

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2021

BC. MARTIN ŠIMON

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

VYUŽITÍ STOCHASTICKÝCH METOD
OPERAČNÍHO VÝZKUMU PŘI ORGANIZACI
PROVOZU NA VYBRANÉ VLEČCE

2021

BC. MARTIN ŠIMON

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin Šimon**
Osobní číslo: **D18424**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy**
Téma práce: **Využití stochastických metod operačního výzkumu při organizaci provozu na vybrané vlečce**
Zadávací katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

Zásady pro vypracování

Úvod

1. Vymezení pojmu vlečka
2. Zařízení služeb
3. Zvolená vlečka
4. Stochastické metody a jejich aplikace na kapacitu zařízení služeb

Závěr

Rozsah pracovní zprávy: **50 – 60**
Rozsah grafických prací: **5-6**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

Zákon 266/1994 Sb., O dráhách, v platném znění
LINDA, Bohdan. *Stochastické metody operačního výzkumu*. Bratislava: Statis, 2004. ISBN 80-85659-33-6.
GAŠPARÍK, Jozef a Jiří KOLÁŘ. *Železniční doprava*. Praha: GRADA Publishing, 2017. ISBN 978-80-271-0058-3.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Nachtigall, Ph.D.**
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: **1. února 2021**
Termín odevzdání diplomové práce: **23. srpna 2021**

L.S.

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

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

V Pardubicích dne 1. února 2021

PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji:

Práci s názvem *Využití stochastických metod operačního výzkumu při organizaci provozu na vybrané vlečce* 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., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, 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.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 23. 08. 2021.

Martin Šimon

ANOTACE

Tato práce se zabývá vlečkami a zařízením služeb. Dále se zabývá možnostmi optimalizace provozu zařízení služeb vybrané vlečky matematickými metodami Teorie zásob a Teorie hromadné obsluhy z oboru Stochastických metod operačního výzkumu.

KLÍČOVÁ SLOVA

vlečky, zařízení služeb, modely zásob, teorie hromadné obsluhy, železniční doprava

TITLE

The use of stochastic methods of operational research in the organization of operations on a selected siding

ANNOTATION

This thesis deals with sidings and service equipment. Then deals with the possibilities of optimizing the operation of service equipment of selected sidings by mathematical methods Theory of supplying and Queueing theory in the field of Stochastic Methods of Operations research.

KEYWORDS

sidings, service equipment, supply models, queueing theory, railway transport

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK	10
SEZNAM ZKRATEK	11
ÚVOD	12
1 VYMEZENÍ POJMU VLEČKA	14
1.1 Defínice vlečky	14
1.1.1 Veřejně nepřístupná vlečka	15
1.1.2 Veřejně přístupné vlečky	17
1.2 Podmínky provozu na vlečkách	18
1.2.1 Práva a povinnosti na straně provozovatele	18
1.2.2 Práva a povinnosti na straně dopravce	21
2 ZAŘÍZENÍ SLUŽEB	24
2.1 Zařízení služeb Správy železnic	25
2.2 Zařízení služeb Českých drah	26
3 ZVOLENÁ VLEČKA	27
3.1 Vlečka střediska údržby Trutnov	27
3.1.1 Popis vlečky	27
3.1.2 Popis všech zařízení služeb na vlečce střediska údržby Trutnov	30
4 STOCHASTICKÉ METODY A JEJICH APLIKACE NA ZAŘÍZENÍ SLUŽEB	33
4.1 Teorie zásob	33
4.1.1 Základní prvky modelů teorie zásob	33
4.1.2 Volba modelu zásob pro řešení práce	34
4.1.3 Získaná data o čerpání motorové nafty Střediska údržby Trutnov	37
4.1.4 Analýza získaných dat a aplikace modelu zásob	38
4.1.5 Závěr k aplikaci modelů zásob	49
4.2 Analytické návrhy úprav stávajícího systému zásoby nafty	50

4.2.1	Sledování stavu hladiny zásoby motorové nafty klesající se spotřebou.....	50
4.2.2	Shrnutí, závěr a doporučení ke sledování hladiny zásoby nafty čerpacího zařízení Střediska údržby Trutnov.....	56
4.2.3	Obecná doporučení pro další čerpací zařízení služeb ČD	57
4.3	Využití Teorie hromadné obsluhy na kapacitu zařízení služeb	58
4.3.1	Obecný úvod do Teorie hromadné obsluhy.....	58
4.3.2	Aplikace Teorie hromadné obsluhy na zařízení služeb Střediska údržby Trutnov	60
	ZÁVĚR	62
	SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	65
	SEZNAM PŘÍLOH.....	67

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Plánek vlečky střediska údržby Trutnov.....	29
Obr. 2 Celkový pohled na čerpací zařízení Střediska údržby Trutnov.....	31
Obr. 3 Detail tankomatu 1.....	32
Obr. 4 Tankomat 2.....	32
Obr. 5 Histogram četností čerpání daných objemů nafty v 11 ekvidistantních třídách.....	40
Obr. 6 Histogram četností čerpání daných objemů nafty v 22 ekvidistantních třídách	41
Obr. 7 Graf hustoty pravděpodobnosti exponenciálního rozdělení pravděpodobnosti	42
Obr. 8 Funkce EXPON.DIST v MS Excel	42
Obr. 9 χ^2 test dobré shody v MS Excel	46
Obr. 10 Graf hustoty pravděpodobnosti gama rozdělení pravděpodobnosti	46
Obr. 11 Graf hustoty beta rozdělení pravděpodobnosti při různých hodnotách jeho parametrů	48
Obr. 12 Graf spotřeby motorové nafty v každém z 27 čtrnáctidenních období.....	53

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Shrnutí práv a povinností provozovatele dráhy a dopravce	23
Tab. 2 Popisná statistika dat o čerpání motorové nafty	39
Tab. 3 Data o čerpání nafty rozdělená do 22 ekvidistantních tříd	43
Tab. 4 Tabulka se všemi parametry pro testování rozdělení pravděpodobnosti.....	44
Tab. 5 Tabulka se všemi parametry pro testování rozdělení pravděpodobnosti po sloučení posledních tříd včetně výsledku testu χ^2	45
Tab. 6 Tabulka se všemi parametry pro otestování gama rozdělení χ^2 testem	47
Tab. 7 Spotřeba nafty za jednotlivá 14denní období roku 2019 tabulkově	54

SEZNAM ZKRATEK

ČD České dráhy, akciová společnost

NZoD novela zákona o dráhách

SŽ Správa železnic, státní organizace (dříve SŽDC s.o.)

ZoD Zákon o dráhách

ÚVOD

Jednou z věcí, které přináší směrnice Evropské unie týkající se liberalizované železniční dopravy, je nově řešení přidělování kapacity dráhy na vlečkách veřejně přístupných. Do nedávna byl tento pojem liberalizace znám pouze u dráhy regionální a celostátní, kde je především důležitá osobní doprava, o kterou má zájem stále více soukromých dopravců. Pokud bereme v potaz samotný pojem kapacita železniční dopravní cesty, či propustná výkonnost trati nám udává rozsah dopravy, který při daném vybavení trati a při zachování určitých standardů lze na dané trati, či jejím úseku, či na jiné části dopravní cesty za sledované období zvládnout. V České republice se výpočet kapacity dráhy řídí směrnicí SŽ D24. Je proto nezvyklou novinkou, že se toto nyní řeší i na veřejně přístupných vlečkách. Veškerá jízda vlaků na vlečkách je považována jako posun, či posun mezi dopravními realizované omezenou rychlostí, přičemž se na daném úseku může vyskytnout pouze jeden vlak. Na vlečce lze jejich kapacitu posuzovat dle dvou kritérií – kapacita dráhy jako takové a kapacita jednotlivých zařízení služeb, které se na této vlečce nachází, či ke kterým se lze dostat přes tuto vlečku. Jelikož provoz veřejně přístupné vlečky s sebou nese mnoho zákonných povinností, spousta provozovatelů vleček se snaží o zachování statusu neveřejnosti svých vleček na základě zákona.

Práce se bude v první řadě zabývat převážně českou legislativou týkající se vleček. Na základě této legislativy autor vysvětlí jednotlivé pojmy týkající se vleček a jejich parametry společné i odlišné od drah celostátních a regionálních, veškerá legislativní práva a povinnosti provozovatelů těchto vleček a dopravců, kteří mají zájem na těchto vlečkách provozovat drážní dopravu a jejich vzájemné smluvní vztahy. Dále se chce autor zabývat zařízeními služeb na těchto vlečkách. Konkrétně o jaká zařízení služeb se jedná, kdo je vlastní a opět nějaké legislativní detaily k jejich provozu a údržbě. Poté se autor bude zabývat konkrétní zvolenou vlečkou – vlečka Českých drah Střediska údržby Trutnov. Tuto vlečku autor zvolil jako vhodnou, která není příliš velká a zároveň příliš malá s ideální intenzitou provozu. Zároveň se autor mohl s touto vlečkou seznámit osobně přímo na místě v rámci exkurze a zjistit si potřebné informace. Autor tedy tuto vlečku popíše podrobně a bude se zabývat zařízením služeb na této vlečce, konkrétně čerpacím zařízením služeb motorové trakční nafty pro železniční vozidla. K tomuto zařízení služeb navíc autor získal kompletní data o čerpání této motorové nafty za rok 2019.

V hlavní návrhové části práce chce autor realizovat hlavní cíl práce, a to, zda lze využít stochastických metod na organizaci práce zařízení služeb na této vlečce, a to konkrétně právě na čerpacím zařízení služeb této vlečky. V první řadě chce autor využít Teorie zásob

pro optimalizaci dodávek zásoby motorové nafty a dodávaného objemu, tak aby nemohlo dojít k vyčerpání zásoby a zároveň se tak zoptimalizovaly náklady. Konkrétním vyčíslením nákladů a vyčíslením celkové finanční ekonomiky se autor pro nedostatek potřebných interních informací zabývat nebude. Dále chce autor vyzkoušet navrhnout model Teorie hromadné obsluhy pro optimalizaci provozu tohoto zařízení služeb. Zda lze navrhnout funkční model pro optimalizaci příjezdu vozidel k obsluze na tomto zařízení, jehož vstupní parametry by autor upravoval a zkoumal optimálnost výstupů k provozu tohoto zařízení.

1 VYMEZENÍ POJMU VLEČKA

Specifikum silniční dopravy je takzvaná přeprava zboží „door to door“, tedy ode dveří ke dveřím, jinými slovy přímo z adresy odesílatele na adresu příjemce. V železniční dopravě je obdoba této přepravy realizována prostřednictvím vleček. Výrobní podniky mají vlečky zavedené do svých areálů a napojené na dráhu celostátní, regionální či na další vlečky. Na základě zákona číslo 266/1994 Sb. O dráhách (ZoD) v pozdějším znění se vlečky dělí na veřejně přístupné a veřejně nepřístupné.

