těmito závody se řeší operativně. Většinou se jedná o prázdné obaly, které jsou potřeba pro výrobu v některém z těchto závodů. Stejně jako v předchozích závodech i zde je zaveden nepřetržitý čtyřsměnný provoz.

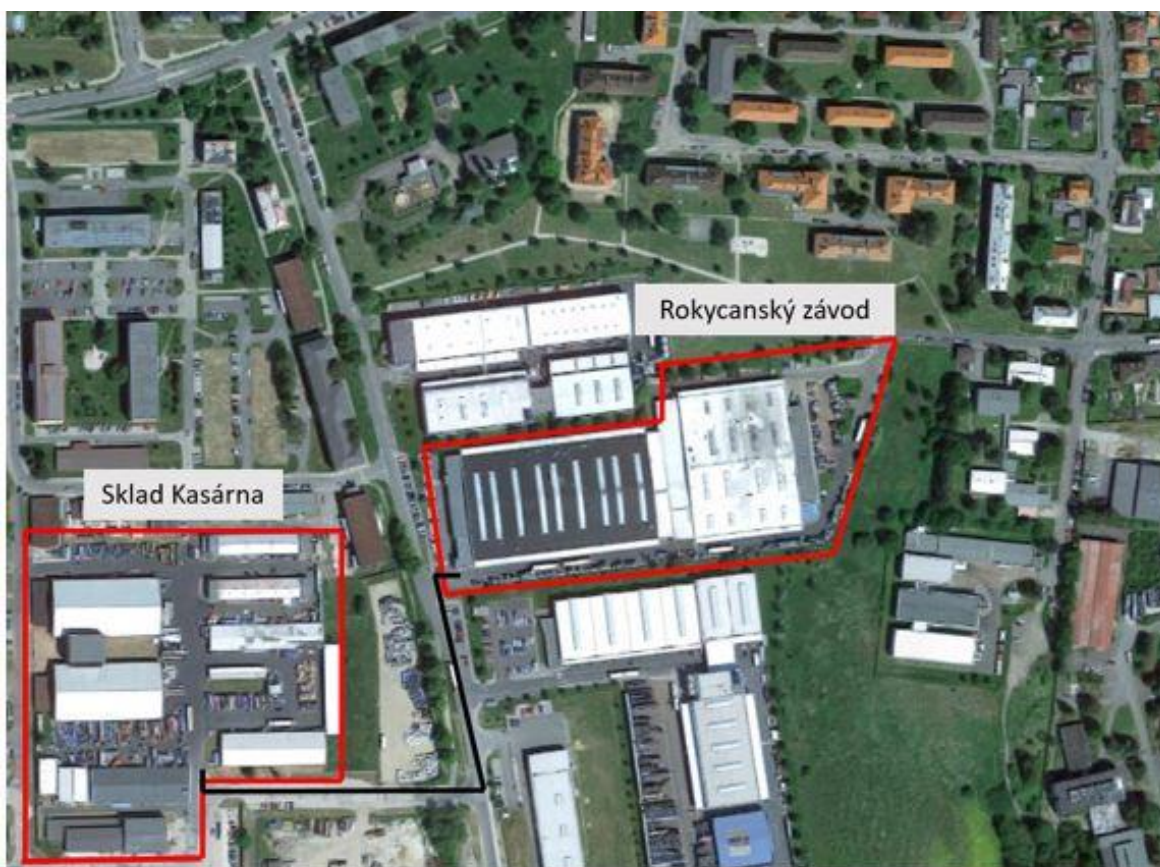
### **1.1.4 Závod Stupno**

Nejmenší závod společnosti se nachází v malé vesnici Stupno nedaleko Břas. Výroba probíhá pouze ve dvousměnném provozu a je zaměřena na šití malých komponent do vozidel. Jde například o různé sítě a síťky do zavazadlových prostorů nebo závěsy do kabin nákladních automobilů. Místní výroba šije také pracovní oblečení pro zaměstnance společnosti. Všechny hotové výrobky se vozí do skladu Kasárna v Rokycanech, odkud si je objednávají jednotlivé závody pro svou výrobu. Jde o malé objemy výroby, které jsou do skladu Kasárna sváženy dle potřeby nebo při naplnění kapacity vozidla. Jsou i případy, kdy se materiál ze Stupna veze rovnou do výrobního závodu, kde ho již potřebují. **Tento způsob je pro společnost plně vyhovující a není potřeba zde zavádět pravidelnou dopravu. Z tohoto důvodu nebude dále závod Stupno v diplomové práci uvažován.**



### 1.1.5 Sklad Kasárna

Jedná se o sklad materiálu v areálu bývalých kasáren v Rokycanech. Sklad se nachází v těsné blízkosti rokycanského výrobního závodu. Na obr. 2 je znázorněn sklad Kasárna a rokycanský závod, černě je potom znázorněna cesta mezi nimi. Pro přepravu materiálu ze skladu do rokycanského závodu, který je ve vedlejší ulici, je nutné naložit nákladní vozidlo a materiál převézt po přibližně 0,5 km dlouhé trase mezi nimi. Skladuje se zde především nakupovaný materiál pro výrobu, náhradní díly do strojů, je zde oprava poškozených obalů, ale i čerpací stanice pro firemní vozidla. Z hlediska interní dopravy má tento sklad značný význam. Jde o místo, kde se střídají směny řidičů, tedy výchozí a konečný bod pro automobily zajišťující interní přepravu. Pracovníci skladu pracují v nepřetržitém čtyřsměnném provozu.



Obr. 2 Umístění skladu Kasárna a výrobního závodu v Rokycanech

Zdroj: autor s využitím (1)

### 1.1.6 Sklad Břasy

Zde je uskladněn především nakupovaný propylát a koberce. Tento materiál je buď ve formě rolí o různé šířce a délce, nebo jde o obdélníkový přístřih na paletě. Dále se zde skladují tvarovací formy a kontrolní šablony na díly, které se již nevyrábějí, ale využily

by se pro případ výroby náhradních dílů. Jsou zde uskladněny celé části automobilů, pro kontrolu lícování vyrobených dílů. Břaský sklad disponuje značnou zásobou prázdných zákaznických obalů, které si v případě potřeby objednávají závody pro svou výrobu. Byť výroba probíhá nepřetržitě, tento sklad nefunguje v nepřetržitém provozu. V noci z pátku na sobotu v čase od 22 do 6 hodin ráno a v noci ze soboty na neděli v čase 18 až 6 hodin je sklad uzavřen. Toto rozvržení pracovní doby způsobuje problémy ve výrobě, kdy hrozí zastavení výroby z důvodu nedostatku materiálu, i když se závod snaží před víkendem předzásobit. Mnohdy se stává, že pracovníci logistiky v závodu, kde chybí materiál, jsou nuceni si zajistit dopravu a jet naložit materiál do Břas, kde je pouze vrátný. Toto nouzové řešení vyžaduje mnoho improvizace a spolupráci mezi závody a i přes veškerou snahu se ne vždy podaří dodat potřebný materiál včas. V břaském skladu se střídají směny řidičů kamionu, který zaváží materiálem z tohoto skladu ostatní výrobní závody.

## **1.2 Systém objednávání materiálu a skladová zásoba**

Objednávky materiálu ze skladů mají na starost pověřeni pracovníci skladu. Konkrétně se jedná o administrátora příjmu, který objednává materiál ze skladů, případně jiných výrobních závodů, na základě požadavků mistrů, případně předáků výroby ve svém závodě. Dále je zde logistik, který má na starost doplňování drobného materiálu k linkám a jeho objednávání ze skladu v Břasích a skladu Kasárna v Rokycanech.

### **1.2.1 Logistik**

Úkolem logistika je doplňování drobného materiálu do skladových pozic u výrobních linek. Dbá tedy na dodržení dostatečné zásoby materiálu u výrobní linky a stejně tak udržuje nezbytnou skladovou zásobu tohoto materiálu ve skladu ve svém závodě. Pokud nějaký materiál dochází, učiní logistik objednávku do skladu Kasárna nebo Břasy.

Na začátku každé směny obejde logistik všechna svěřená pracoviště výroby a sepíše si chybějící materiál. Tato činnost mu zabere kolem hodiny a během této doby obvykle dorazí do závodu materiál, který objednala předchozí směna. Příchozí materiál objednaný předchozí směnou logistik zkontroluje a naskladní. Následuje objednání materiálu, u něhož není dostatečná skladová zásoba pro průběh směny, a poté rozveze materiál na linky.

Logistik tedy pravidelně obchází svěřená pracoviště a kontroluje skladovou zásobu na linkách. Kontroluje skladovou zásobu ve skladu svého závodu. Na základě kontrol objednává docházející materiál. Objednávky materiálu činí i na základě požadavků mistra

nebo předáka výroby. To se děje zejména při změně zakázky nebo neočekávaných událostech jako například dodání kazového materiálu od dodavatele.

Logistickí pracují ve čtyřsměnném provozu. Ranní 12hodinová směna je posílena o logistika přítomného v čase od 6 hodin do 14 hodin, a to pouze v pracovním týdnu pro zajištění bezproblémového a včasného dodávání materiálu na linky.

### **1.2.2 Administrátor příjmu**

Pracovní náplní administrátora příjmu je zejména systémový příjem materiálu od externího dodavatele. Z hlediska interní dopravy nemá tato činnost význam a není tedy dále uvažována. Dále administrátor zajišťuje dopravu pro převozy různého pracovního nářadí a strojů v rámci společnosti a také se stará o objednávky materiálu ze skladu Kasárna a Břasy dle požadavku mistra nebo předáka výroby. Administrátor tedy objednává materiál pouze na základě požadavků pracovníků výroby.

Administrátoři skladu pracují ve dvousměnném provozu. Na každé směně je v pracovním týdnu jeden administrátor. V době od 22 hodin do 6 hodin a o víkendech zastupuje administrátora jeden z předáků logistiky, kteří jsou vedoucími dané směny v logistice.

### **1.2.3 Skladová zásoba a objednávky**

Skladová zásoba u drobného materiálu zaváženého na linky logistikem je mnohdy vytvořena značně nepřesně a velmi záleží na osobním odhadu logistika, případně předáka linky, který má za danou linku zodpovědnost, zda materiál vystačí či nikoli. Není nastaven žádný proces, který by přesně stanovoval minimální a ani maximální zásobu na lince. Pracovníci se tedy často řídí heslem raději více než méně. V lepším případě tak tedy dochází k přeplnění skladové plochy jedním druhem materiálu. To s sebou samozřejmě přináší nedostatek místa pro jiný druh materiálu a celkovou nepřehlednost pracoviště.

Skladovou zásobu materiálu, který objednává administrátor příjmu, sledují mistři nebo předáci výroby pomocí software v počítači, případně sledují fyzický počet materiálu na skladovém místě. Zde jsou dva problémy. První je častý rozdíl mezi systémovou zásobou materiálu a tou fyzickou. Druhý problém je rozmístění velkého množství skladových ploch po celém závodě a neexistence jednoho centrálního skladu, ze kterého by se materiál vozil do výroby. Tyto dva faktory způsobují časté problémy s včasným dodáním materiálu do výroby. Požadavky na dodání materiálu se tak mnohdy dostanou k administrátorovi, až když není materiál fyzicky nalezen, i když systémově je na skladě.

Materiál objednává logistik i administrátor pomocí velmi jednoduché tabulky připravené v programu MS Excel, kam pouze do připravených buněk zadá číslo dílu, název, objednané množství a případně poznámku. Toto vytiskne a následně pošle faxem do příslušného skladu. Při příjezdu materiálu ze skladu porovná svou objednávku s ložným listem a ověří, že dorazil všechny objednaný materiál. Tento systém funguje v nezměněné podobě již více než dekádu a rozhodně neodpovídá možnostem a trendům nového tisíciletí. Ke sledování toku materiálu, informaci o jeho spotřebě není využíváno žádných organizovaných procesů nebo systému, jako například Kanban, případně příjem a výdej zboží pomocí čteček čárových kódů s napojením na skladový systém. (2)

Problém řádně nastavené skladové zásoby je zřejmý, stejně jako nevyhovující skladování materiálu, kdy není možné mít jasný a ucelený přehled o jeho skutečném stavu. K systémovým rozdílům dochází zejména neodepisováním zmetků výroby, případně špatným nastavením systému, kdy se materiál zakázkou vůbec neodepisuje a zůstává tak fyzicky skladem, i když je dávno spotřebován. Skladováním materiálu v podstatě v provozu dochází k jeho poškození vlivem prachu, vlhkosti nebo špatným uložením, kdy se materiál deformuje a nelze poté použít. Velmi často dochází ke ztrátě identifikačních štítků materiálu a manipulant vysokozdvizného vozíku (VZV) nedokáže materiál najít, i když je fyzicky skladem.

### **1.3 Vnitropodniková doprava**

Vnitropodnikovou dopravu pro společnost Borgers CS zajišťuje externí firma sedmi nákladními vozidly. Pro případy urgentních převozů disponuje Borgers CS vlastním nákladním automobilem kategorie N1. Ten je umístěn ve skladu Kasárna a v případě nutnosti pověřený pracovník skladu zaveze požadovaný materiál na místo určení.

#### **1.3.1 Vozový park**

Přehled vozidel rozdělený dle kategorií, rozměrů jejich ložných ploch a užitečných hmotností je uveden v tab. 3.

Tab. 3 Technické údaje vozidel

Kategorie	Modelové označení	Délka [m]	Šířka [m]	Výška [m]	Ložná plocha [m <sup>2</sup> ]	Užitečná hmotnost [t]
N1	Sprinter	4,32	1,78	1,94	7,69	1,32
N2	Atego	6,05	2,48	2,20	15,00	2,75
N2	Axor	7,20	2,48	2,58	17,86	9,85
N3 + O4	Actros	13,60	2,45	3,00	33,32	25,50

Zdroj: autor s využitím (3), (4), (5), (6)

Externí firma zajišťující dopravu pro společnost Borgers CS využívá jedno nákladní vozidlo Atego spadající do kategorie N2, jedno vozidlo Axor taktéž kategorie N2 a celkem pět tahačů Actros s návěsem kategorie N3 + O4. Jeden z tahačů s návěsem je určen k převozu tvarovacích forem a dalších výrobních zařízení mezi závody, sklady, případně externí společnostmi, která tato zařízení opravuje.

### 1.3.2 Manipulační jednotky

S rozměry ložných ploch úzce souvisí velikost přepravovaných obalů a tím možnosti využití ložné plochy nákladového prostoru vozidla. Interních obalů se v rámci společnosti používá velké množství.



Obr. 3 Vpředu samostatné role propylátu, vzadu uskladněné na stojanech

Zdroj: autor

Role propylátu na obr. 3 se převážně buď samostatně bez manipulační jednotky, nebo na železných stojanech. Tyto stojany jsou používány ve čtyřech různých délkách dle šíře role propylátu. Jeden stojan je vysoký přibližně 2 m a nedá se tedy na návěs stohovat. Délka

stojanů se pohybuje od 2,7 do 4,5 metru. Na návěs je možné naložit 2 až 4 stojany v závislosti na jejich velikosti a návěs je plně vytížen. Detail nejmenšího stojanu je znázorněn na obr. 4.



Obr. 4 Stojan s rolí propylátu

Zdroj: autor

Mezi nejpoužívanější interní obaly patří železné palety se skládacími boky. Jsou používány ve dvou velikostech. Větší z obalů s názvem X06 je znázorněn na obr. 5. Obal X06 má délku 2,1 m, šířku a výška mají shodně 1,4 m.



Obr. 5 Obal X06

Zdroj: autor

Obal X06 se na návěs stohuje po dvou kusech. Maximálně návěs pojme 18 kusů těchto obalů. Obaly X06 se používají především pro přístřihy propylátu nebo koberců, případně různě tvarovaných polotovarů. Menší obal s názvem X03 znázorněný na obr. 6 má délku 1,6 m, šířku 1,2 m a výšku 0,95 m. Na návěs se dají stohovat po třech kusech, nicméně obaly

X03 se používají především pro skladování polotovarů a jejich obrátka mezi závody není nijak vysoká. Na obr. 7 jsou obaly X06 připravené na nakládku.



Obr. 6 Obal X03

Zdroj: autor



Obr. 7 Obaly připravené k nakládce

Zdroj: autor

V pravé části obr. 7 jsou dva prázdné stojany na polotovary. Čtvercová podstava o délce hrany 1,5 m a výška 2 m opět omezuje maximální využití plochy i objemu návěsu.

Na obr. 8 jsou obaly SP2 používané pro převoz PUR desek. Obal SP2 má délku 1,8 m, šířku 1,2 m a výšku 1,0 m. Na návěs se dají stohovat po dvou a celkem je možné naložit 28 kusů těchto obalů na jeden návěs.



Obr. 8 Obaly SP2

Zdroj: autor

Kromě uvedených obalů se materiál převážně na standardních europaletách a atypických dřevěných paletách. Atypické palety mají rozměr dle velikosti přístřihu propylátu nebo koberce, který je na nich naskládán. Nejčastější délka těchto palet je 1,6 m a 2 m. Šířka se pohybuje v rozmezí 1 m až 1,6 m. Výška naskládaného materiálu umožňuje převoz dvou palet na sobě.