1.1 Definice vlečky

Vlečka je dráha – *dopravní cesta určená drážním vozidlům, která slouží výhradně potřebám jejího provozovatele či jiného právnického subjektu*. Musí být zaústěná do dráhy celostátní, regionální nebo jiné vlečky. V opačném případě se může jednat například dráhu místní. Vlečka musí splňovat některé stejné technické specifikace jako dráha celostátní a regionální. První specifikací je obvod dráhy. *Obvod dráhy je území určené územním rozhodnutím nebo společným povolením, kterým se stavba umísťuje a povoluje pro umístění stavby dráhy. V případě vlečky je obvod dráhy vymezen svislými plochami vedenými 3 metry od osy krajní koleje, krajního nosného nebo dopravního lana, krajního vodiče trakčního vedení, nebo hranicemi pozemku, určeného k umístění dráhy a její údržby, nejméně však 1,5 metru od vnějšího okraje stavby dráhy, pokud není dopravní cesta dráhy vedena po pozemní komunikaci*. Druhá specifikace je ochranné pásmo dráhy. U vlečky se ochranné pásmo dráhy zřizuje přesně 30 metrů od osy krajní koleje. *V případě, že je vlečka vedena po pozemní komunikaci, v uzavřeném prostoru provozovny či v obvodu přístavu se ochranné pásmo nezřizuje*. Příkladem takové vlečky je vlečka Brněnského výstaviště vedená ulicí Poříčí zaústěná do dráhy celostátní ve stanici Brno-dolní nádraží. *Pouze se souhlasem drážního správního úřadu je možno v ochranném pásmu provozovat hornické činnosti, střelnice, skladovat nebezpečné odpady a výbušniny či zřizovat reklamní plochy a světelná zařízení, která by mohla být zaměněna s návěstmi používanými v provozu drážní dopravy. Provozovatel dráhy a dopravce je oprávněn v ochranném pásmu dráhy vstupovat na cizí pozemky, popřípadě na stavby na nich stojící, za účelem oprav, údržby a provozování dráhy, odstraňování následků nehod nebo poškození dráhy a za účelem odstraňování jiných překážek omezujících provozování drážní dopravy. Tím pádem nesmí způsobit žádné škody majiteli pozemku, kterým nelze zabránit a omezit majitele či jeho práva tohoto týkající se na nezbytně nutnou dobu a míru*. Pod tuto část by mohlo spadat i odstranění či úpravě zeleně, která by mohla za nepříznivých povětrnostních podmínek ohrozit bezpečnost a plynulost provozu drážní

dopravy. A právě novela ZoD platná od ledna roku 2020 nyní umožňuje provozovateli dráhy vegetaci (v ZoD označena jako nebezpečné stromové a jiné porosty) ohrožující bezpečnost nebo plynulost drážní dopravy odstranit z ochranného pásma za podmínky, že majitel pozemku v ochranném pásmu dráhy tak sám neučinil v přiměřené lhůtě na základě upozornění provozovatele dráhy. Touto vegetací se rozumí jakékoliv lesní porosty, které můžou vlivem nepříznivých povětrnostních podmínek narušit průjezdný průřez dráhy a tím bezpečnost a plynulost provozu drážní dopravy. Provozovatel dráhy je povinen při výkonu jeho práva podle odstavce 3 co nejvíce šetřit práv vlastníků a uživatelů dotčených nemovitostí a vstup na jejich nemovitosti jim předem oznámit. *Po skončení prací je povinen uvést nemovitost do předchozího stavu, a není-li to možné s ohledem na povahu provedených prací, do stavu odpovídajícího jejímu předchozímu účelu nebo způsobu užívání. Provozovatel dráhy je rovněž povinen na žádost vlastníka dotčené nemovitosti na svůj náklad provést likvidaci vzniklého klestu a zbytků po těžbě.* Vlastník/majitel nemovitosti má případě škody vzniklé v tomto důsledku právo na jednorázovou náhradu. (1), (2)

Křížení dráhy s pozemní komunikací je upraveno zákonem číslo 13/1997 Sb. O pozemních komunikacích. Podle tohoto zákona zabezpečovací zařízení na přejezdu s dráhou umísťuje a udržuje vlastník/provozovatel dráhy. *Provozovatel dráhy je povinen udržovat v řádném stavu pozemní komunikaci na přejezdu bez závor do vzdálenosti 2,5 m od osy krajní koleje, na přejezdu se závorami v úseku mezi závorami, a to v celé šíři tělesa pozemní komunikace.* U křížení vlečky se silnicemi a místními komunikacemi I. a II. tříd musí provozovatel dráhy zajistit úpravu přejezdu umožňující plynulé najíždění silničních vozidel. V případě zastavěného/obydleného území musí provozovatel zajistit pro chodce oddělený přechod přes dráhu, aby nemuseli k přecházení dráhy využívat vozovku. *Dále musí provozovatel/vlastník vlečky zabezpečit nutnou rozhledovou vzdálenost uživatelům pozemní komunikace a zajistit volný prostor nad vozovkou minimálně 5 metrů s výjimkou trolejového vedení.* Na křížení dráhy s pozemní komunikací má při jízdě vždy přednost drážní vozidlo před jízdou ostatních uživatelů pozemní komunikace. (3)

1.1.1 Veřejně nepřístupná vlečka

Původní podoba ZoD udává tři podmínky, umožňující prohlásit vlečku jako veřejně přístupnou. Aby mohla být vlečka veřejně nepřístupná musí být součástí areálu využívaného v těžebním, zpracovatelském nebo energetickém průmyslu. Do této podmínky tedy nespádají například vlečky do technických zázemí, lokomotivních dep či železničních muzeí, která mají sloužit výhradně pro potřebu udržování a deponování vozidel jejich majitelů – dopravců.

V praxi je tedy brána jako veřejně přístupná i vlečka do jakéhokoliv střediska údržby vozidel Českých drah (ČD), které má sloužit výhradně potřebám ČD. Podle druhé podmínky musí vlečka sloužit výhradně potřebě svého vlastníka nebo jiné osoby, a drážní dopravu na ní provozuje více než jeden dopravce. Jedná-li se právě o vlečku do depa jednoho dopravce, pak zde drážní dopravu provozuje pouze její majitel, a nikoliv další dopravci. Zároveň platí, že na neveřejně přístupné vlečce si sám její vlastník určí dopravce provozujícího drážní dopravu. Podle poslední podmínky lze vlečku prohlásit jako veřejně nepřístupnou, pokud hlavním účelem vlečky není napojení zařízení služeb na celostátní a regionální dráhu. Toto se může týkat některých lokomotivních dep, která budou poskytovat údržbu drážních vozidel více dopravců. Problém těchto podmínek je fakt, že není jasně stanoveno, zda stačí pro znepřístupnění vlečky splňovat jednu nebo všechny zmíněné podmínky. *Provozovatel této vlečky musí nediskriminačním způsobem umožnit dopravci za cenu sjednanou podle cenových předpisů užít tuto vlečku nebo její část za účelem přístupu k jiné dráze, pokud je spojnici více drah různých vlastníků, nebo k zařízení služeb, jde-li o vlečku jejímž hlavním účelem je napojení na dráhu celostátní či regionální.* Dále musí umožnit přístup na vlečku za účelem přístupu k jinému manipulačnímu místu nebo zařízení, které není v majetku tohoto provozovatele vlečky. Provozovatel musí tuto informaci o prohlášení vlečky na veřejně nepřístupnou předat a doložit Úřadu pro přístup k dopravní infrastruktuře. Pokud tento úřad dojde k závěru, že některá z výše zmíněných podmínek prohlášení vlečky za veřejně nepřístupnou není splněna, z moci úřední uloží provozovateli provozovat vlečku jako veřejně přístupnou. (1), (2)

Podle NZoD (novela zákona o dráhách) se podmínky přístupnosti vlečky pozměňují. Nyní postačují pouze 2 podmínky, aby bylo možno vlečku prohlásit jako veřejně nepřístupnou. První podmínka udává, že *vlečka je veřejně nepřístupná, pokud je součástí průmyslového nebo zemědělského areálu.* Druhá podmínka říká, že *vlečka je veřejně nepřístupná, pokud slouží pro podnikatelské nebo jiné potřeby svého vlastníka nebo jiné oprávněné osoby či jiných oprávněných osob.* V novele jsou podmínky jasně oddělené a jejich výklad zde není nutný – je jasně stanovené spojkou *nebo*, že stačí splnění pouze 1 z těchto podmínek. Nyní již není určen či omezen počet dopravců provozujících drážní dopravu na vlečce, což odpovídá potřebám současné liberalizované železniční dopravy. (2), (4)

Největším provozovatelem veřejně nepřístupných vleček je v České republice dopravce ČD Cargo. Jedná se hlavně o vlečky lokomotivních dep a průmyslových areálů a nákladišť. Dále je to dopravce AWT provozující vlečky do těžařských a energetických areálů či společnost Českomoravský cement a.s.

1.1.2 Veřejně přístupné vlečky

Vlečka je veřejně přístupná, pokud nejsou splněny podmínky z předchozí podkapitoly, respektive pokud splňují podmínky stanovené ve znění novely ZoD zmíněné v předchozí kapitole. Provozovatel/vlastník vlečky musí vydat prohlášení o dráze a zveřejnit jej. Jeho obsah je řešen v následující podkapitole. Na základě žádostí dopravců přiděluje provozovatel vlečky nediskriminačním způsobem kapacitu dráhy na vlečce se sjednanou cenou za užití dráhy a přidělení kapacity a umožnit těmto dopravcům splňujícím podmínky provozu drážní dopravy provoz drážní dopravy na této vlečce. Dále těmto dopravcům musí umožnit využívat poskytované služby na této vlečce. Následně provozovatel veřejně přístupné vlečky uzavře s dopravcem Smlouvu o provozování drážní dopravy. V této smlouvě je stanovena cena za užití dráhy, sankce za narušení provozu drážní dopravy dopravcem nebo provozovatelem dráhy, způsob vykazování vzniku, příčin a trvání narušení drážní dopravy a nestranném mimosoudním řešení sankčních sporů mezi dopravcem a provozovatelem v důsledku narušení drážní dopravy. Pokud při uzavírání smlouvy o provozování drážní dopravy mezi provozovatelem veřejně přístupné vlečky a dopravcem vznikne spor o stanovení konkrétních podmínek provozování drážní dopravy, rozhodne na žádost jednoho z nich Úřad pro přístup k dopravní infrastruktuře. (1), (5)

NZoD nyní samostatně udává kdy je vlečka veřejně přístupná je. Buď nesmí splňovat jednu ze dvou podmínek v předchozí podkapitole, nebo její provozovatel vypracoval a zveřejnil Prohlášení o dráze dle ZoD. Podle NZoD, stane-li se vlečka veřejně přístupnou, provozovatel tuto informaci musí předat do 10 pracovních dnů Úřadu pro přístup k dopravní infrastruktuře. Tento Úřad musí na své webové stránce zveřejnit seznam veřejně přístupných vleček i veřejně nepřístupných vleček u kterých musí jejich provozovatelé umožnit nediskriminační přístup za cenu sjednanou na tuto vlečku za účelem přístupu k jiné dráze slouží-li jako spojka, nebo zařízení služeb napojuje-li se tato vlečka na jinou vlečku či dráhu celostátní a regionální, anebo k jinému zařízení a manipulačnímu místu, které vlastní jiný subjekt. (2)

Provozovateli veřejně přístupných vleček jsou například ČD a Správa železnic (SŽ). Nově však ČD (duben 2020) označují svoje vlečky jako *veřejně nepřístupné vlečky s veřejným užitím*. V tomto případě se tedy nežádá o kapacitu dráhy na vlečce, ale o kapacitu zařízení služeb. Samotné označení *veřejně nepřístupné vlečky s veřejným užitím* působí na autora zmatečným dojmem. Informační systém IS PROK tedy v tomto případě slouží pro plánování kapacit na zařízení služeb. ČD tedy od této chvíle přidělují kapacitu pouze na dráhách celostátních v jejich vlastnictví, tedy železniční stanice Bohumín, Děčín, Praha Jih a Tábor. (9)

1.2 Podmínky provozu na vlečkách

Provozovatelé dráhy a dopravci mají práva a povinnosti plynoucí ze ZoD. Zmíněná práva a povinnosti jsou platné i pro provoz na vlečkách.

1.2.1 Práva a povinnosti na straně provozovatele

Provozovatel dráhy musí v první řadě mít Úřední povolení pro provozování dráhy vydávané správním drážním úřadem i pro provozování vlečky. Aby je mohl získat, musí splňovat věk minimálně 21 let u fyzické osoby, či jejího odpovědného zástupce, nebo člena statutárního orgánu v případě právnické osoby, svéprávnost opět buď u fyzické osoby či jejího zástupce nebo člena statutárního orgánu právnické osoby, trestní bezúhonnost u těchto osob a odbornou způsobilost. Odbornou způsobilost daná osoba prokáže dokladem o úspěšném zakončení vysokoškolského vzdělání v oboru dopravním, ekonomickém, technickém či právnickém vzdělání spolu s dokladem o vykonávání minimálně tříleté praxe v oboru řízení dopravy nebo dokladem o ukončeném středoškolském vzdělání v oboru dopravy nebo technického zaměření s dokladem o vykonávání pětileté praxe v oboru řízení dopravy. Trestní bezúhonnost se prokáže výpisem z trestního rejstříku dané osoby a týká se pravomocného odsouzení činu z nedbalosti, nebo činu úmyslného týkajících se povolované činnosti. Finanční způsobilost prokazují žadatelé o Úřední povolení na dráze celostátní nebo regionální. Toto prokazuje při žádosti o jeho vydání. Mimo jiné musí mít doklad o technické způsobilosti dráhy.

(1) Provozovatel/vlastník dráhy musí dráhu udržovat v provozuschopném stavu opravami a pravidelnou údržbou v nezbytně nutném rozsahu. Musí také umožnit styk této dráhy s dalšími dráhami je-li to možné. Musí provozovat dráhu pro potřeby plynulé a bezpečné drážní dopravy podle pravidel pro provozování dráhy. Provozovatel musí ke dni zahájení provozu vydat vnitřní předpis o provozování dráhy. Musí zajistit, aby provozování dráhy prováděly osoby, které jsou zdravotně a odborně způsobilé. (1) Veškerá určená technická zařízení musí udržovat provozuschopném technickém stavu na základě vydané a schválené technické způsobilosti a provozovat jej pouze s platným technickým průkazem vydaným pro tato zařízení.

Provozovatel dráhy je dále povinen dopravcům umožnit využití přidělené kapacity dráhy minimálně poskytnutím služeb souvisejících s užitím dráhy a služeb souvisejících s provozem drážních vozidel na dráze. Minimální rozsah a obsah těchto služeb stanoví příslušný prováděcí předpis. Nediskriminačním způsobem musí dopravcům zajistit přístup k těmto službám. Nediskriminačním způsobem také sjedná cenu za užití dráhy a cenu za přidělení kapacity na této dráze. A pochopitelně těmto dopravcům splňující podmínky drážního provozu na drahách podle ZoD musí umožnit provoz drážní dopravy dle předem sjednané ceny.

Provozovatel dráhy je také povinen vést seznam všech jeho provozovaných drah a jejich součástí obsahující alespoň technický a provozní popis každé této dráhy a jejích součástí, také údaje o technickém a provozním stavu každé vlastněné dráhy a jejích součástí, údaje o probíhající rekonstrukci dráhy a jejích součástí a výši finančních prostředků vynaložených na rekonstrukci. A nakonec provozovatel zpracuje způsob určování nákladů vzniklých poskytováním jednotlivých služeb dopravcům, a způsob přiřazení těchto nákladů k jednotlivým službám. Pokud provozovatel dráhy zároveň provozuje drážní dopravu jako svoji činnost, musí dle ZoD veškeré činnosti týkající se přidělování kapacity a sjednávání cen za něj vykonávat osoba způsobilá vykonávat činnosti přidělce, a která nemá provoz drážní dopravy jako svou činnost. V případě dopravce ČD, který provozuje i veřejně přístupné a neveřejně přístupné, se touto osobou či subjektem stala Dopravní fakulta Jana Pernera Univerzity Pardubice.

Provozovatel dráhy je oprávněn dopravci udělovat pokyny zajišťující plynulý a bezpečný provoz drážní dopravy. Dále je oprávněn dávat osobám nacházejícím se v obvodu dráhy pokyny k zajištění jejich bezpečnosti, bezpečnosti jiných osob a pokyny k ochraně majetku a veřejného pořádku a dále k zabránění možného rušení nebo ohrožení provozování dráhy a drážní dopravy na dráze. Provozovatel dráhy také přijme plán obchodní činnosti. Obsahem tohoto plánu je rozsah zamýšlené činnosti a způsob financování těchto činností a technická povaha dráhy včetně její kapacity. A nakonec obsahuje tento plán podmínky přístupu na tuto provozovanou dráhu. Provozovatel dráhy má právo omezit provozování dráhy či její části na nezbytně nutnou dobu z důvodu činnostmi spojenými s její údržbou či opravou, nebo činnostmi týkající se stavby dráhy nebo stavby na dráze a dalšími činnostmi ohrožujícími bezpečnost a plynulost provozu dráhy, anebo pokud byla provozuschopnost dráhy narušena živelnými nebo jinými mimořádnými událostmi včetně odstraňování jejich následků. Pakliže tato omezení provozu dráhy překračují 24 hodin, zpracuje provozovatel návrh plánu omezení provozování dráhy. Tento plán obsahuje alespoň vymezené časové období, na které je plán zpracován, počet, umístění a předpokládanou dobu trvání jednotlivých omezení provozování dráhy včetně důvodů a rozsahů omezení drážní dopravy na této dráze. Tento plán provozovatel projedná s dopravci provozujícími drážní dopravu na této dráze a také se žadateli o kapacitu na této dráze. Pokud se provozovateli nepodaří projednat návrh tohoto plánu projednat se všemi dotčenými subjekty, navrhne tento rozsah změn a omezení i bez dohody. Postupuje však tak, aby byl rozsah omezení pro dopravce minimální a odůvodní je. Lze sjednat i spojení více vlaků různých dopravců do jednoho vlaku. Tento plán schvaluje Úřad pro přístup k dopravní infrastruktuře. (1)

Prohlášení o dráze zpracuje a zveřejní provozovatel nejpozději 12 měsíců před dnem platnosti jízdního řádu, tak aby bylo dálkově přístupné – například na své webové stránce. *Provozovatel minimálně 30 dní před dnem zveřejnění dává prostor pro vyjádření se k jeho obsahu všem dopravcům majícím zájem se k prohlášení vyjádřit. Prohlášení o dráze musí být v českém jazyce a alespoň v 1 cizím jazyce členského státu, přičemž bude-li mezi nimi rozpor, platí obsah českého znění prohlášení.* Prohlášení o dráze tedy obsahuje kategorii dráhy a její místní určení včetně údajů provozně-technických v souladu se seznamem drah vedených provozovatelem zmíněným výše, pravidla pro přístup na dráhu a její užití, cenu za přidělení kapacity dráhy, za její užití včetně pravidel pro výpočet těchto cen, vymezení kapacity dráhy včetně rezervy pro údržbu a opravy této dráhy, pravidla přidělení a odnětí kapacity dráhy dopravci, označení správního orgánu vydávajícího licenci k provozování drážní dopravy a osvědčení dopravce včetně podmínek pro jejich získání. Dále postup pro mimosoudní řešení sporů mezi provozovatelem-přidělcem a žadatelem o kapacitu dráhy včetně lhůty, podmínky přezkumu prohlášení o dráze, přidělování kapacity a smlouvy o provozování dopravy Úřadem pro přístup k dopravní infrastruktuře. Dále vzorový návrh ujednání o sankcích v případě narušení provozu drážní dopravy a nevyužití přidělené kapacity dráhy a mimosoudního řešení, podmínky poskytování služeb prostřednictvím zařízení služeb dostupných z určené dráhy včetně ceny za tyto služby, vzorový návrh rámcové dohody uzavírané mezi přidělcem a žadatelem o přidělení kapacity dráhy, a nakonec změny cen za žádost a přidělení kapacity dráhy v následujících 5 letech, jsou-li tyto údaje známe. (2)

Kapacitu dráhy přiděluje provozovatel-přidělcem na dobu platnosti jízdního řádu nediskriminačním způsobem. Daný díl kapacity dráhy provozovatel přidělí je-li volný a jsou-li splněny podmínky pro přidělení tohoto dílu kapacity určené v prohlášení o dráze. Přidělenou kapacitu smí využít pouze žadatel, kterému byla přidělena a držitel platné licence. Pakliže tuto kapacitu převede za úplatu jinému dopravci, provozovatel mu ji odejme a po dobu dalších 12 měsíců tomuto žadateli kapacitu nesmí přidělit. (2) Ad hoc žádosti o přidělení kapacity podává žadatel písemně danému oblastnímu ředitelství SŽ nebo přímo osobě řídící dopravu na dané vlečce buď více jak 3 dny před uskutečněním této jízdy vlaku, nebo méně než 12 hodin před uskutečněním této jízdy. Hraniční doba je 15 minut před jízdou, provozovatel může akceptovat i kratší termín, ale nelze v tomto případě zaručit včasné vyřízení. (5) V případě Prohlášení o dráze ČD se tyto ad hoc žádosti dělí na *jednorázové ad hoc* u kterých je nejzazší termín pro podání žádosti 5 dní a *urgentní ad hoc*, kde je tento termín kratší než 5 dní. Žadatel na webu přidělce tuto žádost označí jako *urgentní ad hoc*. Žadatel by si měl v tomto případě napřed ověřit, zda je v jeho požadovaném čase skutečně kapacita dráhy volná. (16)

Dráhu lze zrušit na žádost provozovatele/vlastníka dráhy, pokud zanikla přepravní potřeba nebo pokud provozovatel vyčerpal všechny možnosti zachování provozu, například nabídka odprodeje dráhy státu či zajištění provozu jiným subjektem. Provozovatel podá Návrh vlastníka na zrušení dráhy Drážnímu správnímu úřadu obsahující název železniční dráhy/vlečky, jeho identifikační údaje, technický popis dráhy a zdali je vlastník/provozovatel dráhy i majitel pozemků na kterých se dráha nachází a budoucí záměr vlastníka/provozovatele s touto dráhou/vlečkou. Zrušením dráhy se dráha vyjímá z režimu ZoD, ale stále zůstává stavbou zrušené dráhy. Pokud nebyla stavba dráhy odstraněna, lze obnovit provoz na této dráze na základě stavebního a kolaudačního řízení a technickobezpečnostní zkoušky. Odstraněním stavby dráhy se rozumí její snesení a snesení kolejí. (6)