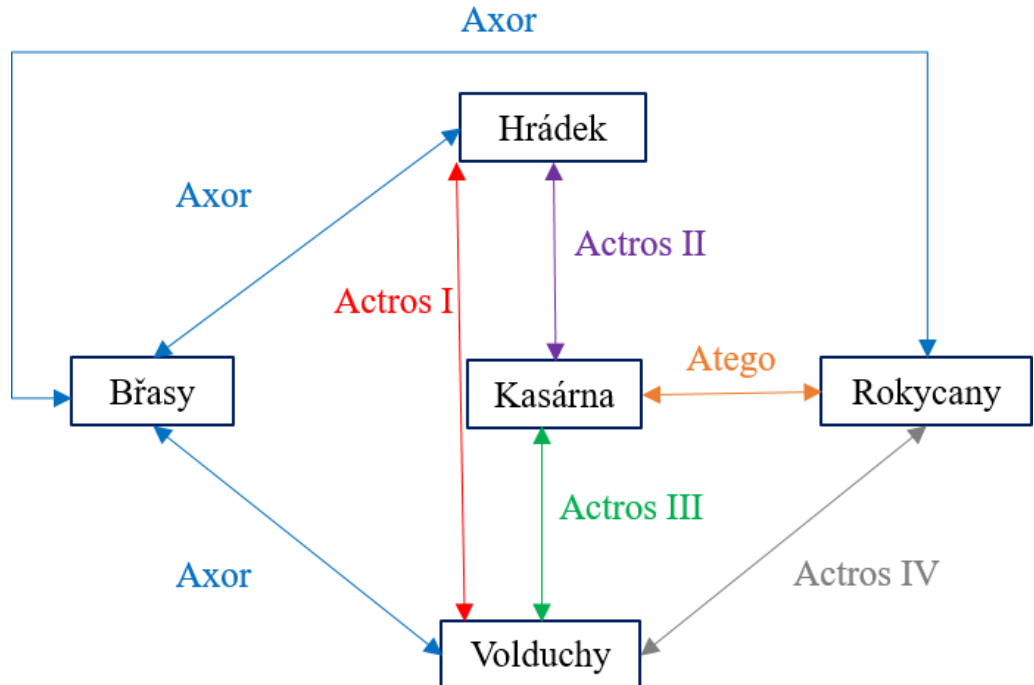
Uvedené obaly na obr. 3 až obr. 8 se nejvíce využívají při přepravě materiálu a polotovarů mezi jednotlivými závody. Zde není druhová pestrost obalů příliš veliká a není větší problém využít celou ložnou plochu vozidla i jeho objem.

Oproti tomu mezi sklady a závody se nejčastěji přepravuje materiál na dřevěných atypických paletách různých rozměrů a obalech X03 a X06. Ze skladů se navíc nevozí pouze materiál pro výrobu, ale i části strojů a zařízení. Tyto skutečnosti komplikují využití především celého objemu návěsu, z důvodu nemožnosti stohování různých obalů. Plné využití ložné plochy také nebývá vždy možné, což je způsobeno hlavně atypickým rozměrem dřevěných palet.



### 1.3.3 Relace a jízdní řády

Dosavadní relace jsou znázorněny na obr. 9 včetně vozidel, která jsou na nich nasazena.



Obr. 9 Jednotlivé relace a na nich nasazená vozidla

Zdroj: autor

Nákladní automobil Atego, který jezdí mezi skladem Kasárna a závodem v Rokycanech, nemá pevně stanovený jízdní řád a jezdí dle potřeb rokycanského závodu. Vzhledem k velmi krátké vzdálenosti mezi skladem a závodem jsou možné rychlé obrátky vozidla. Stejně tak je možné ho využít v případě potřeby pro mimořádné jízdy do jiných závodů, nejčastěji do Hrádku.

Tahač s návěsem označený jako Actros I na relaci Hrádek – Volduchy převáží především propylát z Volduch do Hrádku a zpět vozí hlavně prázdné obaly. Jízdní řád není pevně stanoven a vozidlo jezdí podle objemu výroby. Často se stává, že řidič čeká v závodě, než bude vyrobené dostatečné množství materiálu, aby byl návěs alespoň z poloviny vytížen. Toto záleží i od velikosti obalů, ve kterých jsou polotovary převáženy. V případě rolí propylátu na stojanu se na návěs vejdou dva až tři stojany s několika páry obalů X06 a vozidlo je plně vytížené. Pokud výroba vyrábí pouze do obalů X06, pak trvá i několik hodin, než se vyrobí dostatečné množství materiálu pro plné vytížení návěsu.

Vozidla označená na obr. 9 jako Actros II a Actros III vozí materiál do Hrádku a Volduch z kasárenského skladu na základě objednávek logistiků nebo administrátorů příjmu z těchto závodů. Jízdní řád tedy není stanoven a počet obrátek vozidel záleží od počtu objednávek a množství objednaného materiálu. Na těchto dvou relacích bývají nejvíce vytižené první dva závozy na začátku každé směny, kdy je přivážen materiál pro průběh celé 12hodinové směny. V průběhu dne se již jen doobjednává materiál dle požadavků výroby a automobily nejezdí vždy plně vytižené. Zpět do skladu vozidla vozí především poškozené obaly na opravu, prázdné dřevěné palety, případně části nástrojů k uskladnění nebo opravě.

Na relaci Volduchy – Rokycany jezdí vozidlo označené jako Actros IV, které převáží vyrobené polotovary a materiál mezi těmito závody. Jízdní řád není pevně stanovený a počet obrátek vozidla opět závisí na množství vyrobeného materiálu.

Nejsložitější situace je u vozidla Axor, které zaváží všechny tři výrobní závody materiálem ze skladu v Břasích. Zde je již jízdní řád zaveden a je uveden v tab. 4.

Tab. 4 Jízdní řád Břasy

<b>Jízdní řád Břasy Po - Pá</b>			
<b>Z</b>	<b>Do</b>	<b>Jízda tam a zpět</b>	<b>Čas objednání do</b>
Břasy	Volduchy	0:00 – 1:30	22:00
Břasy	Hrádek	1:30 – 4:00	23:00
Břasy	Volduchy	4:00 – 5:30	2:00
Břasy	Rokycany	5:30 – 8:00	3:00
Břasy	Volduchy	8:00 – 9:30	6:00
Břasy	Hrádek	9:30 – 12:00	7:00
Břasy	Volduchy	12:00 – 13:30	10:00
Břasy	Rokycany	13:30 – 16:00	12:00
Břasy	Volduchy	16:00 – 17:30	14:00
Břasy	Hrádek	17:30 – 20:00	15:00
Břasy	Rokycany	20:00 – 21:30	19:00
Břasy	Volduchy	21:30 – 22:30	20:00
<b>Jízdní řád Břasy So - Ne</b>			
<b>Z</b>	<b>Do</b>	<b>Jízda tam a zpět</b>	<b>Čas objednání do</b>
Břasy	Volduchy	8:00 – 9:30	6:00
Břasy	Hrádek	9:30 – 12:00	7:00
Břasy	Volduchy	12:00 – 13:30	10:00
Břasy	Rokycany	13:30 – 16:00	12:00
Břasy	Volduchy	16:00 – 17:30	14:00
Břasy	Hrádek	17:30 – 20:00	15:00

Zdroj: (7)

V uvedeném jízdním řádu je vidět rozdílný počet jízd do jednotlivých závodů. Tyto rozdíly vyplývají z velikosti výrobních závodů, kdy Volduchy jsou přibližně dvakrát větším výrobním závodem než závody v Hrádku a Rokycanech a mají tím i větší spotřebu materiálu pro výrobu. Jízdní řád koresponduje s provozní dobou skladu v Břasích, a tak je víkendový provoz dopravy omezen pouze na ranní směnu. **Zavedený jízdní řád uvedený v tab. 4 se v praxi ukázal jako nefunkční a vozidlo nejezdí ve stanovené časy.** To je způsobeno hned několika faktory:

- a) omezený počet vysokozdvizných vozíků určených k nakládce a vykládce,
- b) možné současné příjezdy nákladních automobilů do závodu na vykládku,
- c) pozdní objednávky materiálu,
- d) nevhodně objednávané množství materiálu.

První dva body mají za následek tvorbu front. Většina vozidel nemá pevně stanovený jízdní řád, a tak je možné, že do závodu přijede hned několik vozidel současně. Vozidlo se zavedeným jízdním řádem čekající i několik desítek minut na vyložení a naložení materiálu poté nemůže stíhat obrátky podle jízdního řádu.

Za poslední dva body zodpovídá logistik a administrátor příjmu, jako pověřeni pracovníci skladu jsou zodpovědní za správné a včasné objednávky materiálu. Materiál je nutné objednávat průběžně ve stanovené časy, aby byly objednávky rozprostřeny rovnoměrně po celý den a vozidlo jelo vždy vytížené. Stává se, že jednu jízdu, obvykle během noční směny, nejede vozidlo plně vytížené a první objednávka materiálu ranní směny se do ložného prostoru nevejde, kolik je objednáno chybějícího materiálu.

V konečném důsledku takto nastavený systém fungování interní dopravy selhává a nedaří se vždy dostat požadovaný materiál včas do závodu standardní dopravou. Aby nedošlo k omezení, nebo zastavení výroby je nutné žádat o urgentní přepravu materiálu vozidlem Sprinter. Toto vozidlo má však společnost k dispozici pouze jedno a v případě požadavku dvou závodů v krátkém sledu za sebou nemůže být vyhověno oběma současně. Obvyklým řešením této situace je změna výroby v závodě, který čeká na materiál. Rozdělaná zakázka se přeruší a začne se jiná. Po naskladnění materiálu se předchozí zakázka dodělá. Zmíněné řešení zamezí úplnému zastavení výroby, ale přináší s sebou vícenáklady ve výrobě i logistice.

## 1.4 Poskytnutá data k vnitropodnikové dopravě

Autorovi této diplomové práce poskytla společnost Borgers CS data týkající se vnitropodnikové dopravy za měsíc září. Po letních odstavkách jde o měsíc, kdy výroba vyrábí naplno a objem přeprav mezi závody patří mezi největší v roce. Data zapisují pracovníci společnosti do programu Microsoft Excel, ve kterém je následně zpracoval i autor této diplomové práce. K analýze upravených dat bylo využito funkcí kontingenční tabulky a kontingenčního grafu.

Pro řešení problematiky jsou stěžejní dvě informace. První je počet obrátů vozidla na dané relaci. Druhou je vytížení ložného prostoru vozidla. Obojí je potřeba rozlišit na ranní a noční směnu.

Tabulka s daty o vnitropodnikové dopravě obsahuje následující informace:

- a) datum: časový údaj,
- b) druh vozidla: rozlišení zda se jedná o Actros, Axor, Atego nebo Sprinter,
- c) odkud: výchozí místo,
- d) kam: cílové místo,
- e) vytížení ložného prostoru vozidla: uváděno v procentech,
- f) směna: ranní nebo noční,
- g) odjezd: časový údaj,
- h) příjezd: časový údaj,

Získaná data byla zpracována v podobě tabulek a grafů s rozlišením dle jednotlivých relací.

### 1.4.1 Doprava mezi skladem Kasárna a výrobními závody

Grafy znázorňující počet obrátů vozidel mezi skladem Kasárna a jednotlivými závody jsou uvedeny v přílohách A, B a C. V grafech je patrný rozdíl mezi počtem obrátek na ranní a noční směně. Tyto rozdíly může způsobovat nesystémový způsob objednávání materiálu ze skladu. Objednávky jsou ovšem vázané na požadavky výroby. Pověření pracovníci skladu jsou zvyklí objednávat velkou zásobu materiálu na dlouhou dobu dopředu na základě požadavků výroby. Během ranní směny pak běžně dochází i k 5 obrátům vozidla, zatímco na noční směně se vozidlo mezi skladem a závody otočí dvakrát. A to jenom z důvodu, že není co převážet a výroba zpracovává materiál navezený během ranní směny. Využití vozidla během dne je tak značně neefektivní. Optimálně vozidlo vykoná stejný počet obrátů během obou směn.

V tab. 5 je uvedený průměrný počet obrátů a průměrné vytižení vozidel mezi skladem Kasárna a jednotlivými výrobními závody. Je patrné, že počet obrátek je na ranní směně přibližně dvojnásobný oproti směně noční.

Tab. 5 Počet obrátů a vytižení vozidel mezi skladem Kasárna a závody

Relace	Kasárna – Volduchy	Kasárna – Rokycany	Kasárna – Hrádek
Typ vozidla	Actros III	Atego	Actros II
Průměrný počet obrátů ranní směna	3,4	7,5	4,1
Průměrný počet obrátů noční směna	1,7	3,8	2,2
Průměrné vytižení ranní směna	84 %	89 %	83 %
Průměrné vytižení noční směna	74 %	87 %	88 %
Průměrný počet převezených palet za 12 hodin	62	71	78

Zdroj: autor s využitím (8)

Vytižení nákladového prostoru vozidel je na obou směnách přibližně stejné i přes skutečnost, že na noční směně učiní vozidlo poloviční počet obrátů. I to dokazuje, že během nočních směn se převládá menší množství materiálu než během ranní směny. Je důležité zmínit, že informace o vytižení vozidel platí pouze jednosměrně ze skladu Kasárna do výrobního závodu. Vytižení zpětných jízd se neeviduje. Při jízdě zpět do skladu vozidlo sváží prázdné nebo poškozené obaly, příležitostně nějaké nářadí nebo nástroje. Nehledě na složitost sledování vytižení jízdy zpět do skladu je to i bezpředmětné, protože vozidlo se musí zpět do skladu vrátit v každém případě, ať už plné nebo prázdné.

#### 1.4.2 Doprava mezi skladem Břasy a výrobními závody

V přílohách D, E a F jsou znázorněny počty obrátů mezi skladem v Břasích a ostatními výrobními závody. Situace s nerovnoměrným počtem obrátů vozidel je stejná jako v případě skladu Kasárna, včetně stejného odůvodnění. Pro vozidlo Axor, které zaváží závody, platí jízdni řád, který v praxi není dodržován. Jeho nedodržování potvrzují údaje o průměrném počtu obrátů vozidla na ranní a noční směny uvedené v tab. 6. Dle jízdniho řádu by na relaci Břasy – Volduchy mělo vozidlo učinit 3 obraty na noční a ranní směně. Analýza dat ukázala, že tomu tak není. Stejně tak je potvrzené nedodržování jízdniho řádu i na zbylých dvou relacích.

Tab. 6 Počet obrátů a vytížení vozidla mezi skladem v Břasích a závody

Relace	Břasy – Hrádek	Břasy – Volduchy	Břasy – Rokycany
Typ vozidla	Axor	Axor	Axor
Průměrný počet obrátů ranní směna	1,3	3,4	1,3
Průměrný počet obrátů noční směna	1,5	2,4	1,4
Průměrné vytížení ranní směna	60 %	84 %	58 %
Průměrné vytížení noční směna	70 %	85 %	50 %
Průměrný počet převezených palet za 12 hodin	13	44	12

Zdroj: autor s využitím (8)

Stejně jako v případě skladu Kasárna se eviduje jízda ze skladu do závodu, ale zpět nikoli. Z výrobního závodu do skladu v Břasích se příležitostně odváží nadbytečné množství obalů, případně nepotřebné výrobní zařízení.

### 1.4.3 Doprava mezi závodem v Hrádku a Volduchách

V grafu uvedeném v příloze G je znázorněn počet obrátek mezi závody v Hrádku a Volduchách. Na této relaci již nedochází k tak velkým rozdílům mezi směny. Vozidlo učiní v průměru 3 obrátky během ranní směny a 2 během noční. Průměrné vytížení vozidla uvedené v tab. 7 je nutné sledovat pro každý směr zvlášť, protože materiál pro výrobu se převáží obousměrně. Vozidlo jezdí více vytížené z Volduch do Hrádku, v opačném směru je vytíženost nákladového prostoru nižší.

Tab. 7 Počet obrátů a vytížení vozidla mezi závody v Hrádku a Volduchách

Relace	Hrádek – Volduchy	Volduchy – Hrádek
Typ vozidla	Actros I	Actros I
Průměrný počet obrátů ranní směna	3,2	3,2
Průměrný počet obrátů noční směna	2,6	2,6
Průměrné vytížení ranní směna	77 %	92 %
Průměrné vytížení noční směna	74 %	84 %
Průměrný počet převezených palet za 12 hodin	44	52

Zdroj: autor s využitím (8)

Vozidlo na této relaci jezdí podle objemů výroby, tudíž je téměř vždy maximálně vytížené. Vyrobené polotovary, ať už v hrádeckém nebo voldušském závodě se hned po vyrobení vozí na místo určené k nakládce, odkud jsou expedovány do druhého závodu. Tímto je způsobeno vysoké vytížení nákladového prostoru vozidla. Pokud výroba jednoho závodu potřebuje častější závozy z druhého, vozidlo pak jede vytížené například jen na 50 %

a počet obrátů za den je pak vyšší díky kratšímu času nakládky a vykládky. Je tedy možné, že vozidlo stihne i více jak průměrné 3 obraty během jedné směny.

#### 1.4.4 Doprava mezi závodem v Rokycanech a Volduchách

Situace na této relaci je principiálně stejná jako v předchozím případě mezi závodem v Hrádku a Volduchách. Výsledky analýzy uvedené v tab. 8 ukazují vyrovnaný počet obrátů i vytížení nákladového prostoru vozidla.