1.2.2 Práva a povinnosti na straně dopravce

Doprovce musí dle ZoD pro provoz drážní dopravy na dráze celostátní i regionální splňovat několik podmínek jejichž splněním může provozovat drážní dopravu i na vlečkách. V první řadě je to usazení. V případě železniční nákladní dopravy, která se vleček týká, musí být dopravce usazen ve členském státě Evropského hospodářství. Ve druhé řadě musí být držitelem platné licence pro provozování drážní dopravy. Dále musí mít na dané vlečce přidělenou kapacitu. A nakonec musí mít s provozovatelem dráhy uzavřenou smlouvu o provozování drážní dopravy. Pokud má dopravce licenci k provozování drážní dopravy na místní dráze či vlečce, může provozovat i drážní dopravu na celostátní a regionální dráze, jedná-li se o místo styku těchto drah. Tuto licenci může dopravce získat z jakéhokoliv členského státu. (1)

Oprávnění k provozování drážní dopravy udělí na žádost žadatele – držitele licence Drážní správní úřad. Žadatel musí být svéprávný a plnoletý, jedná-li se o fyzickou osobu. Dále musí být bezúhonný. Žadatel je bezúhonný, pokud nebyl pravomocně odsouzen za úmyslný či nedbalostní trestný čin související s provozem drážní dopravy. V případě právnické osoby toto musí platit pro všechny členy jejího statutárního orgánu. Dále musí být žadatel odborně způsobilý. Odborně způsobilý je žadatel, který získal vysokoškolské bakalářské, magisterské či doktorské vzdělání v oboru technických věd a technologiích, dopravy, ekonomiky nebo právnického vzdělání a vykonával minimálně tři roky praxe ve vedoucí funkci v drážní dopravě, nebo pokud dokončil vyšší odborné či středoškolské vzdělání s maturitní zkouškou v oboru dopravy a vykonával alespoň pět let praxe ve funkci vedoucího pracovníka v oboru drážní dopravy. V případě právnické osoby stačí, aby tuto podmínku splňoval alespoň jeden člen jejího statutárního orgánu. Které obory se týkají drážní dopravy určuje příslušný prováděcí právní

předpis. Nakonec musí být žadatel usazen v členském státě Evropské unie. Toto oprávnění může drážní správní úřad odebrat, pokud dopravce přestane splňovat předchozí podmínky, nebo závažným způsobem porušil ustanovení ZoD, anebo pokud o to sám požádá. Licence pro provozování drážní dopravy pozbývá platnosti právě společně s odebráním oprávnění k provozování drážní dopravy. (1)

Novela ZoD z ledna roku 2020 hovoří také o Vertikálně integrovaném podniku. Jedná se o skupinu podnikatelů, kteří jako jeden dopravce provozují drážní dopravu na dráze celostátní, regionální a veřejně přístupné vlečce. Provozovatel této dráhy i dopravce provádějí vzájemně kontrolu opačné strany na základě Nařízení Rady (ES) č. 139/2004 ze dne 20. ledna 2004 o kontrole spojování podniků. Tuto kontrolu může nad dopravcem i provozovatelem dráhy vykonávat i třetí osoba, není-li touto osobou Česká republika. Členem provozovatele dráhy, jež je součástí vertikálně integrovaného podniku nesmí být osoba, která je členem kontrolního orgánu právnické osoby, vykonávající kontrolu Nařízení Rady (ES) č. 139/2004. Součástí této novely jsou odstavce, které řeší vzájemné majetkové/finanční poměry zúčastněných stran, aby nedocházelo v podstatě k korupci, střetu zájmů či jiné manipulaci s finančním majetkem. (2)

Další novela ZoD z června 2020 přidává do ZoD nový odstavec týkající se provozování drážních vozidel na jiné dráze než celostátní i regionální – tedy i vleček. Vozidla provozovaná na vlečce musí mít vypracováno typové osvědčení a musí mít vydaný průkaz způsobilosti drážního vozidla. Shoduje-li se vozidlo se schváleným typem vozidla, smí výrobce či jiná osoba vypracovat typové osvědčení. Typ drážního vozidla schvaluje Drážní správní úřad na základě vydaného certifikátu Evropským Společenstvím či vnitrostátního certifikátu, které deklarují splnění požadavků stanovených pro subsystém kolejová vozidla a subsystém palubní řízení a zabezpečení nebo pokud toto vozidlo splňuje technické požadavky na bezpečnost provozování drážní dopravy a ochranu životního prostředí. Má-li drážní vozidlo vypracováno typové osvědčení a odpovídá-li technická dokumentace drážního vozidla jeho technickému provedení a schválenému typu vozidla a jsou-li jeho jednotlivé části plně provozuschopné, pak vydá Drážní správní úřad na základě žádosti Průkaz způsobilosti tohoto drážního vozidla. Případě změny konstrukce drážního vozidla oproti schválenému typu, smí být toto vozidlo nadále na této dráze provozováno, je-li tato změna schválena Drážním správním úřadem. *Drážní správní úřad schválí změnu konstrukce drážního vozidla, splňuje-li drážní vozidlo i po jejím provedení technické požadavky na bezpečnost provozování drážní dopravy a ochranu životního prostředí.* Na vlečce lze provozovat drážní vozidlo ve zkušebním provozu, je-li to nutné pro ověření splnění podmínek pro schválení typu vozidla, vydání průkazu způsobilosti

drážního vozidla nebo schválení změny konstrukce drážního vozidla a zároveň pokud nedojde k ohrožení bezpečnému provozování dráhy a drážní dopravy. (17)

Následující tabulka přehledně shrnuje práva a povinnosti dopravce a provozovatele dráhy.

Doprovce	Povinnosti	Práva
	je držitel licence pro provozování drážní dopravy	licence pro provoz na vlečce platí i pro provoz na celostátní a regionální dráze v místě styku těchto drah
	musí být usazen v členském státě	provozovat drážní dopravu dle sjednané ceny
	má přidělenou kapacitu dráhy na vlečce	může využívat poskytované služby
	uzavřel smlouvu o provozování drážní dopravy s provozovatelem dráhy	
	je bezúhonný	
	je odborně způsobilý	
	jeho vozidla provozovaná na této dráze mají platný průkaz způsobilosti a osvědčení typu vozidla	
Provozovatel	Povinnosti	Práva
	je držitelem Úředního povolení pro provozování dráhy	oprávněn dopravci udělovat pokyny zajišťující plynulý a bezpečný provoz drážní dopravy
	musí dráhu udržovat v provozuschopném stavu	oprávněn osobám nacházejícím se v obvodu dráhy dávat bezpečnostní pokyny
	musí umožnit styk této dráhy s dalšími drahami	může omezit provoz dopravy v souvislosti s údržbou či opravou dráhy
	provozuje dráhu pro potřeby bezpečné a plynulé dopravy	může odebrat kapacitu dráhy, nesplňuje-li dopravce podmínky
	vydá prohlášení o dráze (veřejně přístupná vlečka)	může vstupovat na pozemky v ochranném pásmu dráhy za účelem údržby, zajištění provozuschopnosti dráhy
	musí dopravci umožnit používání přidělené kapacity minimálně poskytnutím souvisejících služeb	
	musí zajistit, aby drážní dopravu zajišťovaly osoby způsobilé	
	všechna určená technická zařízení musí udržovat provozuschopná	
	vydá vnitřní předpis o provozování dráhy	
	nediskriminačně sjedná cenu za užití dráhy a přidělení kapacity	
	vede seznam všech svých provozovaných drah	
	musí se lišit od dopravce (nesmí provozovat dráhu i drážní dopravu zároveň)	
	přijme obchodní plán činnosti	

Tab. 1 Shrnutí práv a povinností provozovatele dráhy a dopravce

Všechny informace v tabulce byly detailně popsány v předchozích kapitolách.

2 ZAŘÍZENÍ SLUŽEB

Součástí veřejně přístupných vleček je i zařízení služeb, na kterých je bezpečný a plynulý provoz drážní dopravy závislý. Provozovatelem zařízení služeb může být provozovatel dráhy za podmínky, že pro tento účel oddělí samostatnou divizi v rámci podniku – v případě ČD provozujících veřejně přístupné vlečky, se jedná o samostatnou nezávislou jednotku. Provozovatel těchto služeb poskytuje nediskriminačním způsobem veškeré služby úzce související provozováním drážní dopravy za sjednanou nediskriminační cenu. V případě dodávek elektrické energie zohledňuje při návrhu ceny i způsob provozování drážní dopravy, konkrétně třeba maximální rychlost jízdy či četnost zastavování drážních vozidel. Provozovatel zařízení služeb musí provozovateli vlečky do 60 dnů před zveřejněním Prohlášení o dráze zpřístupnit cenu a podmínky za poskytování služeb, a případně cenu za užití jím vlastněné vlečky, jejímž prostřednictvím je zařízení služeb přístupné. Tyto služby jejich provozovatel poskytuje bez zbytečných odkladů v čase, který odpovídá jejich účelu a povaze. (1), (7)

Provozovatel zařízení služeb může dopravci poskytnutí služeb odmítnout, pokud tyto stejné služby může poskytnout jiné zařízení služeb jiného provozovatele, aniž by došlo k omezení či změně využití přidělené kapacity dráhy tohoto dopravce či by mohlo dojít ke navýšení nákladů s tím spojených tomuto dopravci. Dále může provozovatel služeb jejich poskytnutí odmítnout, pokud je provozní objem zařízení služeb naplněn, či neodpovídá poskytnutí těchto služeb technickým nebo provozním podmínkám zařízení služeb. V případě, že provozovatel zařízení služeb odmítl, byť částečně v rozporu se ZoD poskytovat služby, může Úřad pro přístup k dopravní infrastruktuře na žádost dopravce uložit provozovateli zařízení služeb, aby uzavřel s dopravcem – žadatelem smlouvu o částečném poskytnutí těchto služeb. Pokud není zařízení služeb provozováno po dobu alespoň 2 let a dopravce doloží vlastníkovvi tohoto zařízení potřebu opakovaného využití tohoto zařízení, musí v přiměřené lhůtě jeho vlastník zajistit opětovný provoz zařízení s výjimkou znemožnění provozu zařízení během úprav tohoto zařízení anebo pokud vlastník ani po veřejné soutěži o nejvýhodnější nabídku pro provozování zařízení nenašel žádného provozovatele. (1) (7)

Jako hlavní zařízení služeb jsou v ZoD definovány železniční stanice, odstavné koleje, čerpací stanice a technická zařízení v přístavech. ZoD také definuje pomocné a doplňkové služby. Doplňkovými službami se rozumí dodávka elektrické energie, předtápění drážních vozidel určených pro osobní dopravu a veškeré služby související s přepravou nebezpečných věcí či s provozem drážního vozidla s neobvyklými provozně-technickými charakteristikami – například přeprava nadrozměrných zásilek. Mezi pomocné služby spadají poskytování

informací souvisejících s provozem drážní dopravy, přístup k telekomunikační síti, technické kontroly drážních vozidel, prodej jízdních a přepravních dokladů a údržba drážních vozidel se zvláštními provozně-technickými charakteristikami. Podle směrnice Evropského parlamentu číslo 34 není povinen provozovatel pomocných a doplňkových služeb je poskytovat dopravcům. Pokud tak učiní, tak pouze nediskriminačním způsobem na požádání. (1)

2.1 Zařízení služeb Správy železnic

SŽ poskytuje zařízení služeb v budovách železničních stanic i mimo ně. Pro každý typ zařízení vydá *Popis zařízení služeb*. Zároveň SŽ na svém *Portále o provozování dráhy* musí uveřejnit seznam všech zařízení služeb na všech dráhách jí provozovaných. Tento seznam musí obsahovat název tohoto zařízení, zda se jedná o takzvané jednoduché zařízení služeb provozované jedním provozovatelem či komplexní řízené více provozovateli, označení typu nebo jeho provozní součásti na základě vyhlášky 76/2017 sbírky týkající se obsahu a rozsahu služeb poskytovaným provozovatelem dráhy a provozovatelem zařízení služeb dopravcům. Dále musí obsahovat místo napojení na dráhu celostátní a regionální s kilometrickou polohou a eventuelně i souřadnice GPS a s tím i související informace, zda je toto zařízení Evropského nákladního koridoru RFC. Nakonec musí obsahovat označení provozovatele zařízení služeb včetně kontaktních údajů a kde je zveřejněn *Popis zařízení služeb*. Kapacitu zařízení dopravci objednávají předem, pokud je volná, přičemž přístup k zařízení služeb mají pouze dopravci, kteří mají kapacitu tohoto zařízení přidělenou.

SŽ v budovách železničních stanic a zastávek provozuje zařízení služeb týkající se prostor pro prodej jízdních dokladů, čekárny pro cestující a další prostory pro služby dopravců, hygienická zařízení pro cestující, prostory pro zázemí zaměstnanců dopravců, orientační a informační značky cestujícím a parkoviště. Mimo budovy poskytuje SŽ jako zařízení služeb odstavné koleje, předtápěcí a zásuvkové stojany, místa nakládky, kolejové váhy, kolejiště určená pro posun a zařízení pro doplňování vody. Na těchto jmenovaných zařízení služeb poskytuje SŽ pouze služby dodávky elektrické a trakční energie, doplňování vody a informační služby pro cestující. Pod doplňkové služby SŽ spadá vedle dodávek elektrické trakční energie také služby pro mimořádné přepravy a přepravu nebezpečných věcí. Pomocné služby SŽ obsahují vydávání jízdního řádu a zajištění prodeje jízdních dokladů. Vše je včetně legislativních prvků popisu zařízení služeb, povinností smluvních stran zaneseno v Prohlášení o dráze SŽ. (5)

2.2 Zařízení služeb Českých drah

I ČD, byť jsou dopravcem, jsou vlastníci vleček a zařízení služeb, na které přidělují dopravcům nediskriminačním způsobem kapacitu dráhy a kapacitu zařízení služeb. Podle legislativy jako dopravce nesmí ČD tuto činnost provozovat přímo sami, a proto tuto činnost zprostředkovává Univerzita Pardubice – Fakulta Jana Pernera. Jak bylo zmíněno v 1. kapitole, všechny vlečky ČD jsou nyní vlečky neveřejné s veřejným přístupem k zařízení služeb, proto se kapacita přiděluje přímo na jednotlivá zařízení služeb. Pochopitelně i ČD tedy ze ZoD vydaly Prohlášení o dráze. Veškerá obecná ustanovení týkající se provozu na těchto dráhách, stejně tak přístupu na tyto dráhy jakož i povinností a práv obou stran přebírá toto Prohlášení ze ZoD nebo z předpisů SŽ zmiňované v přechozích kapitolách. Toto Prohlášení obsahuje seznam drah vlastněných ČD, způsob výpočtu ceny za přidělení kapacity včetně ceníku těchto služeb, veškeré sankce v případě jakýchkoliv porušení a narušení užití sjednané kapacity, vzory rámcových dohod, fakturační podmínky a kontakty na příslušné osoby z řad ČD a Univerzity Pardubice. (16) Seznamy všech provozovaných vleček a celostátních drah, které ČD vlastní, mají na svých webových stránkách.

Zařízení služeb ČD, která jsou pro autora práce vzhledem k tématu potřebná, zahrnují čerpací stojany trakční motorové nafty, plnicí zařízení vodou pro vodní hospodářství vozidel, odsávání vakuových WC, strojní mytí vozidel, doplňování lehkých topných olejů pro přídavná topení vozidel, údržbu vozidel hnacích i tažených včetně nákladních vozů různých rozsahů plánovaných a neplánovaných oprav a doplňování dalších provozních kapalin a písku. Dále ČD poskytují i služby v železničních stanicích. (Brno hlavní nádraží, Heřmaničky, Ješetice, Plaňany, Praha hlavní nádraží – terminál autovlaku, Praha Masarykovo nádraží, Střeziměř) Jedná se hlavně pronájem nebytových prostor ve výpravních budovách a použití zdvihací plošiny pro nástup imobilních cestujících v některých ze jmenovaných stanic. Kromě zařízení služeb na vlastních vlečkách provozují ČD zařízení služeb i na některých vlečkách vlastněných SŽ nebo ČD Cargo. Plánky všech jednotlivých vleček se zařízením služeb se nacházejí na webových stránkách dopravce (8), stejně tak detailní popis všech zařízení služeb na jednotlivých vlečkách včetně kontaktů a doplňujících informací. (9) Dále se na této webové stránce nacházejí ceníky za všechny tyto služby na jednotlivých zařízeních služeb, mapy, kde se tato zařízení nacházejí v rámci železniční sítě ČD, další obecné podmínky a ustanovení, žádosti o užití těchto jednotlivých zařízení a samotné Prohlášení o dráze ČD.

3 ZVOLENÁ VLEČKA

Autor si pro tuto práci vybral vlečku Střediska údržby Trutnov. Jedná se o relativně frekventovanou vlečku železničního uzlu tratí nezávislé trakce, kde probíhá časté čerpání motorové nafty různými dopravci. Zároveň zde ale není natolik velký provoz jako na jiných větších železničních stanicích s vlečkami ČD.

3.1 Vlečka střediska údržby Trutnov

Provozovatelem a majitelem vlečky jsou ČD. Vlečka i depo náleží organizačně pod Oblastní centrum údržby Střed, dříve Depo kolejových vozidel Česká Třebová.

3.1.1 Popis vlečky

Vlečka je zaústěna do celostátní neelektrifikované dráhy Jaroměř – Trutnov hlavní nádraží v železniční stanici Trutnov hlavní nádraží: začátkem výhybky č. 101 v km 124,405, začátkem výhybky č. 102 v km 124,401, koncem výhybky č. 103 v km 124,357 a koncem křižovatkové výhybky č. 32b v km 124,176. Samotná vlečka sestává z areálu depa kolejových vozidel a vlečky Technomat. V areálu depa se nachází dvě tříkolejné haly. První je situována blíže k železničním tratím 045 do Svobody nad Úpou a 040 do Staré Paky. Jedná se o průjezdnou halu s prohlídkovými a odvodňovacími kanály na každé koleji. Druhá tříkolejná hala – správkárna – se nachází východněji blíže k řece Úpě. Jedná se o neprůjezdnou správkářenskou halu se třemi kolejemi s vjezdem na severozápadní straně areálu – tedy na opačné straně, než se nachází železniční stanice a ústí vlečky do stanice. Před touto správkárnou se nachází přístřešek, pod nímž se nachází zvedáky a mostový jeřáb. Uvnitř haly jsou údržbové koleje s prohlídkovými kanály, mostový jeřáb s nosností 8 tun a na jejím konci také portálový jeřáb. Součástí této správkářenské haly jsou u také hydraulické zvedáky. V kolejišti se stále nachází funkční vodní jeřáb z dob parostrojního provozu. Přibližně uprostřed areálu depa se nachází zařízení pro odsávání EKO WC vozidel společně se zařízením pro doplnění pitné vody do nádrží vozidel. Na stejné koleji za tímto zařízením v areálu depa se nachází zastřešené čerpací zařízení pro zbrojení lokomotiv a motorových vozů motorovou naftou se dvěma typy doplňovacích pistolí pro průtok 120 litrů za minutu a 40/60 litrů za minutu. Tato se zde nachází dvakrát. Zároveň se zde nachází i plnicí zařízení lehké topné nafty určené pro nezávislá vytápění některých vozidel s plnicí kapacitou 40 litrů za minutu a doplňovač písku do pískovačů hnacích vozidel. V areálu se nachází i zásobní nádrž pro motorovou naftu s maximálním objemem okolo 607 000 litrů. Vzhledem k úsporám financí souvisejících s udržováním zásob je využívána pouze část této kapacity. Souvisí to hlavně

s typy nafty – na základě ročního období se používá letní, přechodná a zimní nafta. Motorovou naftu sem přepravuje dopravce ČD Cargo pravidelně jednou za necelé dva vždy po jednom cisternovém voze. Dodavatelem této motorové nafty je společnost UNIDO, přičemž je vlastníkem této nafty až do chvíle před načerpáním do nádrží vozidel. Na samém severozápadním konci celého areálu se nachází malá točna o průměru přibližně pouze 15 metrů. Pro otáčení osobních vozů standardních délek 24-26 metrů je tedy nevhodná. Mycí a fekální koleje se nachází také v odděleném areálu Technomat na opačné straně kolejiště napojené ze železniční stanice od nejvzdálenější koleje 305 od staniční budovy (severně). I tato od areálu depa oddělená část vlečky umožňuje odsávání WC a doplňování vody osobních vozů. Celkem se v celém areálu nachází 3 místa pro plnění vozů vodou a odsávání EKO WC a jedno plnicí a odstavné místo vozidel vodou u kolejí 4 a 6 s možností plnění 9 vozů ve stanici Trutnov hlavní nádraží. Součástí areálu jsou i kanceláře, sklady dílů a dalšího materiálu, stojany na kola či zázemí pro zaměstnance depa a vlakové čety.

ČD zde udržují a provozují lokomotivy řad 754 a 799, motorové vozy řad 810, 854.0 a 854.2, řídicí vozy řady 954, motorové jednotky řady 814 společně s jejich řídicími vozy 914 a přípojné vozy BDtax, Bdt, a Btn. V rámci takzvaného výměnného systému dílů v rámci vozidlové řady se zde udržují i vozidla stejných řad z jiných středisek údržby ČD. (9) Kromě vozidel ČD jsou zde udržovány například i lokomotivy ČD Cargo řad 742, 750 a 753.7. Na následujícím Obr. 1 Plánek vlečky střediska údržby Trutnov

(Zdroj: (8); úprava: autor) se nachází podrobný plánek celé této vlečky uvnitř i vně areálu depa i s čísly jednotlivých kolejí, které doplnil autor.