Tab. 8 Počet obrátů a vytížení vozidla mezi závody v Rokycanech a Volduchách

Relace	Rokycany – Volduchy	Volduchy – Rokycany
Typ vozidla	Actros IV	Actros IV
Průměrný počet obrátů ranní směna	2,6	2,6
Průměrný počet obrátů noční směna	2,8	2,8
Průměrné vytížení ranní směna	36 %	94 %
Průměrné vytížení noční směna	33 %	88 %
Průměrný počet převezených palet za 12 hodin	19	50

Zdroj: autor s využitím (8)

Na této relaci je dosaženo největší rovnoměrnosti v počtu obrátů během dne, což dokládá graf uvedený v příloze H. Bohužel je tato skutečnost čistě náhodná a děje se tak zejména díky vyrovnané rychlosti výroby polotovárů a výrobků převážených mezi závody.

#### 1.4.5 Doprava mezi závodem v Rokycanech a Hrádku

Mezi těmito výrobními závody v případě potřeby jezdí vozidlo Atego pouze v případě potřeby převozu materiálu. Nejedná se tedy o pravidelnou relaci, ale pouze o jízdy v případě potřeby. V některé dny vozidlo nevykoná žádnou jízdu, ale může dojít i k situacím, kdy vozidlo musí jet dvakrát až třikrát. V průměru je však vozidlo vytížené rovnoměrně, jak je ukázáno v Tab. 9 Počet obrátů a vytížení vozidla mezi závody v Rokycanech a Hrádku. Graf s počty obrátů během dne za měsíc září je uveden v příloze I.

Tab. 9 Počet obrátů a vytížení vozidla mezi závody v Rokycanech a Hrádku

Relace	Rokycany - Hrádek	Hrádek - Rokycany
Typ vozidla	Atego	Atego
Průměrný počet obrátů ranní směna	1	1
Průměrný počet obrátů noční směna	1,1	1,1
Průměrné vytížení ranní směna	71%	80%
Průměrné vytížení noční směna	75%	76%
Průměrný počet převezených palet za 12 hodin	10	11

Zdroj: autor s využitím (8)

Jízdy na této relaci jsou těžko předvídatelné, nicméně lze konstatovat, že minimálně jednou za směnu je nutná jízda vozidla Atego z Rokycan do Hrádku a zpět.

## 1.5 Dílčí závěr

Problematiku optimalizace vnitropodnikové dopravy je nutné řešit komplexně, jelikož je patrné, že příčiny problémů vznikají již ve výrobě. Je nutné podniknout opatření v oblasti objednávání materiálu a nastavení skladové zásoby. V návaznosti na tyto kroky je možné navrhnout jízdní řád vnitropodnikové dopravy, který by bez předchozích kroků nemohl nikdy fungovat, jak se potvrdilo v případě jízdního řádu mezi skladem v Břasích a ostatními výrobními závody.

Z provedené analýzy vyplývá problém s nenastavenou skladovou zásobou materiálu v závodech. Objednávání materiálu ze skladů tedy probíhá nesyrově, nahodile a záleží na konkrétním logistikovi, kolik materiálu si objedná. Požadavky na dodání materiálu do výroby přicházejí od odpovědných osob ve výrobě pozdě a opět v množství, které je odhadem daného pracovníka. Především tyto faktory stojí za nerovnoměrností v počtu obrátů vozidel a jejich vytížením na relacích mezi sklady a výrobními závody.

Mnohem menší nerovnoměrnost v počtu obrátů je na relacích mezi výrobními závody. Vozidla na těchto relacích vozí především polotovary, které výroba v závodech produkuje téměř konstantní rychlostí, a proto mají tato vozidla vysoké vytížení a vyrovnaný počet obrátů. Nicméně absence jízdního řádu umožňuje souběhy vozidel v závodech, což má za následek čekání vozidla na vykládku a nakládku.



## 2 NÁVRH OPTIMALIZACE VNITROPODNIKOVÉ DOPRAVY

V analyzovaném systému vnitropodnikové dopravy se o obsluhu výrobních závodů a skladů stará 5 tahačů s návěsem a dvě menší vozidla s nástavbou krytou plachtou. Cílem této práce je navrhnout nový systém vnitropodnikové dopravy, kde dojde k efektivnímu využití těchto vozidel a snížení nákladů na vnitropodnikovou dopravu. Externí firma zajišťující vnitropodnikovou dopravu pro společnost Borgers je placena paušálně za vozidlo. Toto vozidlo tedy stojí stejné peníze bez závislosti na ujetých kilometrech. Snížení nákladů je tedy možné dosáhnout celkovým snížením počtu obsluhujících vozidel. Aby bylo možné snížení počtu vozidel dosáhnout, je nutné na pravidelných relacích vytvořit stabilní jízdní řád, který zamezí současným příjezdům vozidel do závodu a tím čekání vozidla ve frontě.

### 2.1 Technologie vykládky a nakládky vozidel

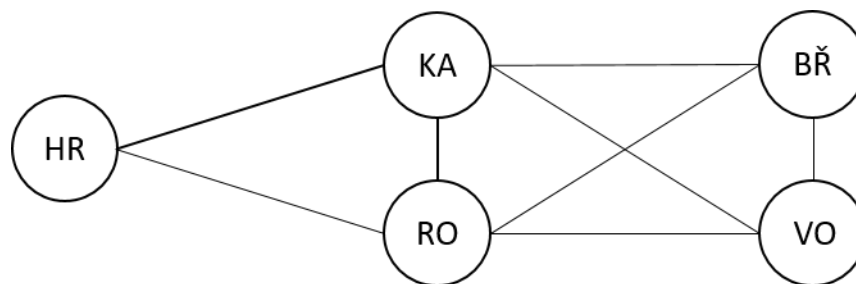
Výrobní závody mají určená místa pro vykládku a nakládku materiálu s možností obsluhy pouze jednoho vozidla v daný okamžik. Není tedy možné nakládat nebo vykládat dvě vozidla současně, ale vždy jedno vozidlo nakládat a druhé vykládat. Tomu je přizpůsoben počet VZV, kdy jeden VZV se stará o vykládku a druhý o nakládku. Časový rozestup příjezdu vozidel tedy musí být větší nebo roven době vykládky nebo nakládky.

Sklady mají možnost nakládky a vykládky několika vozidel současně a není nutné omezovat vozidla ve vjezdu do skladu. Sklady disponují dostatečným počtem VZV pro obsluhu vozidel i naskladňování a vyskladňování materiálu.

Samotná doba obsluhy jednoho tahače s návěsem se nejčastěji pohybuje v rozmezí 10 až 15 minut s občasnými maximy kolem 20 minut. U vozidel s nástavbou, a tedy menší kapacitou, je doba obsluhy přibližně poloviční. Nejčastěji trvá nakládka nebo vykládka těchto vozidel mezi 5 až 10 minut.

### 2.2 Umístění obslužných míst na dopravní síti

Na mapě znázorněné na obr. 1 je patrné reálné rozmístění všech skladů a výrobních závodů. Závod ve Stupně byl pro malý podíl produkce a obsluhu v případě potřeby pouze vozidlem patřícím přímo společnosti Borgers pro další řešení zanedbán. Dopravní síť lze znázornit grafem  $G = (V, H, p)$ , kde  $V$  a  $H$  jsou množiny, přičemž  $V$  je konečná neprázdná množina a  $p$  je prosté zobrazení množiny  $H$  do všech neuspořádaných dvojic  $(u, v)$ ,  $u, v \in V$ ,  $u \neq v$ . (9) Zjednodušená dopravní síť je znázorněna pomocí grafu  $G = (V, H, p)$  na obr. 10.



Obr. 10 Grafické znázornění dopravní sítě

Zdroj: autor

Sklady Břasy a Kasárna jsou určeny především k udržování zásob vstupních materiálů, lze je tedy klasifikovat jako sklady vstupní. Dle umístění se jedná o sklady vnější. U skladu Kasárna jde o sklad centralizovaný, oproti tomu sklad v Břasích je sklad decentralizovaný (10). Právě decentralizace břaského skladu komplikuje obsluhu výrobních závodů. V analyzovaném systému vnitropodnikové dopravy jedno vozidlo obsluhuje všechny závody kyvadlově a dochází tak k dlouhým jízdám bez materiálu zpět do Břas. Zejména z časového hlediska je toto řešení velmi neefektivní.

### 2.3 Návrh nového modelu vnitropodnikové dopravy

V analytické části této práce jsou uvedeny průměrné počty převezených manipulačních jednotek za 12 hodin, tedy za jednu směnu na všech relacích. Tyto hodnoty jsou stěžejní při obsazování kapacity vozidel. Vzhledem k rozměrové variabilitě používaných obalů bylo nutné dané rozměry zprůměrovat a vytvořit obecnou manipulační jednotku, se kterou bude možné pracovat na všech relacích. Uvažovaná jedna obecná manipulační jednotka má rozměr 1,2 m na šířku a 1,4 m na délku. Rozměr výšky obecné manipulační jednotky není nutné stanovit, postačí předpoklad stohovatelnosti dvou jednotek.

Problém decentralizovaného skladu je vzhledem k nízkým objemům přepravy na relacích BŘ – HR a BŘ – RO, které jsou spolu oproti objemům přepravy na relaci BŘ – VO přibližně čtvrtinové, možné řešit svážením materiálu pro Hrádek a Rokycany do Volduch. Odtud ho do Hrádku a Rokycan odvezou vozidla společně s ostatním materiálem vyrobeným ve Volduchách. Podobně je tomu u relace Hrádek – Rokycany, kde je potřebný počet jednotek možné převést přes sklad Kasárna.

#### 2.3.1 Tvorba relací

Nejprve je sumarizován počet manipulačních jednotek, které je nutné převést mezi jednotlivými závody a sklady. Hodnoty všech relací jsou uvedeny již v analytické části této

práce. V tab. 10 jsou uvedeny větší z hodnot z obou směrů, tedy hodnot potřebných pro výpočet potřebného počtu vozidel a obrátů.

Tab. 10 Celkový počet manipulačních jednotek k přepravě během směny

Relace	Průměrný počet manipulačních jednotek za 12 hodin
Kasárna – Volduchy	62
Kasárna – Rokycany	71
Kasárna – Hrádek	78
Břasy – Hrádek	13
Břasy – Volduchy	44
Břasy – Rokycany	12
Volduchy – Hrádek	52
Volduchy – Rokycany	50
Hrádek – Rokycany	11

Zdroj: autor

Poměrně vysoký počet relací uvedený v tab. 10 lze snížit. Relace s nízkým počtem palet se sloučí s jinou vybranou relací a některý ze závodů nebo skladů se využije jako mezisklad pro toto malé množství palet. Konkrétně veškerý materiál z Břas bude svážen jedním vozidlem do Volduch, odkud bude putovat dál na místo určení. Stejně tak je možné materiál z relace Hrádek – Rokycany převážet přes sklad Kasárna. Tyto změny jsou znázorněny v tab. 11.

Tab. 11 Upravený celkový počet manipulačních jednotek k přepravě během směny

Relace	Průměrný počet manipulačních jednotek za 12 hodin	Navýšený počet manipulačních jednotek za 12 hodin koeficientem $y$
Břasy – Volduchy	69	83
Volduchy – Hrádek	65	78
Volduchy – Rokycany	62	75
Kasárna – Volduchy	62	75
Kasárna – Rokycany	82	99
Kasárna – Hrádek	89	107

Zdroj: autor

Vzhledem k odchylce, která vzniká při práci s průměrnými hodnotami, je vhodné zahrnout ještě minimální poměrnou rezervu místa vyjádřenou koeficientem  $y = 1,2$ . Hodnota koeficientu je zvolena autorem této práce na základě skutečnosti, že maxima na daných relacích nikdy nepřekročily hodnoty průměrů o 20 %. Například na nejvytíženější relaci Kasárna – Hrádek bylo v jeden den dosaženo maximum 105 jednotek za 12hodinovou směnu.

### 2.3.2 Vstupní hodnoty

Pro přehlednost jsou dosud v práci zmíněné hodnoty pro výpočet shrnuty v tab. 12.

Tab. 12 Vstupní hodnoty pro jednotlivé relace

Relace	Počet manipulačních jednotek za 12 h	Typ vozidla	Kapacita vozidla [man. jednotek]	Doba obratu [min]	Maximální počet obrátů za 12 h	Nutný počet obrátů za 12 h
BŘ - VO	83	AXOR	20	110	6	5
VO - HR	78	ACTROS	30	140	5	3
VO - RO	75	ACTROS	30	130	5	3
KA - VO	75	ACTROS	30	130	5	3
KA - RO	99	ACTROS	30	110	6	4
KA - HR	107	ACTROS	30	120	6	4

Zdroj: autor

Doba nakládky nebo vykládky u vozidla Axor je uvažována 15 minut a jeho kapacita činí 20 manipulačních jednotek. U vozidla Actros je uvažována doba nakládky nebo vykládky 25 minut a kapacita vozidla 30 manipulačních jednotek. Uvažovaných průměrných manipulačních jednotek je sice možné naložit do vozidla Actros až 36 kusů, ale je potřeba zohlednit místní specifické podmínky provozu a zvolit raději nepatrně menší kapacitu návěsu. Doby jízdy jsou uvedeny v tab. 2.

### 2.3.3 Tvorba jízdního řádu

Z tab. 12 je patrný menší počet nutných obrátů než maximální možný počet obrátů za stejný časový úsek. Je tedy možné vhodnou kombinací zajistit, aby jedno vozidlo jezdilo více relací a bylo časově maximálně vytíženo. Dojde tím k celkovému snížení počtu vozidel a úspoře nákladů.

Jako první je řešeno vozidlo Axor, které je vhodné nasadit na relaci Břasy – Volduchy kvůli svým menším rozměrům a lepší ovladatelnosti. Zejména v zimních měsících mají tahače s návěsem problémy se sjízdností komunikace spojující Břasy a Volduchy, což by mohlo ohrozit stabilitu jízdního řádu. Menší vozidlo musí vykonat více obrátek, aby dovezlo všechny materiál, ale vyšší četnost obrátek umožňuje častější objednávání zboží a snižuje nutnost skladování většího množství materiálu ve výrobním závodě. Jízdni řád vozidla Axor je uveden v tab. 13.

Tab. 13 Jízdní řád vozidla Axor

Typ vozidla	Relace	Vytížení vozidla [man. jednotek]	Čas odjezdu	Čas příjezdu	Čas odjezdu	Čas příjezdu
Axor	RANNÍ SMĚNA					
	BR – VO – BR	20	6:50	7:15	7:45	8:10
	BR – VO – BR	20	8:40	9:05	9:35	10:00
	BR – VO – BR	20	10:50	11:15	11:45	12:10
	BR – VO – BR	20	13:00	13:25	13:55	14:20
	BR – VO – BR	3	14:50	15:15	15:45	16:10
	NOČNÍ SMĚNA					
	BR – VO – BR	20	18:50	19:15	19:45	20:10
	BR – VO – BR	20	20:40	21:05	21:35	22:00
	BR – VO – BR	20	22:50	23:15	23:45	0:10
	BR – VO – BR	20	1:00	1:25	1:55	2:20
	BR – VO – BR	3	2:50	3:15	3:45	4:10

Zdroj: autor

Vozidlo tedy dle jízdního řádu vyjíždí v 6:50 z Břas, ve Volduchách se zdrží 30 minut a zpět do Břas přijede v 8 hodin 10 minut. Po 30 minutách vykládky a nakládky může opět v 8:40 odjet do Volduch.

V tab. 14 je uveden jízdní řád pro tahač s návěsem s označením Actros I.

Tab. 14 Jízdní řád vozidla Actros I

Typ vozidla	Relace	Vytížení vozidla [man. jednotek]	Čas odjezdu	Čas příjezdu	Čas odjezdu	Čas příjezdu
Actros I	RANNÍ SMĚNA					
	KA – RO – KA	30	6:30	6:35	7:25	7:30
	KA – HR – KA	30	8:20	8:30	9:20	9:30
	KA – HR – KA	30	10:20	10:30	11:20	11:30
	KA – RO – KA	30	12:20	12:25	13:15	13:20
	KA – HR – KA	30	14:10	14:20	15:10	15:20
	KA – HR – KA	17	16:10	16:20	17:10	17:20
	NOČNÍ SMĚNA					
	KA – RO – KA	30	18:30	18:35	19:25	19:30
	KA – HR – KA	30	20:20	20:30	21:20	21:30
	KA – HR – KA	30	22:20	22:30	23:20	23:30
	KA – RO – KA	30	0:20	0:25	1:15	1:20
	KA – HR – KA	30	2:10	2:20	3:10	3:20
	KA – HR – KA	17	4:10	4:20	5:10	5:20

Zdroj: autor

Vozidlo Actros I obsluhuje relace Kasárna – Rokycany a Kasárna – Hrádek. Zajišťuje přepravu materiálu ze skladu Kasárna do výrobních závodů. Vozidlo je vytiženo v průběhu celého dne a díky krátké vzdálenosti mezi skladem Kasárna a závodem v Rokycanech stíhá celkem 6 obrátů za směnu.

Pouze mezi výrobními závody jezdí vozidlo Actros II, které střídá relace Volduchy – Hrádek a Volduchy – Rokycany. Jízdní řád je uveden v tab. 15.

Tab. 15 Jízdní řád vozidla Actros II

Typ vozidla	Relace	Vytižení vozidla [man. jednotek]	Čas odjezdu	Čas příjezdu	Čas odjezdu	Čas příjezdu
Actros II	RANNÍ					
	VO – HR – VO	30	6:30	6:50	7:40	8:00
	VO – RO – VO	30	8:50	9:05	9:55	10:10
	VO – HR – VO	30	11:00	11:20	12:10	12:30
	VO – RO – VO	15	13:20	13:35	14:25	14:40
	VO – HR – VO	18	15:30	15:50	16:40	17:00
	NOČNÍ					
	VO – HR – VO	30	18:30	18:50	19:40	20:00
	VO – RO – VO	30	20:50	21:05	21:55	22:10
	VO – HR – VO	30	23:00	23:20	0:10	0:30
	VO – RO – VO	15	1:20	1:35	2:25	2:40
	VO – HR – VO	18	3:30	3:50	4:40	5:00

Zdroj: autor

Situace, kdy vozidlo střídá relace pravidelně, je pro všechny pracovníky přehledná, nicméně časy odjezdů a příjezdů v tomto případě nevyhází uživatelsky příjemně. Jízdní řád je ale navrhnout tak, že se v žádném závodě nikdy nesjedou dvě vozidla k vykládce nebo nakládce. Časový rozstup vozidel v příjezdu na vykládku do závodu je vždy roven nebo větší jak doba vykládky předchozího vozidla. Tímto je zamezeno tvorbě front v závodě, ale je v podstatě vyloučeno, i díky různorodým dobám jízdy, aby vozidla do závodů přijížděla v průběhu dne v taktu nebo v jinak příhodných intervalech.

U vozidla Actros III je situace zdánlivě nejsložitější. Toto vozidlo obsluhuje sklad Kasárna, závod ve Volduchách a Rokycanech. Jeho jízdní řád je uveden v tab. 16. Na posledních dvou relacích vozidlo naloží materiál v Kasárnách pro Rokycany a Volduchy. V Rokycanech vyloží část určenou pro místní závod a pokračuje dále do Volduch. Tam vyloží a zpět naloží materiál pro Rokycany. Z Rokycan do Kasáren může vozidlo odvézt prázdné nebo poškozené obaly případně provést přistavnou jízdu.

Tab. 16 Jízdní řád vozidla Actros III

Typ vozidla	Relace	Vytížení vozidla [man. jednotek]	Čas odjezdu	Čas příjezdu	Čas odjezdu	Čas příjezdu
Actros III	RANNÍ					
	KA – VO – KA	30	6:25	6:40	7:30	7:45
	KA – RO – KA	30	8:35	8:40	9:30	9:35
	KA – VO – KA	30	10:25	10:40	11:30	11:45
	KA – RO – VO	24	14:25	14:30	15:20	15:35
	VO – RO – KA	30	16:25	16:40	17:30	17:35
	NOČNÍ					
	KA – VO – KA	30	18:25	18:40	19:30	19:45
	KA – RO – KA	30	20:35	20:40	21:30	21:35
	KA – VO – KA	30	22:25	22:40	23:30	23:45
	KA – RO – VO	24	2:25	2:30	3:20	3:35
	VO – RO – KA	30	4:25	4:40	5:30	5:35

Zdroj: autor

Na základě vytvořených jízdních řádů jednotlivých relací je možné vytvořit objednávkové formuláře pro objednávání materiálu z vnějších skladů pro logistika a administrátora příjmu jednotlivých závodů. Včasné objednávky materiálu jsou nutným předpokladem pro bezproblémové fungování vnitropodnikové dopravy.

Jízdy všech vozidel dle jízdního řádu jsou přehledně znázorněny graficky v příloze L. Jak již bylo zmíněno, v závodech není umožněná nakládka nebo vykládka dvou vozidel současně. Vždy je možné současně jedno vozidlo nakládat a druhé vykládat. Na grafu je patrné dodržení této podmínky nakládky a vykládky vozidel v závodech.

### 2.3.4 Objednávky materiálu z vnějších skladů

Materiál z vnějších skladů objednává v zaběhnutém modelu logistik a administrátor příjmu. Pro zpřehlednění objednávek, snazší kontroly a jednotný výstup je vhodnější, aby materiál objednával jeden pověřený pracovník, který následně bude provádět i příjem a kontrolu dovezeného materiálu z objednávky. Tuto činnost by měl v novém modelu vykonávat administrátor příjmu. Logistik závodu předá administrátorovi soupis materiálu, který chce objednat, a administrátor učiní objednávku v daný čas společně se svou objednávkou dle požadavků výroby. Do vnějších skladů tak vždy dorazí ve stanovený čas jedna ucelená a přehledná objednávka. V současném modelu do skladů přichází během

několika hodin několik objednávek, i po jedné položce, od různých pracovníků. Toto řešení je velmi nepřehledné a komplikuje práci skladníků ve skladech.

Z tohoto důvodu autor této diplomové práce vytvořil pro každý závod objednávkové formuláře, uvedené v příloze J, pro administrátory příjmu s objednávkovými časy a časy doručení objednaného materiálu. Tyto formuláře slouží k objednávání materiálu ze skladu Kasárna a Břasy. Objednávkové formuláře pro požadavek materiálu z jiného závodu není třeba vytvářet. Objednávky mezi závody nejsou nikterak časté a rozhodně nejsou na pravidelné bázi. Požadavek na materiál z jiného závodu je možné zaslat pomocí zavedeného obecného objednávkového formuláře faxem nebo e-mailem. Takto objednaný materiál pak dorazí na prvním vozidle, které do závodu přijede. Tyto objednávky opět vyřizují administrátoři příjmu.

Administrátor příjmu reportuje svým nadřízeným kontrolní list objednávek v příloze K, kde jsou uvedeny skutečné časy objednání a příjezdu materiálu s možností poznámky pro vysvětlení případných anomálií. Po vyplnění všech kontrolních časů odevzdá administrátor kontrolní list objednávek svému nadřízenému.

### **2.3.5 Realizace převozu materiálu na sloučených relacích**

Materiál z Břas pro výrobní závody v Hrádku a Rokycanech je distribuován přes závod ve Volduchách. To je možné zejména díky nízkému počtu jednotek, které dokáže pojmout expediční místo ve Volduchách. Toto místo má plochu přibližně 50 m<sup>2</sup> a není problém, aby bez jakýchkoli úprav na něm bylo dočasně 3krát za směnu uskladněno průměrně 8 až 9 palet pro závod v Hrádku a Rokycanech. Administrátoři příjmu v Hrádku a Rokycanech pošlou svou objednávku rovnou do skladu Břasy, kde materiál vychystají a označí minimálně ze dvou bočních stran cedulí s nápisem „Poslat do Hrádku“. Toto jednoduché řešení zajistí, aby materiál byl připraven ve Volduchách na expedici do závodu v Hrádku a nebyl zavezen do tamější výroby. Cedule může být jednoduše vytištěna na žlutý papír formátu A4 a přilepena kontaktním lepidlem na obal. Žluté cedule se interně používají k označení materiálu určeného k urgentnímu odeslání. Řidič VZV tak ví, že takto označený materiál musí přednostně naložit na první vozidlo jedoucí do místa určení.

Pro materiál určený k převozu mezi závody v Hrádku a Rokycanech přes sklad Kasárna platí stejná technologie přepravy a podmínky jako v případě materiálu z Břas.



## 2.4 Povinné přestávky řidičů

Dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 561/2006 musí mít řidič nákladního vozidla nejpozději po 4,5 hodinách (270 minutách) nepřetržitého řízení 45 minut přestávku, kdy nesmí vykonávat jinou práci. Přizpůsobovat tomuto nařízení nově vzniklý jízdní řád není nutné, neboť žádná z celkových dob řízení za celou směnu nepřesahuje 270 minut a řidič se na vykládce ani nakládce nikterak nepodílí, neprovádí tedy jinou práci. Může tedy zůstat ve vozidle nebo využít sociálního zařízení a kantýny v místě, kde zrovna čeká na vykládku a nakládku.

Dále je třeba respektovat zákon č.22/2006 Sb. zákoník práce, který nařizuje nejpozději po 6 hodinách práce, přestávku v délce nejméně 30 minut. Stejně jako v případě Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 561/2006 může tuto přestávku řidič vyčerpat během nakládky a vykládky. Řidič vozidla Axor má dobu nakládky a vykládky pouze 30 minut a není možné uvažovat, že by během této doby čerpal řádnou přestávku. Řidič musí v každém případě otevřít plachtu nástavby a poté jí opět uzavřít, což je sice činnost v jednotkách minut, ale již neumožňuje řádné čerpání přestávky. Pro čerpání řádné přestávky tak může využít prodloužených časů vykládky a nakládky ve skladu v Břasích. Možné časy pro čerpání řádné přestávky tedy jsou v čase od 10:10 do 10:55 a od 14:40 do 15:25. Tato volná časová okna jsou i patrná na grafickém znázornění jízd jednotlivých vozidel v příloze L.

### **3 VALIDACE NÁVRHU POMOCÍ MATEMATICKÉHO MODELU**

Čistě heuristický návrh optimalizace vnitropodnikové dopravy uvedený v druhé kapitole této práce je vhodné validovat pomocí matematického modelu. Vytvoření takového modelu pomocí běžně dostupného softwaru přesahuje rámec této diplomové práce. Z tohoto důvodu požádal autor této práce pana doc. Ing. Josefa Bulíčka Ph.D. z Katedry technologie řízení dopravy Dopravní fakulty Jana Pernera Univerzity Pardubice o vytvoření vhodného matematického modelu. Pan Bulíček žádosti vyhověl a v programu Microsoft Excel připravil model pobočkové dopravy, který lze aplikovat na řešenou problematiku. Tento model pobočkové dopravy bude v budoucnu nadále plně k dispozici všem studentům, kteří se budou zajímat o podobnou problematiku.

#### **3.1 Matematický model pobočkové dopravy**

Pro validaci návrhu v této práci je použita beta verze 0.3 modelu pobočkové dopravy. Tato verze je plně přizpůsobena potřebám této diplomové práce (například počet poboček) a pro obecné použití musí být nadále upravena.

##### **3.1.1 Vstupní data**

Pro řešení je nutné zadat názvy jednotlivých poboček, které mají být obsluhovány. Následně do makrem vygenerovaných matic je nutné zadat přepravní proudy, časové dostupnosti a vzdálenosti. Dále je nutné zadat kapacitu vozidla a dobu trvání nakládky a vykládky. Po zadání těchto nutných údajů lze přistoupit k vlastnímu řešení.

##### **3.1.2 Průběh řešení**

Po zadání vstupních dat je řešení prováděno krokově pomocí připravených maker. Zde je nastíněn obecný postup při řešení:

1. Vytvoření seznamu jízd, které využijí celou kapacitu vozidla a budou realizovány samostatně.
2. Vytvoření výpisu všech možných cest pro obsluhu více relací současně (pro dopravu zboží, pro které nebyly vytvořeny samostatné jízdy). Je možné v průběhu makra zvolit možnost vyhodnocení jízd, poté jsou k jednotlivým možným jízdám vypočteny jejich potenciální parametry (čas, vzdálenost, využití, efektivita). Zároveň je určeno, která jízda je z hlediska kapacity, času a vzdálenosti přípustná a která nikoli.

3. Vytvoření všech variací okružní jízdy o zadaném počtu dílčích jízd v daném okruhu.
4. Vyhodnocení cest – nalezení okruhu s nejkratším časem obsluhy (pokud existuje okruh, který obslouží všechny relace s nenulovou přepravní poptávkou). Každé variaci okruhu je přiřazena délka trvání jeho obsluhy, odpovídající ujetá vzdálenost (případné prázdné jízdy jsou do obou parametrů zahrnuty) a identifikace, zdali okruh splňuje obsluhu všech relací s nenulovou přepravní poptávkou.
5. Vyhodnocení jednotlivých variací okruhů. Je vypsán vybraný okruh s minimálním časem (ale obsluhující všechny relace). Vzhledem k tomu, že je předpokládáno vytváření po částech, je vytvořen ještě souhrnný výpis tras. Zde je ale zachycena jen hodnota vybrané trasy (min. doba obsluhy, obsluha všech relací). Pokud neexistuje přípustná trasa okruhu, je to vypsáno i zde. Po provedení vyhodnocení všech skupin variací je možné vybrat výslednou trasu podle jednotlivých minim (manuální výběr, jelikož zachycená množina výsledků může být nesourodá, např. při opakování části výpočtu apod.).

### 3.1.3 Výstupy

Jelikož metoda úplného prohledávání variant mnohdy představuje velké počty permutací, resp. variací, disponuje výpočet i heuristickou metodou pro konstrukci trasy nejrychlejšího okruhu. Je potřebné zadat výchozí trasu, která bude provedena jako první. Dále pak maximální počet dílčích tras, ze kterých může být okruh složen. Je možné i vybrat, zdali má být hledána nejkratší nebo nejrychlejší trasa. Trasa je vždy hledána podle koncové destinace a efektivity následující trasy, přičemž je nutné, aby další trasa obsloužila aspoň jednu dosud neobslouženou relaci (podmínka proti zacyklení). V případě, že nelze najít další trasu, je možný přejezd prázdnou jízdou do nejbližší nebo nejrychleji dosažitelné sousední pobočky. Zde je omezení, tento přejezd je možný maximálně jednou. V případě, kdy je počet možných cest nějak omezen, může díky tomu dojít k ukončení algoritmu chybou. Proběhne-li vše v pořádku, je nalezená jízda vypsána. Řešení je heuristické! Jedná se o modifikaci sekvenční metody Clarka a Wrighta, ovšem s velkou změnou (ne obsluha jednotlivých zákazníků, způsob výběru další části jízdy).

Pro zlepšení kvality výsledků heuristické metody je navržen iterativní algoritmus, který předchází heuristický výpočet opakuje. Jako výchozí jízda pro další krok se vybere jízda další v pořadí (přeskočit výchozí jízdu, která neumožňuje sestavit okruh).

### 3.2 Validování návrhu optimalizace vnitropodnikové dopravy

Jako vstupní data jsou využity údaje z tab. 1, tab. 2 a tab. 10. Matematický model připouští využít pouze jeden typ vozidla. Je proto zvoleno kapacitně největší vozidlo Actros s kapacitou 30 jednotek, dobou vykládky a nakládky obojí v délce 25 minut.

Prvním výstupem z modelu jsou jízdy s plně vytíženým vozidlem uvedené v tab. 17.

Tab. 17 Výpis plně vytížených jízd

Jízda z	Jízda do	Počet opakování	Odvezeno man. jednotek
Břasy	Volduchy	1	30
Hrádek	Kasárna	2	60
Hrádek	Volduchy	1	30
Kasárna	Hrádek	2	60
Kasárna	Rokycany	2	60
Kasárna	Volduchy	2	60
Rokycany	Kasárna	2	60
Rokycany	Volduchy	1	30
Volduchy	Břasy	1	30
Volduchy	Hrádek	1	30
Volduchy	Kasárna	2	60
Volduchy	Rokycany	1	30

Zdroj: autor

Celkem je možno vykonat 18 jízd, kde budou vozidla maximálně vytížena. Následně je nutno odvézt zbylé manipulační jednotky uvedené v tab. 18.

Tab. 18 Zbýlý počet manipulačních jednotek

Pobočka	Břasy	Hrádek	Kasárna	Rokycany	Volduchy
Břasy	0	13	0	12	14
Hrádek	13	0	18	11	22
Kasárna	0	18	0	11	2
Rokycany	12	11	11	0	20
Volduchy	14	22	2	20	0

Zdroj: autor

Vytvoření výpisu všech možných cest pro odvezení zbylého počtu manipulačních jednotek je dalším výstupem matematického modelu. Všechny možných tras je nalezeno celkem 320, přičemž přípustných tras ze všech možných je 50.

Metoda úplného prohledávání všech variant pro nalezení okruhu s nejkratším časem obsluhy zde není zvolena pro velký počet variací, náročnost na hardware a potřebný čas výpočtu, který se pohybuje v řádu hodin (závislosti na rozsahu výpočtu možná i v řádu desítek hodin). Tento okruh lze efektivněji nalézt pomocí modifikované sekvenční metody Clarka a Wrighta, která je v modelu naprogramována. Pomocí této metody je z vybraných přípustných 50 tras složeno celkem 48 okružních jízd, kdy každá okružní jízda obslouží všechny závody a odveze veškeré zbývající manipulační jednotky. U každé okružní jízdy je vypsáno pořadí jednotlivých zastávek, včetně výchozí a cílové zastávky, celková ujetá vzdálenost a celkový čas. Právě minimalizace času je optimalizačním kritériem a ze 48 okružních jízd mají stejný minimální čas dvě jízdy. Z těchto dvou jízd je logické vybrat tu s kratší délkou, ovšem v tomto případě mají obě okružní jízdy i stejnou délku. Rozdíl je pouze v pořadí zastávek.

Z plně vytížených jízd autor této práce sestavil možnou okružní jízdu s daným pořadím zastávek. Pořadí zastávek okružních jízd je uvedeno v tab. 19.