Trutnov



Obr. 1 Plánek vlečky střediska údržby Trutnov

(Zdroj: (8); úprava: autor)

Na Obr. 1 jsou zeleně vyznačeny koleje vlečky, žlutě správkové koleje obou hal, červeně koleje 202 a 204 čerpacího zařízení, oranžovo-modře koleje pro odsávání WC a plnění vodou (koleje 202, 204, 218 v areálu depa a kolej 305 nacházející se na vlečce Technomat – vlevo nahoře). Hnědě vyznačené koleje jsou součástí regionální dráhy SŽ.

3.1.2 Popis všech zařízení služeb na vlečce střediska údržby Trutnov

Na základě ZoD a směrnice 34/2012 Evropského Parlamentu a Rady je zařízení služeb na této vlečce vlastněné a provozované ČD vyčleněno pod samostatnou účetní jednotku, přičemž na základě prohlášení o dráze zde přiděluje nediskriminačním způsobem kapacitu dráhy – nyní kapacitu zařízení služeb – Dopravní fakulta Jana Pernera Univerzity Pardubice jako nestranný subjekt. Vedle ČD zde zařízení služeb využívá dopravce ČD Cargo a GW Train Regio či údržba tratí SŽ. Jednou z poskytovaných služeb, využívanou všemi dopravci, jsou revize konkrétních součástí vozidel – například těsnost pomocných vzduchojemů brzdové soustavy vozidla a další. Ve správkové hale se provádí běžné i generální opravy motorů vozidel, včetně těch nemodernějších motorů Caterpillar. Nechybí ani pestrá škála oprav trakčních motorů, převodovek či alternátorů. Nejčastější zařízení služeb využívané všemi dopravci je pochopitelně zbrojení naftou a dalšími provozními kapalinami, doplňování písku do pískovačů, doplňování vody hlavně pro vodní hospodářství tažených vozidel a také odsávání WC, či mytí vozidel na fekální koleji. V areálu jsou tedy 2 výdejní stojany nafty s kapacitou 1 vozidla s výdejem 40/60 litrů za minutu, 1 stojan nafty s výdejní kapacitou 120 litrů za minutu pro 1 vozidlo. Jedná se o samostatný výdej, tudíž souběžné zbrojení není možné. Maximální délka soupravy – jeden vůz – je vždy 75 metrů na dané koleji. V blízkosti tohoto zařízení se nachází 1 stojan pro výdej lehké topné nafty s kapacitou 40 litrů za minutu. Opět je maximální délka jedno-vozové soupravy maximálně 75 metrů. Celkem jsou v celém areálu tři místa pro odsávání WC a plnění vodou společně, přičemž dvě z těchto míst jsou uvnitř areálu depa mezi kolejemi 202 a 204 umožňující plnění a odsávání vždy 1 vozu na dané koleji do délky 75 metrů, a ještě místo pro odsávání i plnění u koleje 218 opět po 1 voze do délky 50 metrů. Druhé místo pro společné plnění vodou a odsávání WC je u koleje 305 vlečky Technomat opět 1 vůz plnění a odsávání do délky 50 metrů. Vodu je možno doplnit i přímo ve stanici mezi kolejemi 4 a 6 pro až 9 vozů. Technické zařízení pro opravy a údržby vozidel zahrnují patkové zvedáky 4x25 tun v budově správkárny a 2x před budovou správkárny, dále patkové zvedáky 4x10 tun opět v budově správkárny, také otočný jeřáb OEVS-03 uvnitř budovy správkárny, konzolový jeřáb NREVS 1000 pro opravy převodových skříní, zdvihací zařízení IPU 250

v budově obrobny, mostový jeřáb DEMP 20tun/8tun, kolejový jeřáb EDK 10/2 a nakonec mostový jeřáb JT 8/20,8-3,5 uvnitř budovy správkárny. (9)

Obrázky 2 a 3 zobrazují pohled na zařízení služeb čerpání motorové nafty Střediska údržby Trutnov. Na obrázku 2 je celkový pohled na čerpací zařízení, obrázek 3 ukazuje detailní pohled na tankomat číslo 1. Jelikož autor již neměl možnost osobně toto zařízení vyfotit, zprostředkoval tyto snímky zaměstnanec ČD Martin Beran.



Obr. 2 Celkový pohled na čerpací zařízení Střediska údržby Trutnov

(autor: Martin Beran)

Vpravo v popředí mezi kolejemi 202 a 204 se nachází modrá zásobní nádrž pro motorovou naftu s kapacitou 607 000 litrů. Uvnitř žlutého domečku pod střechou dále mezi kolejemi 202 a 204 se nachází stojan označený jako tankomat 1 se dvěma pistolemi (velká 120 litrů/minutu a malá 40/60 litrů/minutu) pro čerpání motorové nafty na přilehlých kolejích číslo 202 a 204 a třetí označený jako tankomat 2 s 1 výdejní pistolí v budce v pozadí nalevo od žlutého domečku s kapacitou 40/60 litrů/minuta pro čerpání na koleji 202. Hned za žlutým domečkem vzadu pod střechou se nachází tmavo-zelená budka s výdejním stojanem lehké topné nafty s kapacitou 40litrů/minuta.



Obr. 3 Detail tankomatu 1

(autor: Martin Beran)

Na obrázku 3 se nachází pohled na tankomat 1 se dvěma výdejními pistolemi, umožňující čerpat vždy pouze 1 vozidlo současně z koleje 202 nebo 204.



Obr. 4 Tankomat 2

(autor: Martin Beran)

Na obrázku 4 se nachází tankomat číslo 2 s pistolí kapacity 40/60 litrů za minutu pro čerpání 1 vozidla z koleje 202 nacházející se vlevo od tankomatu 1.

4 STOCHASTICKÉ METODY A JEJICH APLIKACE NA ZAŘÍZENÍ SLUŽEB

4.1 Teorie zásob

Dopravci čerpaná nafta spadá do zásob, které je třeba efektivně řídit tak, aby jí nikdy nebyl nedostatek a bylo možno uspokojit potřebu čerpání všech dopravců. Je tedy nutno optimalizovat dodávky na základě spotřeby a aktuálního množství v nádrži. Z hlediska nákladů je nutné, aby v nádrži nebyl přebytek nafty, jelikož jsou v této zásobě vázány finanční prostředky a zároveň může docházet k postupné degradaci kvality nafty v důsledku dlouhého skladování. Zároveň je důležitá obměna této zásoby nafty dodávkami, protože je nafta sezóně rozdělena na letní, zimní a přechodnou a nelze mít nadbytečnou zásobu, která by přesahovala jednotlivá období. Za tímto účelem (obecně ve všech odvětvích výroby) vznikly modely teorie zásob, nejprve tedy deterministické, které jsou přesně plánované s plnou kontrolou dané firmy a následně i stochastické modely zásob, u kterých do vstupů či spotřeby vchází nějaká náhoda. Spotřeba se v těchto stochastických modelech řídí určitým rozdělením pravděpodobnosti. (10) Jak bylo již zmíněno v předchozí kapitole, pro účel práce získal autor data ze systému ČD EVITA (evidence tankování) o čerpání nafty v Středisku údržby Trutnov ČD za rok 2019, které je aktuálně vedeno jako neveřejná vlečka s veřejným přístupem.

4.1.1 Základní prvky modelů teorie zásob

Modely teorie zásob mají tři základní prvky. Prvním prvkem je *mechanismus vstupu zásob* – tedy dodávka. Dodávky se rozlišují ve 4 typech:

- Dodávky deterministické – tedy předem určené velikostí i časem dodání
- Dodávky deterministické svou velikostí ale s náhodně rozložené v čase
- Dodávky náhodné ve své velikosti ale deterministicky rozložené v čase
- Dodávky náhodné ve své velikosti a také náhodně rozložené v čase

V případě této práce, jsou dodávky deterministicky rozložené v čase, spotřeba je zde náhodná, kdy sice někteří dopravci jsou v grafikonu vlakové dopravy na základě přidělené kapacity na zařízení služeb zapsaní, ale zároveň může dojít adhoc neplánované objednávce některého dopravce na čerpání motorové nafty.

Druhým prvkem je *mechanismus skladování*. Zde se určuje způsob přeměny vstupů (zásob) na výstupy – tj. odeslání zásob do výroby. Takto se vytvářejí pravidla, která v podstatě řídí provoz zásobovacího systému. U většiny modelů je snaha maximálního zabezpečení objednávek zásob při snížení nákladů. Vedle těchto *nákladově orientovaných modelů* jsou

i modely, kde se na náklady nehledí a je zde snaha maximalizovat zisk. Tohoto prvku se týká také skladovatelnost zásob. U běžných modelů se počítá s neomezenou kapacitou skladu, lze však počítat i s omezenou kapacitou skladu a tím i zásob v případě výrazného rozporu se skutečností. Při organizaci celého systému výroby se na základě rozhodovacích pravidel mohou systémy zásob dělit na *systémy se signalizací změn* a *systémy s periodickou kontrolou*. Od sebe se tyto systémy liší v podstatě způsobem kontroly stavu zásob, kdy je buď kontrola hladiny zásob zabezpečena vhodnou organizací systému či technickými prostředky, nebo je-li to příliš náročné, pak pomocí pravidelných kontrol formou inventarizace zásob. (10)

Třetí a poslední prvek modelů zásob je *mechanismus výstupu*. Tento prvek představuje pravidla, podle kterých se zásoby spotřebují uvnitř podniku, nebo se vydávají formou dodávek ze skladu mimo podnik. Na základě způsobu a množství spotřeby se rozlišují modely se *spojitou spotřebou* a *s diskrétní spotřebou*. Spojitá spotřeba znamená neustále spotřebování zásob, které je možné v podstatě jen u kapalných a sypkých substrátů. Diskrétní spotřeba se odehrává v celých kusech, například náhradní díly. V případě řešeného problému čerpání motorové nafty této práce, je zřejmé, že se jedná o spotřebu spojitou. V souvislosti se spotřebou je nutné počítat i s možností vyčerpání zásob ze skladu – *deficitem*. Proto se počítá s modely, které deficit vylučují a modely, které jej připouští. V případě modelů s deficitem se počítá s modely *s odloženou spotřebou*, u kterých se chybějící zásoby doplní z následujících dodávek a modely *se ztracenou spotřebou*, v jejichž případě se zásoba nenahrazuje z následujících dodávek, ale buď z jiných zdrojů či vůbec – jedná se o ztracené prodeje. (10)

U těchto nákladově orientovaných modelů se berou v úvahu troje typy nákladů. Jsou to náklady na dodávku, které představují cenu jedné dodávky zásob bez ohledu na její velikost, skladovací náklady, které čítají cenu uskladnění jedné jednotky zásoby a náklady na deficit zahrnující náklady spojené se zatavením výroby, sankce a pokuty ze strany zákazníka či náklady na nákup zásob z jiných zdrojů. (10)

4.1.2 Volba modelu zásob pro řešení práce

Na základě získaných dat o čerpání motorové nafty a informací získaných přímo ve středisku oprav Trutnov lze klasifikovat tyto údaje:

- model je dynamický, dodávky jsou objednávány cyklicky na základě stavu zásob
- spotřeba/čerpání/ je náhodná včetně čerpaného množství (dáno typem vozidla)
- dodací lhůta je 2 týdny
- kapacita skladu/nádrže/ je 607 000 litrů, není využívána celá hlavně z ekonomických důvodů

- deficit by neměl být přípustný
- náklady na skladování 1 litru nafty prozatím nezjištěny
- 1 litr nafty ČD nabízí za 20,20 Kč včetně spotřební daně, za samotnou službu čerpání se připočítá 1,50 Kč za litr a daň z přidané hodnoty
- Cena dodávky zatím nezjištěna

Na základě těchto údajů je zřejmé, že se jedná o model stochastický, neboť zde pracuje náhoda v podobě náhodné spotřeby. Na tento případ lze uplatnit oba stochastické modely se signalizací změn a deficitem – *model s odloženou spotřebou* i *model se ztracenými prodeji*.