Tab. 19 Přehled okružních jízd

	Jízda pro odvoz zbylých manipulačních jednotek – částečně vytížené vozidlo		Plně vytížené vozidlo
	Okruh 1	Okruh 2	Okruh 3
	Volduchy	Břasy	Břasy
	Hrádek	Volduchy	Volduchy
	Kasárna	Hrádek	Hrádek
	Rokycany	Kasárna	Kasárna
	Hrádek	Rokycany	Rokycany
	Rokycany	Hrádek	Kasárna
	Kasárna	Rokycany	Hrádek
	Hrádek	Kasárna	Volduchy
	Volduchy	Hrádek	Rokycany
	Rokycany	Volduchy	Volduchy
	Volduchy	Rokycany	Kasárna
	Břasy	Volduchy	Hrádek
	Rokycany	Břasy	Kasárna
	Hrádek	Rokycany	Rokycany
	Rokycany	Hrádek	Kasárna
	Břasy	Rokycany	Volduchy
	Volduchy	Břasy	Kasárna
			Volduchy
			Břasy
Čas celkem [min]	1050	1050	1140
Ujetá vzdálenost [km]	120	120	116

Zdroj: autor

Z tab. 19 je patrné u okruhu 1 a 2 pouze mírné posunutí pořadí zastávek. Vzhledem k pořadí zastávek v okruhu 3 je vhodné vybrat pro odvoz zbývajících manipulačních jednotek okruh 1, aby nedocházelo k souběžným jízdám na relacích. Limitujícím faktorem pro takto sestavené okružní jízdy je především čas. Délka jedné směny je 12 hodin, tedy 720 minut. Okružní jízdy tuto dobu přesahují a je nutné okruhy rozdělit a upravit tak, aby bylo možné jízdy odjet během jedné směny. Celková doba trvání dvou okružních jízd je 2190 minut. Při délce směny 720 minut to znamená potřebu minimálně 4 vozidel pro realizaci okružních jízd.

Vybrané okruhy 1 a 3 z tab. 19 je možné rozdělit celkem na 4 části. Okružní jízda vytvořená pouze matematickým modelem se skládá z několika dílčích jízd, které obsluhují dvě až tři pobočky. Z tohoto důvodu není možné složenou okružní jízdu rozdělit kdekoli, ale pouze v místě konce jedné dílčí jízdy a začátku jízdy druhé. Například pokud vozidlo převáží materiál na relaci Volduchy – Hrádek – Rokycany, není možné jízdu přerušit v Hrádku, neboť se ve vozidle nachází materiál pro Rokycany. Pokud této jízdě předchází například jízda na relaci Kasárna – Volduchy, je možné provést rozdělení ve Volduchách. Z Kasáren do Hrádku přes Volduchy se totiž žádný materiál nevezze. U jízd s plně vytíženým vozidlem tato situace nenastává, protože vozidlo veze materiál určený pouze pro jednoho příjemce. Autorem této práce navržené rozdělení okruhů na dílčí okružní jízdy je uvedeno v tab. 20

Tab. 20 Rozdělení okruhů na okružní jízdy

Vozidlo	Okružní jízdy – částečně vytížené vozidlo		Okružní jízdy – plně vytížené vozidlo	
	Actros I	Actros II	Actros III/IV	Actros III/IV
	Jízda A	Jízda B	Jízda C	Jízda D
	Volduchy	Volduchy	Břasy	Volduchy
	Hrádek	Rokycany	Volduchy	Kasárna
	Kasárna	Volduchy	Hrádek	Hrádek
	Rokycany	Břasy	Kasárna	Kasárna
	Hrádek	Rokycany	Rokycany	Rokycany
	Rokycany	Hrádek	Kasárna	Kasárna
	Kasárna	Rokycany	Hrádek	Volduchy
	Hrádek	Břasy	Volduchy	Kasárna
	Volduchy	Volduchy	Rokycany	Volduchy
			Volduchy	Břasy
Čas celkem [min]	490	560	575	565
Ujetá vzdálenost [km]	42	78	60	56

Zdroj: autor

Rozdělení jízd v tab. 20 je provedeno autorem této práce s přihlédnutím k omezujícím podmínkám možnosti dělby zjištěné okružní jízdy pomocí matematického modelu. Takto vzniklé řešení je suboptimální a heuristické. Tvorba finálních okružních jízd vždy

záleží na řešiteli dané problematiky. Okružní jízdy C a D začínají a končí v jiném místě, proto je nutné střídání vozidel Actros III a Actros IV v obsluze těchto okružních jízd. Actros III začne ranní směnu například jízdou C a noční směnu bude pokračovat jízdou D. Actros IV naopak začne ranní směnu jízdou D a noční směnu bude pokračovat jízdou C. Vozidla Actros I a Actros II jsou ke svým okružním jízdám pevně přiřazena, neboť jejich okružní jízdy začínají i končí ve stejném místě.

### 3.3 Využití matematického modelu

Využití matematického modelu má výhodu především v jeho flexibilitě a možnosti plánování dle aktuálních požadavků, kdy je možné během relativně krátké doby zjistit potřebné množství vozidel pro uspokojení požadavků. Celková doba jízdy vozidel vypočtená matematickým modelem pobočkové dopravy při validaci návrhu optimalizace činí 2190 minut. Délka směny řidiče s jedním vozidlem je maximálně 720 minut, z toho vyplývá, že je nutné nasazení celkem čtyř vozidel. Ty mají dohromady délku směny 2880 minut. Zbývá tedy 690 minut, které lze teoreticky využít pro další jízdy vozidel. Najít maximální kapacity při daném počtu vozidel lze iterativním způsobem, kdy se postupně navyšují přepravní proudy. Takto je možné nalézt maximum manipulačních jednotek, které lze čtyřmi vozidly převézt.

#### 3.3.1 Zjištění maximální kapacity při nasazení 4 vozidel varianta A

Zjišťování maximálního množství požadavků na přepravu manipulačních jednotek při obsluze čtyřmi vozidly, lze v matematickém modelu provádět iterativní metodou, kdy se postupně navyšuje množství manipulačních jednotek v matici přepravních proudů, dokud nedojde k dosažení hranice 2880 minut nebo jejímu blízkému přiblížení.

V tab. 21 je uvedena matice výchozích přepravních proudů, které se postupně v každé iteraci navyšují, dokud se součet doby jízd nepřiblíží nebo nedosáhne hranice 2880 minut.

Tab. 21 Matice výchozích přepravních proudů

pobočka	Břasy	Hrádek	Kasárna	Rokycany	Volduchy
Břasy	0	13	0	12	44
Hrádek	13	0	78	11	52
Kasárna	0	78	0	71	62
Rokycany	12	11	71	0	50
Volduchy	44	52	62	50	0

Zdroj: autor



Navýšení výchozích přepravních proudů o 33 % je uvedeno v tab. 22.

Tab. 22 Matice navýšených přepravních proudů o 33 %

pobočka	Břasy	Hrádek	Kasárna	Rokycany	Volduchy
Břasy	0	18	0	16	59
Hrádek	18	0	104	15	70
Kasárna	0	104	0	95	83
Rokycany	16	15	95	0	67
Volduchy	59	70	83	67	0

Zdroj: autor

Při navýšení přepravních proudů o 33 % činí souhrnná doba jízdy vozidel 2875 minut, kdy okruh plně vytížených jízd trvá 1640 minut a okruh složený z jízd s částečně využitou kapacitou trvá 1235 minut. Nelze ovšem prohlásit, že lze tyto jízdy prakticky realizovat a díky matematickému modelu je možné odvézt na každé relaci o 33 % manipulačních jednotek více. Nejprve je nutné okružní jízdu složenou z relací s neúplně využitou kapacitou vozidla rozdělit tak, aby jedna okružní jízda nepřekračovala 720 minut a zároveň se této hranici maximálně přibližovala. Zbylé jízdy z rozděleného okruhu je možné doplnit o jízdy s plně využitou kapacitou vozidla, tak aby byl vytvořen okruh pro jedno vozidlo. Následně se ze zbylých relací s plně vytíženou kapacitou vozidla vytvoří dva okruhy a k nim přiřadí vozidlo. Nalezené relace matematickým modelem jsou uvedeny v tab. 23.

Tab. 23 Nutné jízdy při zvýšení požadavků o 33 %

Okružní jízda složená z relací s neúplně využitou kapacitou vozidla		Čas [min]	Relace s plně využitou kapacitou vozidla		Čas [min]
Z:	Do:		Z:	Do:	
Volduchy	Rokycany	65	Břasy	Volduchy	75
Rokycany	Hrádek	60	Hrádek	Kasárna	60
Hrádek	Rokycany	60	Hrádek	Kasárna	60
Rokycany	Kasárna	55	Hrádek	Kasárna	60
Kasárna	Volduchy	65	Hrádek	Volduchy	70
Volduchy	Břasy	75	Hrádek	Volduchy	70
Břasy	Volduchy	75	Kasárna	Hrádek	60
Volduchy	Kasárna	65	Kasárna	Hrádek	60
Kasárna	Rokycany	55	Kasárna	Hrádek	60
Rokycany	Hrádek	60	Kasárna	Rokycany	55
Hrádek	Rokycany	60	Kasárna	Rokycany	55
Rokycany	Volduchy	65	Kasárna	Rokycany	55
Volduchy	Břasy	25 <sup>1</sup>	Kasárna	Volduchy	65
Břasy	Hrádek	85	Kasárna	Volduchy	65
Hrádek	Kasárna	60	Rokycany	Kasárna	55
Kasárna	Hrádek	60	Rokycany	Kasárna	55
Hrádek	Břasy	85	Rokycany	Kasárna	55
Břasy	Rokycany	80	Rokycany	Volduchy	65
Rokycany	Břasy	80	Rokycany	Volduchy	65
			Volduchy	Břasy	75
			Volduchy	Hrádek	70
			Volduchy	Hrádek	70
			Volduchy	Kasárna	65
			Volduchy	Kasárna	65
			Volduchy	Rokycany	65
			Volduchy	Rokycany	65
Čas celkem [min]		1235			1640
Ujetá vzdálenost [km]		148			164

Zdroj: autor

<sup>1</sup> Pouze přistavná jízda

Vzhledem k celkovému součtu doby trvání jízd na všech relacích 2875 minut není možné sestavit 4 okružní jízdy s dodržáním požadovaného času. Jednotlivé jízdy včetně doby nakládky a vykládky trvají v průměru kolem 64 minut. Vlivem tohoto není možné plně využít maximální délku směny 720 minut a nelze tedy vytvořit okružní jízdy pro 4 vozidla. **Při navýšení výchozích přepravních proudů o 33 % je nutné nasazení 5 vozidel pro obsluhu všech relací a odvoz požadovaného množství manipulačních jednotek.**

### 3.3.2 Zjištění maximální kapacity při nasazení 4 vozidel varianta B

V první iteraci bylo nutné navýšit počet vozidel o jedno, aby bylo možné odvézt požadované množství manipulačních jednotek. V druhé iteraci je matice výchozích přepravních proudů uvedená v tab. 21 navýšena o čtvrtinu, tedy o 25 %. Hodnoty matice přepravních proudů pro druhou iteraci jsou uvedeny v tab. 24.

Tab. 24 Matice navýšených přepravních proudů o 25 %

pobočka	Břasy	Hrádek	Kasárna	Rokycany	Volduchy
Břasy	17	0	98	14	65
Hrádek	0	98	0	89	78
Kasárna	15	14	89	0	63
Rokycany	55	65	78	63	0
Volduchy	17	0	98	14	65

Zdroj: autor

Pomocí matematického modelu autor této diplomové práce našel množinu plně vytižených jízd v celkové délce 1530 minut a okruh složený z jízd s částečně využitou kapacitou vozidla v délce trvání 1265 minut. Souhrnná doba všech jízd včetně vykládky a nakládky trvá 2795 minut. Oproti první iteraci je tato doba kratší o 80 minut. Další postup je stejný jako v první iteraci. Nalezené relace matematickým modelem jsou uvedeny v tab. 25.

Tab. 25 Nutné jízdy při zvýšení požadavků o 25 %

Okružní jízda složená z relací s neúplně využitou kapacitou vozidla		Čas [min]	Relace s plně využitou kapacitou vozidla		Čas [min]
Z:	Do:		Z:	Do:	
Volduchy	Kasárna	65	Břasy	Volduchy	75
Kasárna	Hrádek	60	Hrádek	Kasárna	60
Hrádek	Břasy	85	Hrádek	Kasárna	60
Břasy	Volduchy	75	Hrádek	Kasárna	60
Volduchy	Břasy	75	Hrádek	Volduchy	70
Břasy	Rokycany	80	Hrádek	Volduchy	70
Rokycany	Kasárna	55	Kasárna	Hrádek	60
Kasárna	Rokycany	55	Kasárna	Hrádek	60
Rokycany	Břasy	80	Kasárna	Hrádek	60
Břasy	Volduchy	75	Kasárna	Rokycany	55
Volduchy	Břasy	75	Kasárna	Rokycany	55
Břasy	Hrádek	85	Kasárna	Volduchy	65
Hrádek	Kasárna	60	Kasárna	Volduchy	65
Kasárna	Volduchy	65	Rokycany	Kasárna	55
Volduchy	Břasy	75	Rokycany	Kasárna	55
Břasy	Rokycany	80	Rokycany	Volduchy	65
Rokycany	Hrádek	60	Rokycany	Volduchy	65
Hrádek	Rokycany	60	Volduchy	Břasy	75
			Volduchy	Hrádek	70
			Volduchy	Hrádek	70
			Volduchy	Kasárna	65
			Volduchy	Kasárna	65
			Volduchy	Rokycany	65
			Volduchy	Rokycany	65
Čas celkem [min]		1265			1530
Ujetá vzdálenost [km]		172			162

Zdroj: autor

Získané hodnoty dávají velmi dobrý předpoklad pro úspěšné nalezení 4 okružních jízd pro 4 vozidla. Tvorba okružních jízd je prováděna čistě heuristickou metodou autorem této diplomové práce a první dva vytvořené okruhy pro vozidla Actros I a Actros II jsou uvedeny v tab. 26.

Tab. 26 Vytvořené okružní jízdy pro vozidla Actros I a Actros II

Actros I			Actros II		
Z:	Do:	Čas [min]	Z:	Do:	Čas [min]
Volduchy	Kasárna	65	Volduchy	Břasy	75
Kasárna	Hrádek	60	Břasy	Hrádek	85
Hrádek	Břasy	85	Hrádek	Kasárna	60
Břasy	Volduchy	75	Kasárna	Volduchy	65
Volduchy	Břasy	75	Volduchy	Břasy	75
Břasy	Rokycany	80	Břasy	Rokycany	80
Rokycany	Kasárna	55	Rokycany	Hrádek	60
Kasárna	Rokycany	55	Hrádek	Rokycany	60
Rokycany	Břasy	80	Rokycany	Volduchy	65
Břasy	Volduchy	75	Volduchy	Hrádek	70
			Hrádek	Volduchy	20
Celkový čas [min]		705			715

Zdroj: autor

Vytvořené okružní jízdy uvedené v tab. 26 začínají a končí ve stejném místě, což dává možnost k jednomu okruhu pevně přiřadit vozidlo. Okruh vozidla Actros I je výstupem z metamatematického modelu. Rozdělení složeného okruhu je provedeno v příhodném okamžiku, kdy je ukončena složená relace Rokycany – Břasy – Volduchy. Ukončit tuto relaci v Břasích by nebylo možné, neboť se ve vozidle nacházejí manipulační jednotky z Rokycan do Volduch. Následující složená relace Volduchy – Břasy – Hrádek je počáteční relací okruhu vozidla Actros II a je pokračováním okružní jízdy složené matematickým modelem a končící relací Hrádek – Rokycany. Následující tři relace pro dokončení okružní jízdy byly doplněny autorem této práce. Vozidlo Actros II na konci směny vykoná přístavnou jízdu z Hrádku zpět do Volduch, kde dojde ke střídání řidičů.

Složení okružních jízd pro vozidla Actros III a Actros IV je provedeno čistě heuristickou metodou autorem této práce. Jde o okruhy složené pouze z relací, kde jede vozidlo plně vytížené. Vytvořené okruhy jsou uvedeny v tab. 27.

Tab. 27 Vytvořené okružní jízdy pro vozidla Actros III a Actros IV

Actros III			Actros IV		
Z:	Do:	Čas [min]	Z:	Do:	Čas [min]
Břasy	Volduchy	75	Rokycany	Volduchy	65
Hrádek	Kasárna	60	Volduchy	Rokycany	65
Kasárna	Hrádek	60	Rokycany	Kasárna	55
Hrádek	Kasárna	60	Kasárna	Rokycany	55
Kasárna	Hrádek	60	Rokycany	Kasárna	55
Hrádek	Kasárna	60	Kasárna	Rokycany	55
Kasárna	Hrádek	60	Rokycany	Volduchy	15
Hrádek	Volduchy	70	Volduchy	Kasárna	65
Volduchy	Hrádek	70	Kasárna	Volduchy	65
Hrádek	Volduchy	70	Volduchy	Kasárna	65
Volduchy	Břasy	75	Kasárna	Volduchy	65
			Volduchy	Rokycany	65
Celkový čas [min]		720			690

Zdroj: autor

Vytvořené okružní jízdy splňují všechny omezující podmínky. Okružní jízda vozidla Actros IV je opět doplněna o přístavnou jízdu mezi závodem v Rokycanech a ve Volduchách v délce 15 minut. Obslouženy jsou všechny relace a odvezeny všechny zadané manipulační jednotky. Vlivem nutných přístavných jízd vzrostl celkový čas jízdy o 35 minut. **Nasazením 4 vozidel Actros s kapacitou 30 manipulačních jednotek je možné odvézt o 25 % materiálu více na všech relacích v porovnání s výchozími požadavky. Získané řešení za pomoci matematického modelu je suboptimální a heuristické.**

## 4 VYHODNOCENÍ NÁVRHU

Návrh optimalizace vnitropodnikové dopravy ve druhé kapitole této práce je řešen komplexně jak z pohledu vlastní technologie přepravy, tak z pohledu platných právních předpisů. Validace pomocí matematického modelu ukázala, že uvažovaný počet vozidel je správný, nicméně časové využití vozidel se různí. Je proto vhodné ověřit stabilitu navrženého jízdniho řádu a zjistit pro jaká maxima lze vytvořený jízdni řád považovat za stabilní.

### 4.1 Stabilita jízdniho řádu

Z analýzy zjištěné průměrné požadavky na převoz manipulačních jednotek byly zvýšeny souhrnně o 20 %, aby do těchto požadavků byla zahrnuta i maxima za zkoumané období. Již tato skutečnost by v praxi měla zajistit stabilitu navrženého jízdniho řádu. Autor této práce si je vědom, že v praxi může dojít k nepředvídatelným výkyvům maxim, proto je nutné uvést, pro který objem požadavků je navržený jízdni řád stabilní a v kterém okamžiku je nutné posílit vnitropodnikovou dopravu dalším vozidlem. Využitá a volná kapacita na jednotlivých relacích je uvedena v tab. 28.

Tab. 28 Kapacita na jednotlivých relacích

Relace	Požadavek [man. jednotek]	Volná kapacita [man. jednotek]	Maximální kapacita [man. jednotek]	Možný nárůst [%]
Břasy – Volduchy	83	37	120	44,58
Volduchy – Hrádek	78	12	90	15,38
Volduchy – Rokycany	75	15	90	20,00
Kasárna – Volduchy	75	3	78	4,00
Kasárna – Rokycany	99	3	102	3,03
Kasárna – Hrádek	107	13	120	12,15

Zdroj: autor

Nejvíce volné kapacity vozidla je na relaci Břasy – Volduchy, kde je možné bez problémů přepravit o 37 manipulačních jednotek více. Oproti tomu nejméně prostoru pro nárůst přepravovaného množství manipulačních jednotek je na relacích Kasárna – Volduchy a Kasárna – Rokycany. Zde je možné naložit pouze o tři manipulační jednotky více. Nárůst objemů přepravy na těchto dvou relacích by si vyžádal nasazení dalšího vozidla obsluhující tyto dvě relace. To by s sebou samozřejmě přineslo i nutnost kompletního předělání jízdniho řádu v případě, že by tato změna byla trvalá. V případě krátkodobého

nasazení dalšího vozidla na zmíněné relace by toto vozidlo muselo případně čekat na obsluhu, neboť vozidla jedoucí dle jízdního řádu by měla přednost. Pokud by ovšem nerostl objem přepravy na relaci Břasy – Volduchy, je možné využít vozidlo Axor k obsluze jedné z těchto dvou relací, případně jízdu sloučit a obsloužit jízdou z Kasáren jak Rokycany, tak Volduchy. Volná kapacita na zbylých třech relacích poskytuje dostatečnou rezervu pro případný mimořádný výkyv v objemu přepravy.

Tab. 29 Časové využití vozidel

Vozidlo	Celková doba jízdy včetně nakládky a vykládky [min]	Časová rezerva [min]
Axor	550	170
Actros I	700	20
Actros II	680	40
Actros III	550	170

Zdroj: autor

**Navržené jízdni řády uvedené v tab. 13, tab. 14, tab. 15 a tab. 16 lze považovat za stabilní vzhledem k volným kapacitám vozidel uvedeným v tab. 28 a časovým rezervám patrných z tab. 29, které v případě vzniku zpoždění dokáží toto zpoždění zlikvidovat.**

## 4.2 Porovnání charakteristik návrhů řešení

Pro komplexnost a možnost srovnání je v tab. 30 uvedena charakteristika návrhů řešení s využitím a bez využití matematického modelu. Hodnoty uvedené v tab. 30 platí při uvažování průměrných hodnot přepravních proudů uvedených v tab. 10. Návrh optimalizace vnitropodnikové dopravy vytvořený autorem této práce bez využití matematického modelu je čistě heuristický. Návrh s využitím matematického modelu je sice ve výsledku také heuristický, ale v dané chvíli racionalizovaný.



Tab. 30 Charakteristiky návrhů řešení

	Vozidlo	Celková doba jízdy včetně nakládky a vykládky [min]	Ujetá vzdálenost [km]
Návrh bez využití matematického modelu	Actros I	700	44
	Actros II	680	54
	Actros III	550	92
	Axor	550	120
	<b>Celkem</b>	<b>2480</b>	<b>310</b>
Návrh s využitím matematického modelu	Actros I	490	42
	Actros II	560	78
	Actros III	575	60
	Actros IV	565	56
	<b>Celkem</b>	<b>2190</b>	<b>236</b>
	<b>Rozdíl</b>	<b>290</b>	<b>74</b>

Zdroj: autor

Hodnoty uvedené v tab. 30 platí pro jednu směnu. Racionalizované řešení s využitím matematického modelu poskytuje lepší výsledky v podobě úspory času i ujetých kilometrů, ovšem využívá všechna vozidla o stejné kapacitě.

### 4.3 Problematika využití matematického modelu pobočkové dopravy v praxi

Matematický model dokáže v relativně krátkém čase poskytnout alespoň částečné řešení problému dle zadaných kritérií. Úpravou částečného řešení pomocí heuristických metod lze poté dospět k finálnímu suboptimálnímu řešení. Beta verze matematického modelu pobočkové dopravy využitá k řešení této diplomové práce má pro využití v praxi řadu výhod i nevýhod.

#### 4.3.1 Výhody využití matematického modelu pobočkové dopravy

Výhodou je především velká dynamika řešení, kdy je možné kdykoliv reagovat na změnu přepravních proudů mezi pobočkami a v krátkém čase naplánovat jízdy vozidel, případně ověřit, zda bude jejich aktuální počet dostačující. Například v případě plánovaného nárůstu výroby, byť krátkodobého, si podnik může rychle ověřit, zda současný počet vozidel má dostatečnou kapacitu pro odvoz plánovaného materiálu. Stejně tak v období omezení výroby je možné zjistit, zda je možné snížit počet nasazených vozidel a ušetřit tak náklady za jejich provoz.

#### 4.3.2 Nevýhody využití matematického modelu pobočkové dopravy

Výstup respektive částečné řešení poskytnuté matematickým modelem je nutné nadále upravovat podle omezujících podmínek. Mezi ně patří v řešeném problému počet linek obsluhy, tedy VZV, ve výrobních závodech pro nakládku a vykládku vozidel. Matematický model pobočkové dopravy seřadí jednotlivé jízdy za sebou bez ohledu na časovou polohu příjezdů a odjezdů vozidel ze závodů a nezohledňuje nemožnost současné vykládky nebo nakládky vozidel ve výrobním závodě. Pro aplikaci řešení poskytnutého matematickým modelem bez dalších úprav je nutné zajistit ve výrobních závodech potřebný počet linek obsluhy pro obsluhu vozidel. To s sebou přináší vícenáklady v podobě pořízení VZV a mzdových nákladů na jeho obsluhu ve všech závodech. Tyto vícenáklady je nutné porovnat s náklady na pořízení dalšího vozidla nad rámec vypočteného minima potřebného počtu vozidel, ale s možností sestavení jízdního řádu tak, aby se zabránilo současným příjezdům vozidel k vykládce nebo nakládce ve výrobních závodech.

Dalším limitujícím faktorem pro využití modelu pobočkové dopravy v praxi je znalost hodnot přepravních proudů. V modelu je uvažována dostupnost celkového množství manipulačních jednotek k přepravě v okamžiku začátku směny. V praxi ovšem manipulační jednotky přibývají postupně v průběhu dne a je nutné promyšleným jízdním řádem zajistit obsluhu relací v různých částech dne. Model pobočkové dopravy zejména u jízd s plně využitou kapacitou vozidla uvažuje nejprve odvoz veškerého materiálu na vybrané relaci a poté přistoupení k odvozu veškerého materiálu na relaci další. Takové uplatnění je v praxi složité a ne vždy možné.

## ZÁVĚR

V analytické části této diplomové práce je nastíněno fungování interních logistických procesů uvnitř společnosti. Z analýzy je zřejmé, že navzdory možnostem a znalostem dostupným v 21. století, pracuje interní logistika společnosti chaoticky a neefektivně. Logistiku jako nevýrobní složku podniku nepovažuje management za prioritní a dlouhodobě odmítá do zlepšení logistiky jako celku investovat peníze. Využívání zastaralých procesů, výpočetní techniky a nedostatek kvalifikovaného personálu s sebou přináší velké ztráty plynoucí z prostojů výroby z důvodu nedodání materiálu včas. Dále je materiál poškozován v důsledku nadbytečné manipulace a špatného skladování. Velmi často dochází ke ztrátě identifikačních štítků materiálu, poškození přepravního obalu materiálu. Časté dohledávání, identifikace a přebalování přináší další náklady společnosti.

Samotná optimalizace vnitropodnikové dopravy mezi výrobními závody a sklady by nebyla možná bez vytvoření alespoň elementárního systému objednávání materiálu ze skladů ve stanovené časy. Nejzazší termíny objednání musí znát nejen pověřený pracovník skladu, ale i odpovědní vedoucí úseků výroby, aby zjistili potřebné množství, druh materiálu pro výrobu a včas předali požadavek na jeho dodání pracovníkům skladu. Systém objednávání navržený v této práci v součinnosti s navrženým jízdním řádem zajišťuje rovnoměrný plynulý tok materiálu mezi jednotlivými pobočkami společnosti.

Navržený jízdní řád vnáší do vnitropodnikové dopravy systematičnost, pravidelnost a přehlednost. Díky tomuto došlo ke snížení potřebného počtu vozidel o dvě, čímž se společnosti snižují náklady na vnitropodnikovou dopravu. Tímto se podařilo naplnit cíl této diplomové práce. Návrh optimalizace vnitropodnikové dopravy byl ověřen pomocí matematického modelu pobočkové dopravy dostupného na Katedře technologie řízení dopravy Dopravní fakulty Univerzity Pardubice. Validace výsledku optimalizace vnitropodnikové dopravy pomocí matematického modelu dospěla k závěru, že uvedený návrh je správný a celkový počet vozidel pro dané přepravní proudy nelze již více snížit. S pomocí matematického modelu pobočkové dopravy autor této diplomové práce našel maximální množství manipulačních jednotek, které je možné během jedné směny na relacích přepravit s daným počtem vozidel o uvedené kapacitě. Práce tak poskytuje komplexní pohled na řešenou problematiku.

## SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

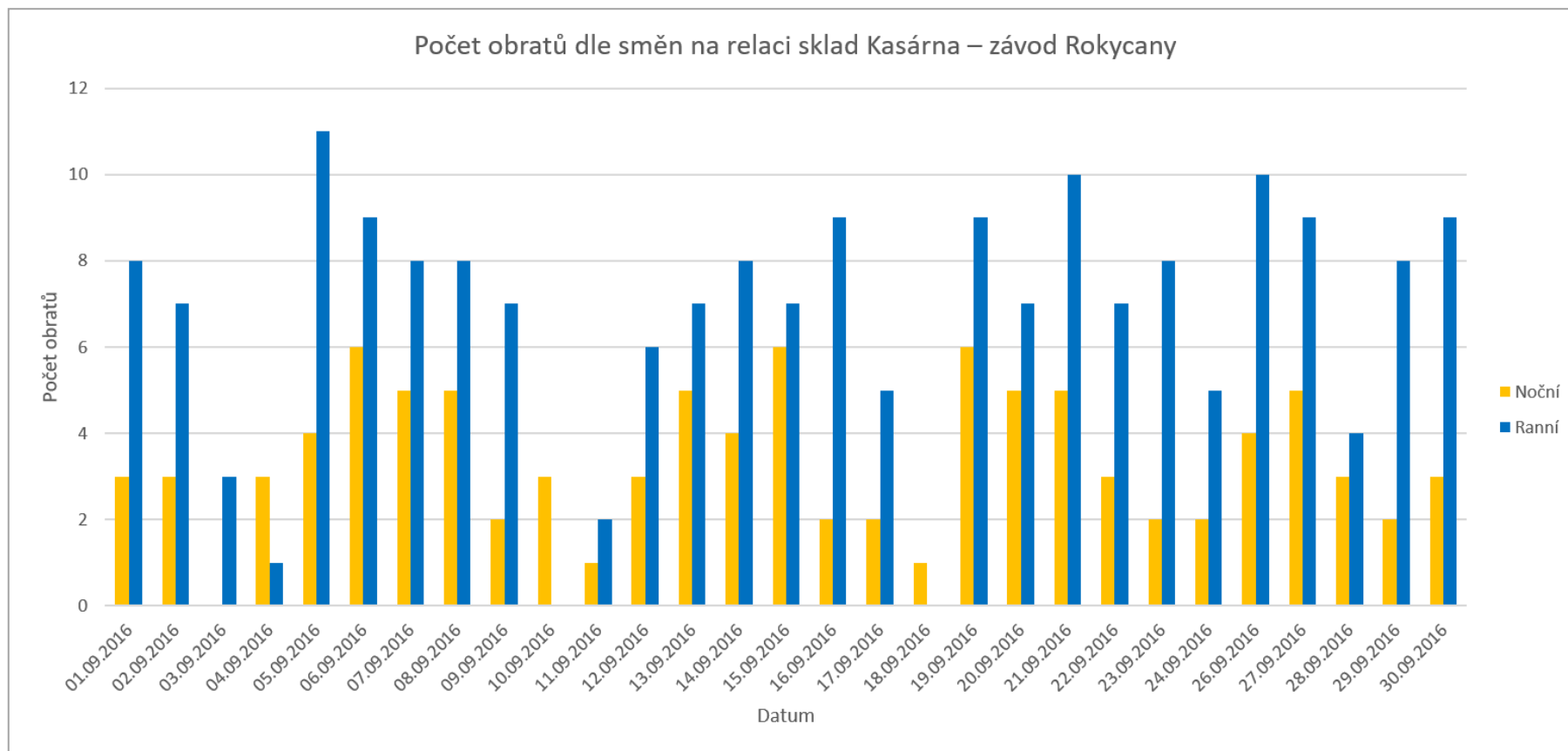
- (1) Mapy Google [online]. 2016 [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: <<https://maps.google.cz/>>.
- (2) CEMPÍREK, V. *Logistické a přepravní technologie*. Vyd. 1. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2009, 197 s. ISBN 978-80-86530-87-4
- (3) Půjčímédodavku.cz [online]. 2016 [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: <<http://www.pujcimedodavku.cz/vozovy-park-a-cenik/>>.
- (4) Nastavby.info [online]. 2016 [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: <<http://www.nastavby.info/nastavba-mesice/produkt/mb-atego-5>>.
- (5) Automarket.cz [online]. 2016 [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: <<http://www.automarket.cz/mercedes-benz-axor-1833-1-4x2-6083>>.
- (6) Doprava v praxi [online]. 2016 [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: <[http://www.doprava.vpraxi.cz/specifikace\\_kamionu.html](http://www.doprava.vpraxi.cz/specifikace_kamionu.html)>.
- (7) Borgers CS, spol. s.r.o. Jízdní řád Břasy. Rokycany 2016.
- (8) Borgers CS, spol. s.r.o. KPI Report September 2016. Rokycany 2016.
- (9) VOLEK, Josef a Bohdan LINDA. *Teorie grafů - aplikace v dopravě a veřejné správě*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2012. ISBN 978-80-7395-225-9.
- (10) CEMPÍREK, Václav. *Technologie ložných a skladových operací*. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2007. ISBN 80-86530-36-1.
- (11) BULÍČEK J. *Systémová analýza*. Vyd. 1. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013, 96 s. ISBN 978-807395-630-1

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha A Graf znázorňující počet obrátů vozidla Atego mezi skladem Kasárna a závodem v Rokycanech za měsíc září
- Příloha B Graf znázorňující počet obrátů vozidla Actros II mezi skladem Kasárna a závodem v Hrádku za měsíc září
- Příloha C Graf znázorňující počet obrátů vozidla Actros III mezi skladem Kasárna a závodem ve Volduchách za měsíc září
- Příloha D Graf znázorňující počet obrátů vozidla Axor mezi skladem Břasy a závodem ve Volduchách za měsíc září
- Příloha E Graf znázorňující počet obrátů vozidla Axor mezi skladem Břasy a závodem v Hrádku za měsíc září
- Příloha F Graf znázorňující počet obrátů vozidla Axor mezi skladem Břasy a závodem v Rokycanech za měsíc září
- Příloha G Graf znázorňující počet jízd vozidla Actros I mezi závodem v Hádku a závodem ve Volduchách za měsíc září
- Příloha H Graf znázorňující počet jízd vozidla Actros IV mezi závodem v Rokycanech a závodem ve Volduchách za měsíc září
- Příloha I Graf znázorňující počet jízd vozidla Atego mezi závodem v Hrádku a závodem v Rokycanech za měsíc září
- Příloha J Objednávkové formuláře pro jednotlivé závody
- Příloha K Kontrolní listy objednávek ze závodů
- Příloha L Grafické znázornění jízd v čase