Oba tyto modely fungují podobně. Jsou to dynamické modely, u kterých je spotřeba náhodná funkce času s hustotou pravděpodobnosti. Období deficitu obou modelů je krátké, nicméně zde nesmí nastat. Dodávka je realizovaná najednou, objednávka na dodávku se zadává při dosažení hladiny objednání značené h a její velikost lze zvolit. Oba modely fungují na obdobném výpočtovém algoritmu. Střední deficit značený $E(U)$ je na začátku položen 0. Známe intenzitu spotřeby b , náklady na dodávku q_1 , náklady na skladování 1 jednotky q_2 a náklady na deficit q_3 . Tyto hodnoty dosadím do vzorce pro výpočet optimálního objednaného množství m [1]. Tento vzorec je pro oba modely totožný.

$$m = \sqrt{\frac{2 * b * (q_1 + q_3 * EU)}{q_2}}$$

[1]

- m optimální velikost dodávky [1]
- b intenzita spotřeby zásob [1]
- q_1 náklady na 1 dodávku [Kč]
- q_2 náklady na skladování 1 jednotky [Kč/l]
- q_3 náklady na deficit [Kč/l]
- EU střední deficit [-]

Po získání optimálního množství m se dosadí do vzorce pro výpočet doplňkové distribuční funkce $F_S^*(h, L)$ [2] v případě modelu s odloženou spotřebou a [3] pro model se ztracenými prodeji.

$$F_S^*(h, L) = \frac{q_2 * m}{q_3 * b}$$

[2]

- $F_S^*(h, L)$ doplňková distribuční funkce [-]
- m optimální velikost dodávky [1]
- b intenzita spotřeby zásob [1]

q_2 náklady na skladování 1 jednotky [Kč/l]

q_3 náklady na deficit [Kč/l]

$$F_S^*(h, L) = \frac{q_2 * m}{q_3 * b + q_2 * m}$$

[3]

$F_S^*(h, L)$ doplňková distribuční funkce [-]

m optimální velikost dodávky [l]

b intenzita spotřeby zásob [l]

q_2 náklady na skladování 1 jednotky [Kč/l]

q_3 náklady na deficit [Kč/l]

Následuje tedy výpočet hladiny objednání h ze vzorce [2] nebo [3] podle typu modelu. Výpočet se liší právě na základě rozdělení pravděpodobnosti, a tedy i vzorcem pro výpočet distribuční funkce, kterým se řídí spotřeba zásob. Právě výpočet doplňkové funkce F_S^* se počítá jako odečtení distribuční funkce daného rozdělení pravděpodobnosti od 1. A právě v této fázi končí obecnost výpočtu pro všechna rozdělení pravděpodobnosti. Dosazením doplňkové distribuční funkce daného rozdělení pravděpodobnosti na levou stranu vzorců [2] a [3] vzniknou rovnice, z nichž vzejde konkrétní hladina objednání h pro danou relaci výpočtu.

Nyní lze spočítat novou hodnotu středního deficitu $E(U)$ vzorcem [4] shodným pro oba modely. V tomto integračním vzorci se počítá s hustotou pravděpodobnosti rozdělení pravděpodobnosti, kterým se řídí spotřeba zásob. Jedná se o určitý integrál v intervalu od hladiny objednání h do nekonečna, přičemž hladina objednání h je vypočtena z předchozích vzorců [2] a [3] na základě znalosti vzorce dané distribuční funkce onoho rozdělení pravděpodobnosti.

$$E(U) = \int_h^{\infty} s * f_s(s, L) ds - h * F_S^*(h, L)$$

[4]

EU střední deficit [-]

$F_S^*(h, L)$ doplňková distribuční funkce [-]

s spotřeba během dodací lhůty [ks]

$f_s(s, L)$ hustota pravděpodobnosti rozdělení, kterým se řídí spotřeba [-]

h hladina objednání [ks]

Po získání nové hodnoty *středního deficitu* $E(U)$ je celý algoritmus opakován do chvíle, kdy se hodnota středního deficitu ustálí na přibližně stejné hodnotě a jeho změna s každým dalším opakováním je nepatrná, potažmo se ustálí ve stejných hodnotách beze změny. Tím získáme optimální velikost objednávky, hladinu stavu zásob nutnou pro okamžik zadání nové

objednávky a střední deficit. Zároveň lze vyjádřit hodnotu nákladové funkce $H(m, h)$, která má podobu [5] pro model s odloženou spotřebou a [6] pro model se ztracenými prodeji.

$$H(m, h) = q_1 * \frac{b}{m} + q_2 * \frac{m + 2 * h + 2 * ES(L)}{2} + q_3 * EU * \frac{b}{m} \quad [5]$$

$$H(m, h) = q_1 * \frac{b}{m} + q_2 * \frac{m + 2 * h - 2 * ES(L) + 2 * EU}{2} + q_3 * EU * \frac{b}{m} \quad [6]$$

$H(m, h)$	nákladová funkce [Kč]
m	optimální velikost dodávky [l]
b	intenzita spotřeby zásob [l]
q_2	náklady na skladování 1 jednotky [Kč/l]
q_3	náklady na deficit [Kč/l]
h	hladina objednání [ks]
EU	střední deficit [-]
$ES(L)$	střední spotřeba během dodací lhůty [ks]

4.1.3 Získaná data o čerpání motorové nafty Střediska údržby Trutnov

Získaná data jsou za celý rok 2019. Autor je si vědom vzhledem k datu nového zadání práce a datu odevzdání práce, že se jedná o částečně zastaralá data, ale vzhledem k celosvětové pandemii Covid 19 v roce 2020 a následnému snížení a omezení provozu by byla tato data značně zkreslená, totéž by platilo i k datům za rok 2021, která by vzhledem k datu odevzdání práce byla navíc neúplná. Kromě vydaného množství motorové nafty a datumu vydání lze z dat také oddělit některé dopravce, vozidlové řady, kdo údaje zadal, odzbrojení vozidla zpět (před opravou vozidla), identifikační číslo osoby, která čerpání prováděla. Data o naskladnění motorové nafty z dodávky se v datech nacházejí, ale svou velkou četností a množstvím jednotlivých dodávek působí absurdně. Čerpání nafty bylo rozděleno takto:

- Prodej motorové nafty
- Výdej k provozní zakázce
- Prodej motorové nafty ČD CARGO
- Spotřeba trakční motorové nafty
- Výdej ostatní – netrakční MN pro vozíky, jeřáby apod.
- Spotřeba netrakční motorové nafty

Nárůst zásoby nafty pak reprezentuje naskladnění nafty a odzbrojení – vrácení motorové nafty na sklad z vozidla, např. při přípravě na opravu.

Kromě čerpání nafty data také obsahují čerpání extralehkých topných olejů, čištění nádrže nebo výdej netrakční motorové nafty pro jeřáby a jiné pracovní vozíky a zařízení ve středisku. Data obsahují několik nulových odběrů nafty. Tyto odběry pravděpodobně vznikly v momentě, kdy neměla daná osoba oprávnění k čerpání nafty, v případě, že čerpání nebylo nutné, neboť motorové vozy čerpají naftu při každé návštěvě střediska, což způsobuje i nízké odběry, případně omylem. Situace, kdy zásoba nafty v nádrži byla nulová, však nastat nemohla, vzhledem k četnosti a velikosti dodávek. Denní počet čerpání nafty do vozidel se pohyboval mezi hodnotou 0-6 čerpání denně. Samotné hodnoty čerpání byly různorodé, přičemž nejméně čerpaly motorové vozy, které čerpají při každé zajižďce do střediska údržby a nejvyšší hodnoty odebraly motorové lokomotivy, které odebíraly vždy až při určité hladině nafty ve svých nádržích většinou téměř celou kapacitu nádrže po několikadenních výkonech. V podstatě veškeré odběry v rádech desítek až stovek litrů mají motorové vozy převážně řady 810, které jezdí nejčastěji a dle plánu (Grafikonu vlakové dopravy) a odběry v řádu tisíců litrů odebírají velké lokomotivy řad 742 a 750.x, většina přijíždějící adhoc – tedy až v průběhu účinnosti Grafikonu vlakové dopravy. Odběrů adhoc, které mělo hlavně ČD Cargo, je zde méně než ostatních. Dále proběhlo jedno čerpání motorovou jednotkou řady 628, které bylo v množství přes 14 000 litrů motorové nafty.

4.1.4 Analýza získaných dat a aplikace modelu zásob

Ze získaných dat autor odfiltroval nepotřebné údaje a také nulové čerpání nafty, čímž získal pouze čerpání nafty do kolejových vozidel. Zároveň autor vynechal výdej netrakční nafty pro nekolejová vozidla v depu, jako jsou vysokozdvížné vozíky, neboť se jednalo o malá množství v průběhu celého roku, dále ostatní výdej, zahrnující několik málo čerpání v průběhu začátku roku a po zbytek roku a výdej k provozní zakázce, opět zahrnující jen pár čerpání do roka. Následně v programu MS Office Excel nechal provést analýzu těchto dat popisnou statistikou. Následující Tab. 2 obsahuje popisnou statistiku těchto dat.

Čerpání motorové nafty 2019	
Stř. hodnota	343,21
Chyba stř. hodnoty	23,72
Medián	131,04
Modus	120,00
Směr. odchylka	733,29
Rozptyl výběru	537 721,48
Špičatost	160,18
Šikmost	9,37
Rozdíl max-min	14 790,00
Minimum	10,00
Maximum	14 800,00
Součet	328 105,60
Počet	956,00

Tab. 2 Popisná statistika dat o čerpání motorové nafty

Střední hodnota reprezentující přesnější průměr dat či prostřední hodnotu, okolo které se soustřeďuje nejvíce množství čerpání nafty (klasický průměr ovlivní vzdálená vysoká či nízká měření) činí 343 litrů nafty. Standardně se počítá jako součet násobení četností dat a jejich pravděpodobností výskytu v případě diskrétní náhodné veličiny. U spojité veličiny se získá integrací násobení četností a hustoty pravděpodobnosti. Chyba střední hodnoty je v podstatě chyba, která může nastat při měření dat. Medián dělí data na dvě stejně velké části, tedy polovina dat je menší než medián a polovina dat je větší než medián. V tomto případě je medián dat 131 litrů. Modus je nečastější naměřenou hodnotou a činí 120 litrů. Rozptyl je druhá mocnina vzdáleností naměřených dat od střední hodnoty – zde 537 721 litrů – a směrodatná odchylka je jeho odmocninou, tedy 733 litrů. Zde si lze všimnout vysokého rozdílu mezi střední hodnotou a rozptylem. Tento rozdíl je dán právě roztržitostí dat čerpaných množství, kdy spousta čerpání je v řádu desítek až stovek litrů a část dat je v tisících litrů. Koeficienty špičatosti a šikmosti udávají podobu rozložení dat a počítají se pomocí centrálních momentů. Zde nejsou důležité. Dále je tu rozdíl mezi nejnižším čerpaným množstvím nafty a tím nejvyšším množstvím, který je také značný – 14 790 litrů. Součet je celkové čerpané množství nafty, které za rok 2019 činí bezmála 328 106 litrů nafty, která byla odebrána při 956 čerpáních.