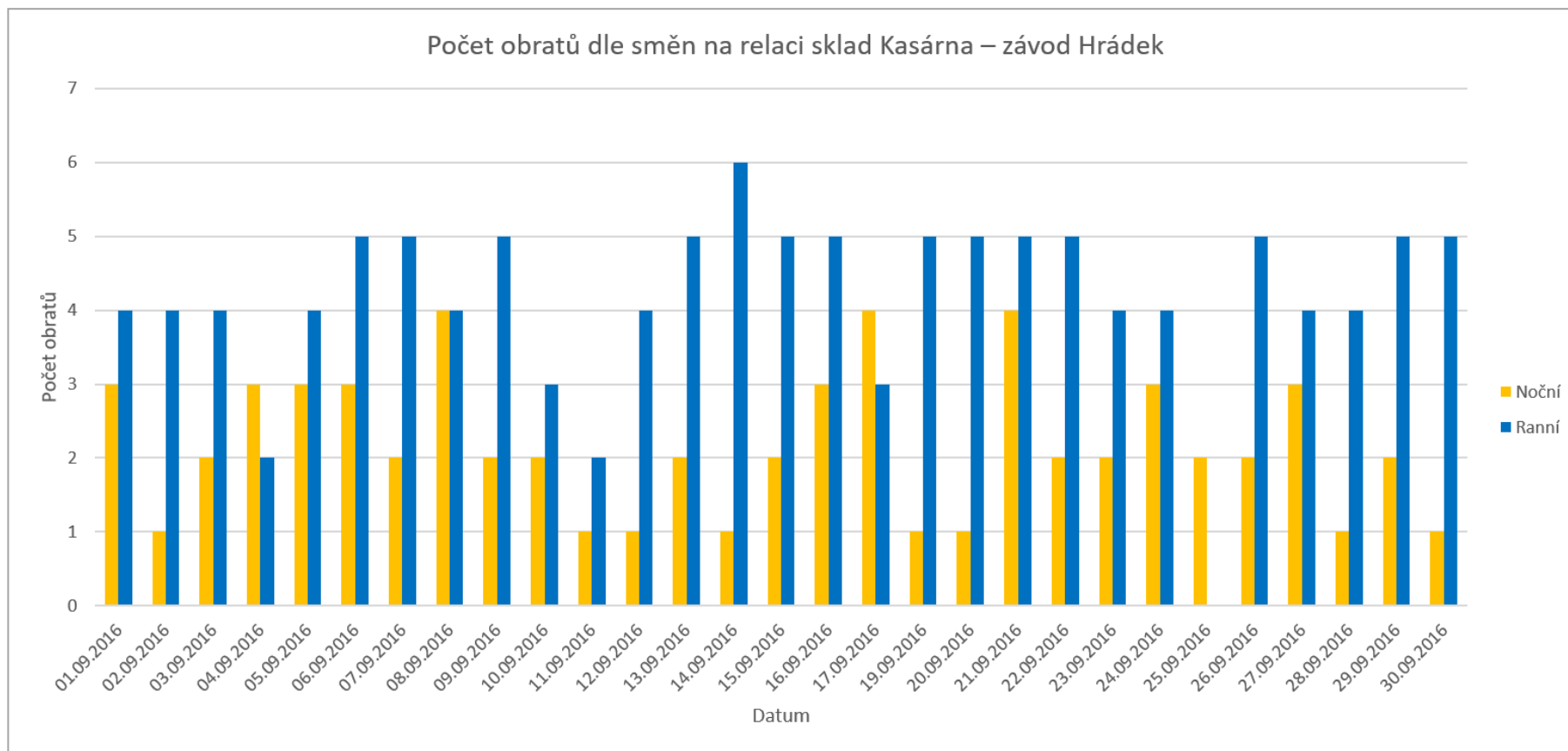
## **PŘÍLOHY**

**Příloha A Graf znázorňující počet obrátů vozidla Atego mezi skladem Kasárna a závodem v Rokycanech za měsíc září**



Zdroj: autor s využitím (1)

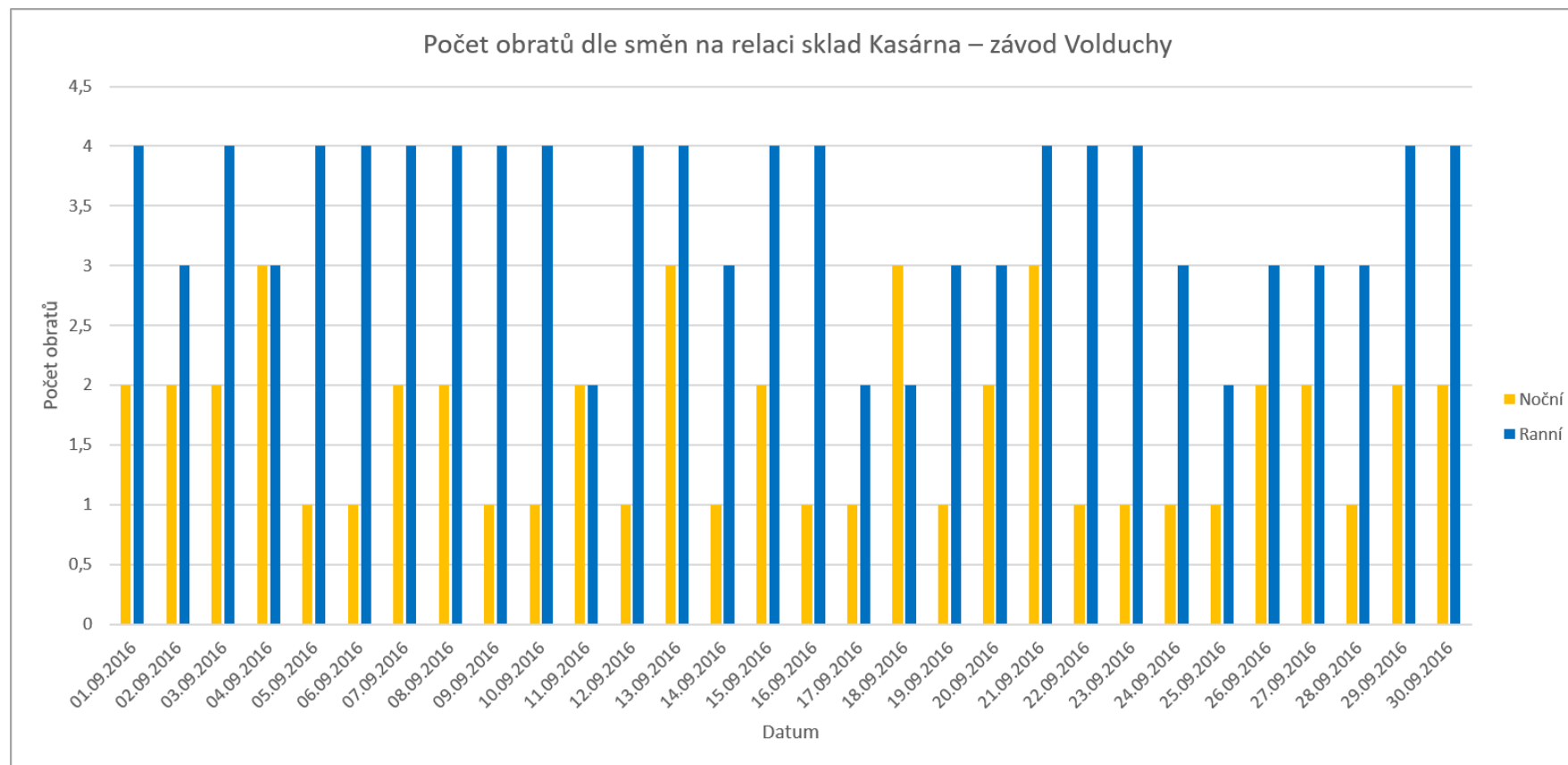
**Příloha B Graf znázorňující počet obrátů vozidla Actros II mezi skladem Kasárna a závodem v Hrádku za měsíc září**



Zdroj: autor s využitím (1)



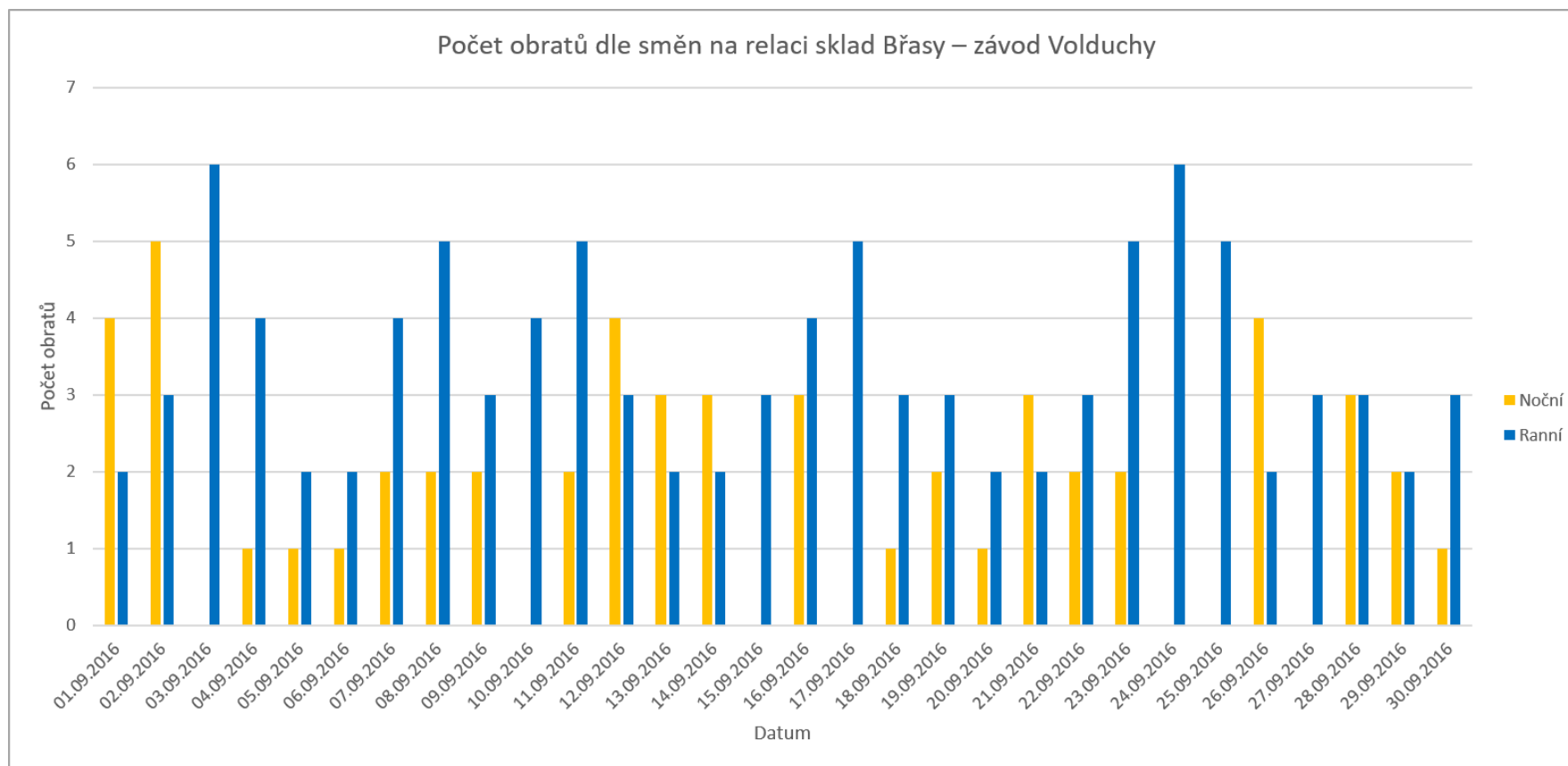
**Příloha C Graf znázorňující počet obrátů vozidla Actros III mezi skladem Kasárna a závodem ve Volduchách za měsíc září**



Zdroj: autor s využitím (1)

(1) Interní materiály Borgers CS, KPI Report September

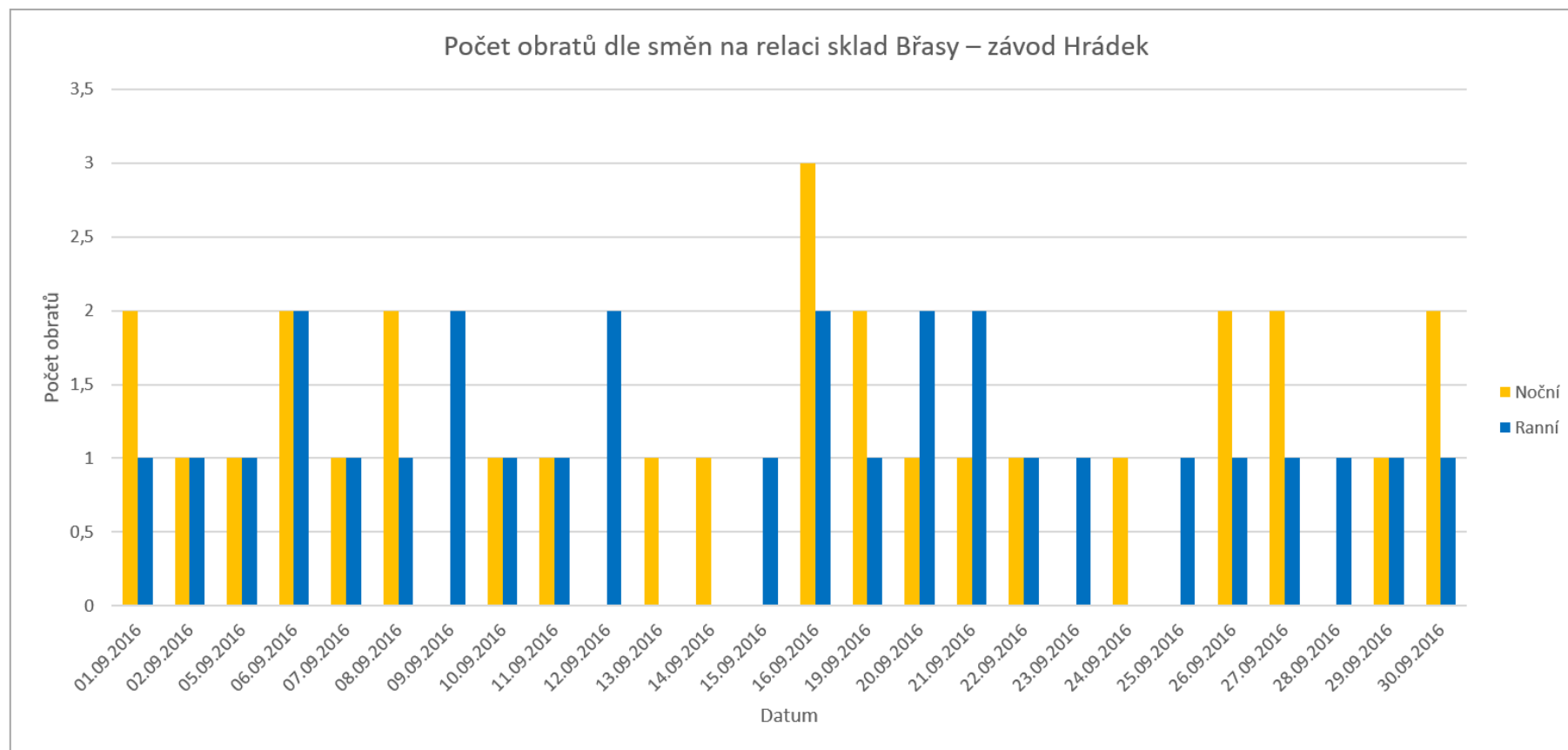
**Příloha D Graf znázorňující počet obrátů vozidla Axor mezi skladem Břasy a závodem ve Volduchách za měsíc září**



Zdroj: autor s využitím (1)

(1) Interní materiály Borgers CS, KPI Report September

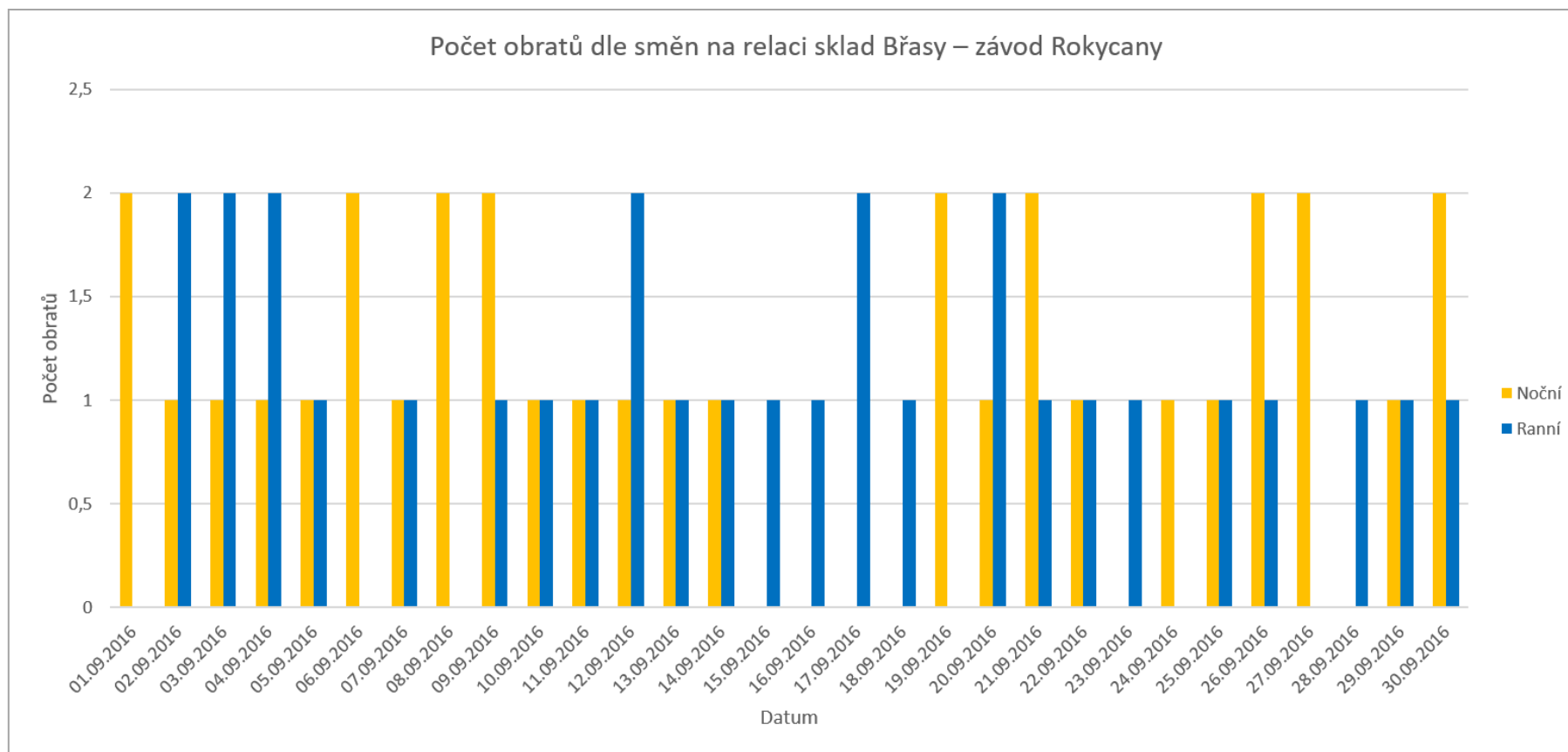
**Příloha E Graf znázorňující počet obrátů vozidla Axor mezi skladem Břasy a závodem v Hrádku za měsíc září**



Zdroj: autor s využitím (1)

(1) Interní materiály Borgers CS, KPI Report September

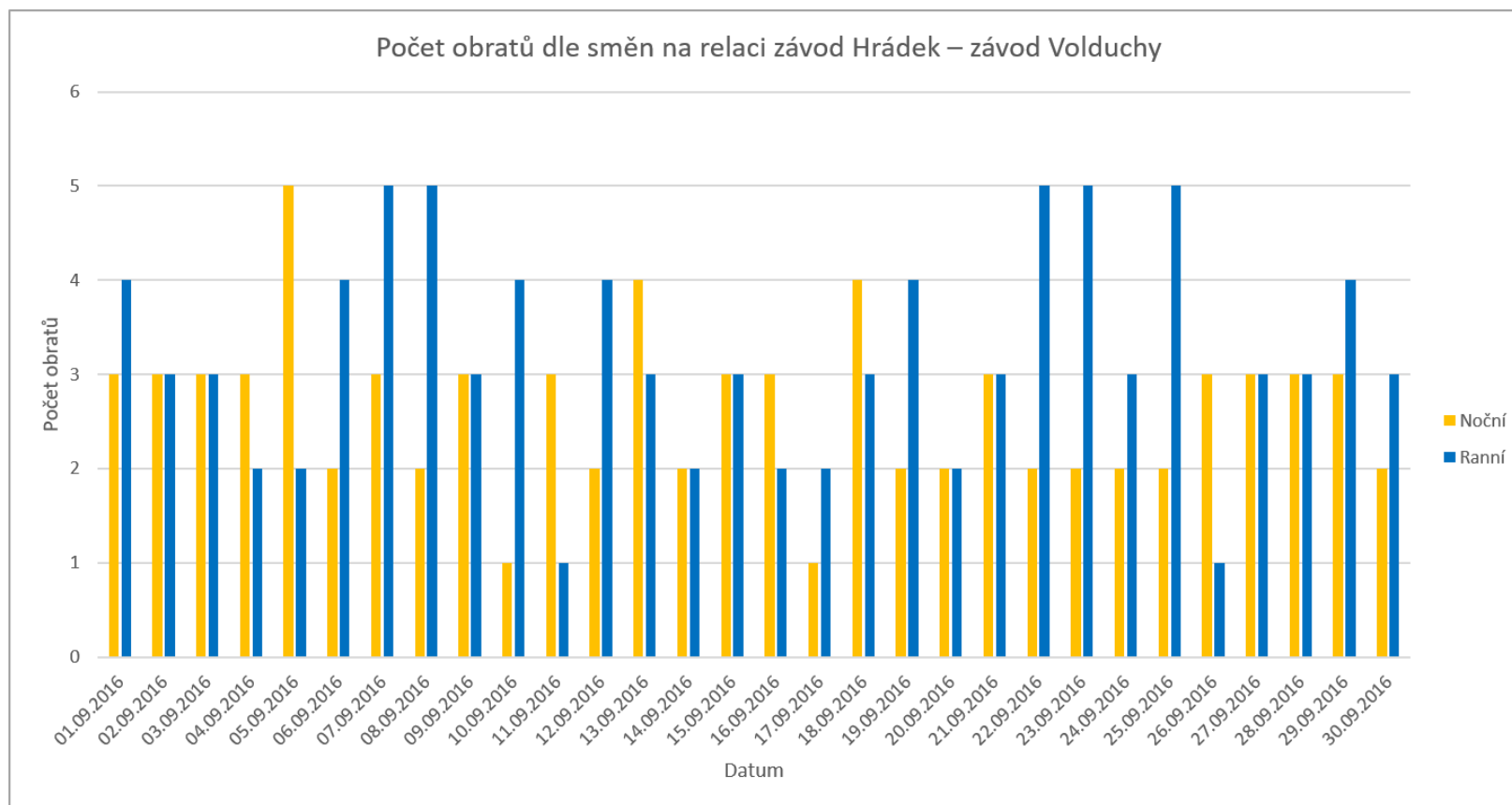
**Příloha F Graf znázorňující počet obrátů vozidla Axor mezi skladem Břasy a závodem v Rokycanech za měsíc září**



Zdroj: autor s využitím (1)

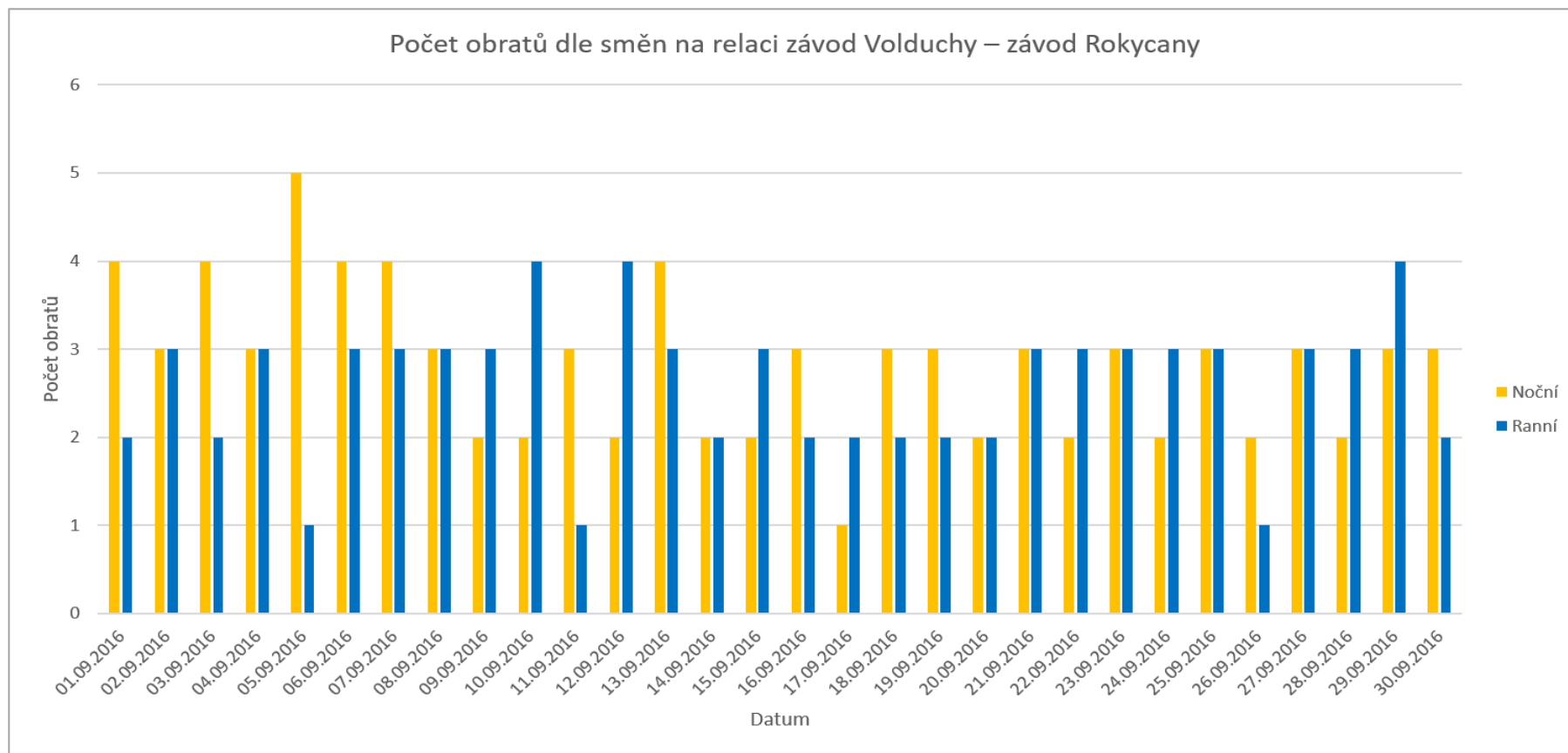
(1) Interní materiály Borgers CS, KPI Report September

**Příloha G Graf znázorňující počet jízd vozidla Actros I mezi závodem v Hádku a závodem ve Volduchách za měsíc září**



Zdroj: autor s využitím (1)

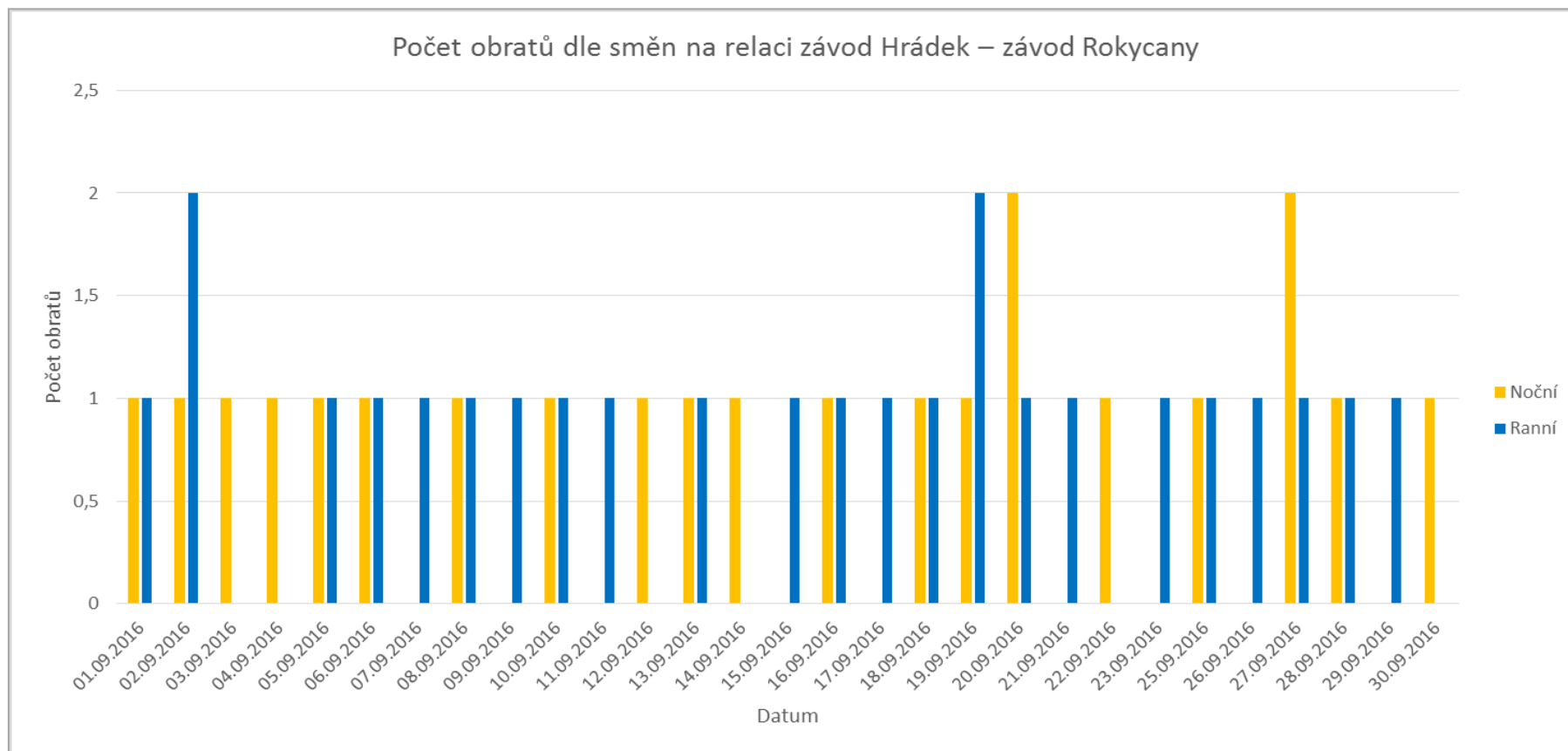
**Příloha H Graf znázorňující počet jízd vozidla Actros IV mezi závodem v Rokycanech a závodem ve Volduchách za měsíc září**



Zdroj: autor s využitím (1)

(1) Interní materiály Borgers CS, KPI Report September

**Příloha I Graf znázorňující počet jízd vozidla Atego mezi závodem v Hrádku a závodem v Rokycanech za měsíc září**



Zdroj: autor s využitím (1)









**Příloha K Kontrolní listy objednávek ze závodů**

<b>Kontrolní list objednávek z Hrádku</b>					
Objednávka z:	Čas objednání:	Objednáno	Čas příjezdu:	Dorazilo	Poznámka
RANNÍ SMĚNA					
Kasárna	6:15		8:30		
Břasy	7:00		11:20		
Kasárna	8:15		10:30		
Břasy	11:00		15:50		
Kasárna	12:15		14:20		
Břasy	13:00		18:50		
Kasárna	14:15		16:20		
NOČNÍ SMĚNA					
Kasárna	18:15		20:30		
Břasy	19:00		23:20		
Kasárna	20:15		22:30		
Břasy	23:00		3:50		
Kasárna	0:15		2:20		
Břasy	1:00		6:50		
Kasárna	2:15		4:20		

Zdroj: autor

<b>Kontrolní list objednávek z Rokycan</b>					
Objednávka z:	Čas objednání:	Objednáno	Čas příjezdu:	Dorazilo	Poznámka
<b>RANNÍ SMĚNA</b>					
Kasárna	7:00		8:40		
Břasy	9:00		13:35		
Kasárna	11:00		12:25		
Břasy	13:00		16:40		
Kasárna	13:00		14:30		
Břasy	17:00		21:05		
Kasárna	17:00		18:35		
<b>NOČNÍ SMĚNA</b>					
Kasárna	19:00		20:40		
Břasy	21:00		1:35		
Kasárna	23:00		0:25		
Břasy	1:00		4:40		
Kasárna	1:00		2:30		
Břasy	5:00		9:05		
Kasárna	2:15		4:20		

Zdroj: autor

<b>Kontrolní list objednávek z Volduch</b>					
Objednávka z:	Čas objednání:	Objednáno	Čas příjezdu:	Dorazilo	Poznámka
<b>RANNÍ SMĚNA</b>					
Břasy	7:00		9:05		
Kasárna	8:30		10:40		
Břasy	9:00		11:15		
Břasy	11:00		13:25		
Kasárna	12:30		15:35		
Břasy	13:00		15:15		
Kasárna	16:30		18:40		
Břasy	17:00		19:15		
<b>NOČNÍ SMĚNA</b>					
Břasy	19:00		21:05		
Kasárna	20:30		22:40		
Břasy	21:00		23:15		
Břasy	23:00		1:25		
Kasárna	0:30		3:35		
Břasy	1:00		3:15		
Kasárna	4:30		6:40		
Břasy	5:00		7:15		

Zdroj: autor