Aby bylo možné s daty pracovat v modelu zásob, je nutné vytvořit histogram, jehož podoba může napovědět, kterému rozdělení pravděpodobnosti se rozložení dat nejvíce podobá, aby bylo možno tuto hypotézu otestovat χ^2 testem dobré shody. Data je nutné nejprve rozřadit do ekvidistantních – stejně velkých – tříd. V případě menšího počtu dat lze počet a velikost tříd

odhadnout. U velkého množství dat popisovaného zde, je třeba počet a velikost tříd určit Sturgesovým pravidlem. Sturgesovo pravidlo je dáno vzorcem [7].

$$k = 1 + 3,3 * \log n$$

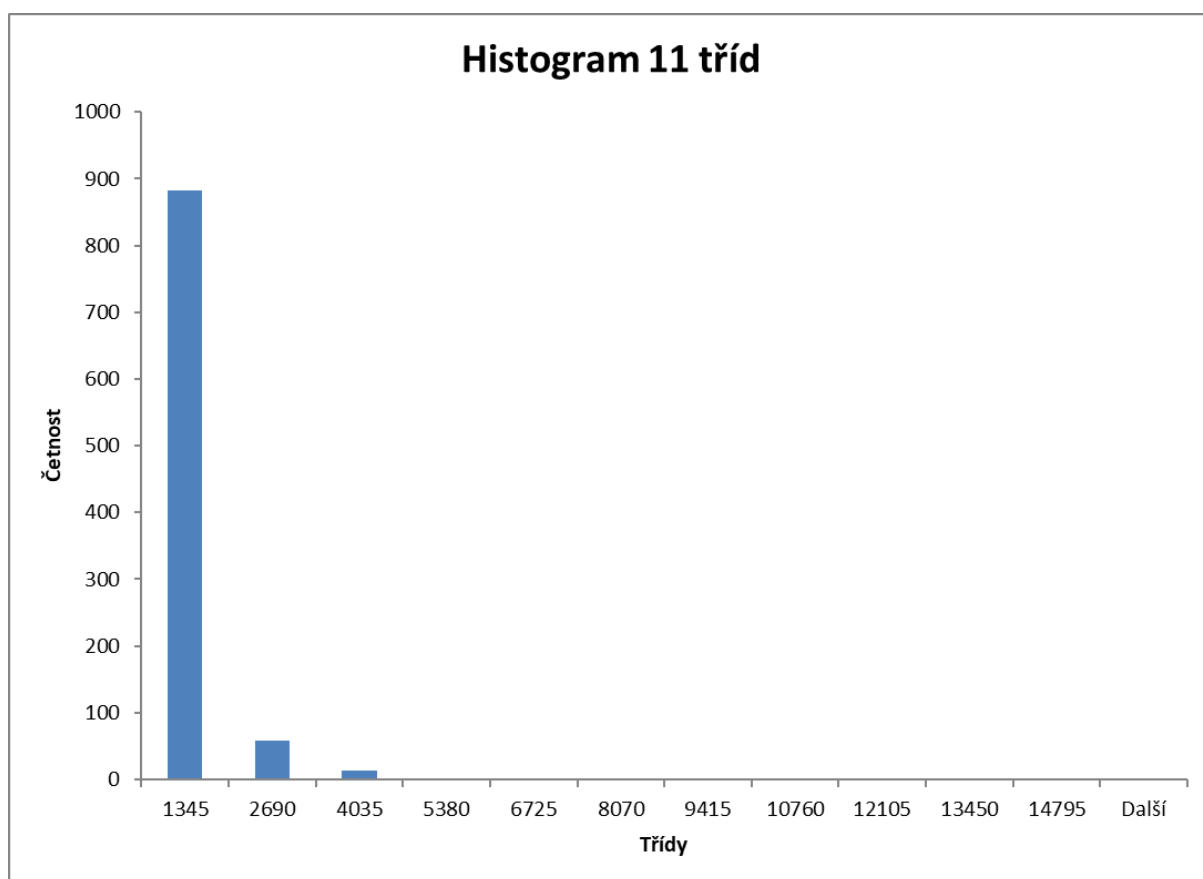
[7]

k počet tříd

log dekadický logaritmus

n počet všech měření

Dosazením počtu měření 956 za n vychází počet tříd 10,83 – po zaokrouhlení 11 tříd. Vydělením rozdílu mezi nejvyšším a nejnižším měřením 11 třídami je velikost každé třídy po zaokrouhlení nahoru 1345 litrů nafty. Nyní lze z dat vytvořit histogram.

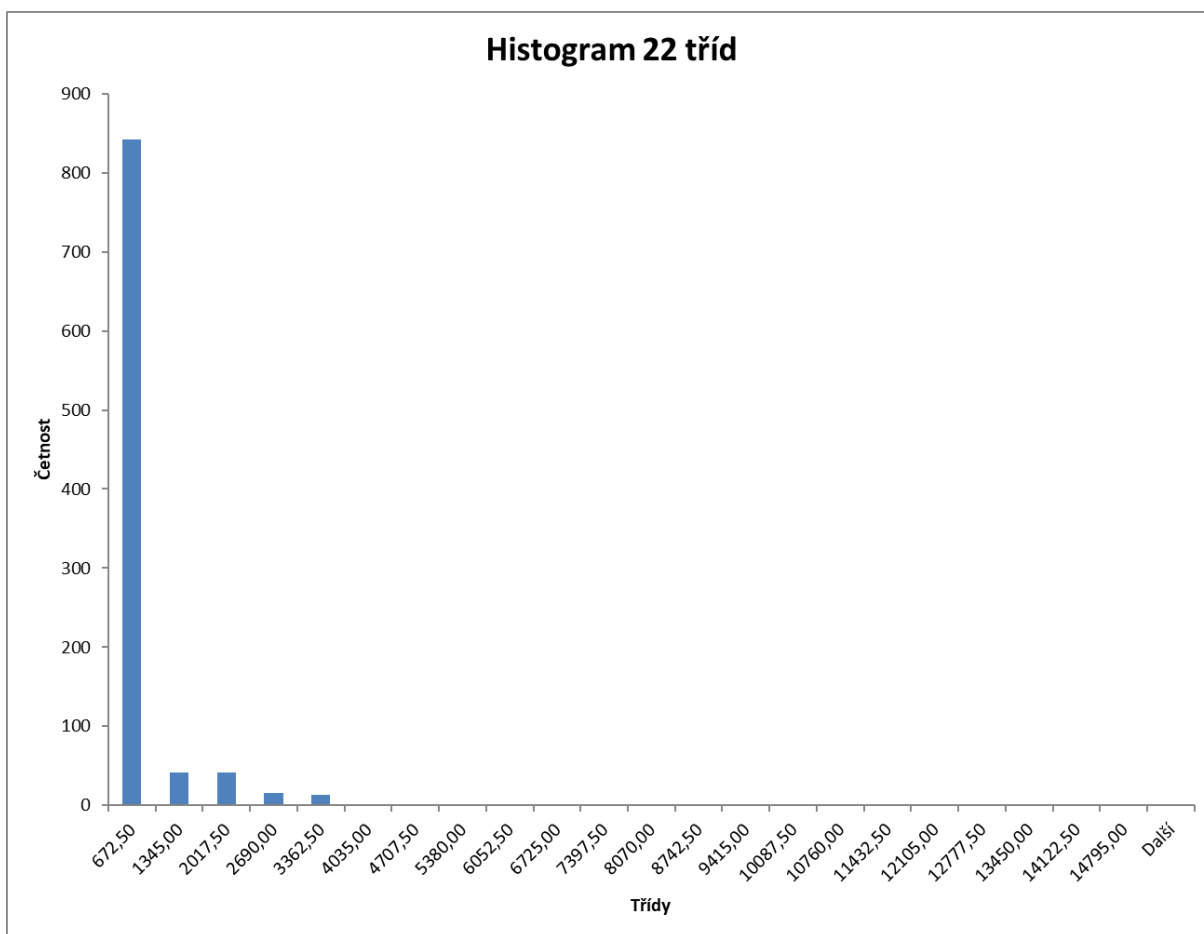


Obr. 5 Histogram četností čerpání daných objemů nafty v 11 ekvidistantních třídách

(Zdroj: Autor)

Z histogramu na Obr. 5 je zřejmé, že nejvíce čerpání nafty proběhlo v objemu 1-1345 litrů. Nafta je jako kapalina spotřebovávána spojitě, tudíž lze histogram porovnávat pouze s grafy hustot pravděpodobností spojitých rozdělení náhodných veličin. V tuto chvíli se histogram podobá grafu hustoty pravděpodobnosti exponenciálního rozdělení pravděpodobnosti. Data tedy lze otestovat χ^2 testem dobré shody, zda se řídí tato data právě exponenciálním rozdělením pravděpodobnosti. Byť již histogram s 11 třídami připomíná graf

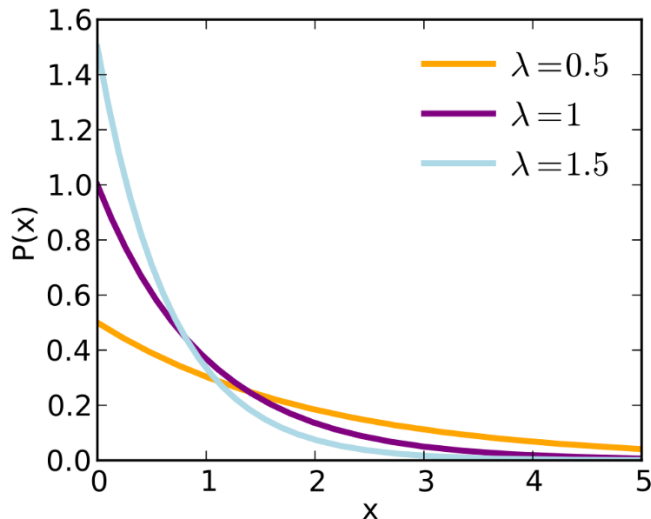
hustoty pravděpodobnosti exponenciálního rozdělení, autor již počítal, že pro χ^2 test je lepší rozdělit data 22 tříd, pro lepší přesnost a průkaznost χ^2 testu dobré shody.



Obr. 6 Histogram četností čerpání daných objemů nafty v 22 ekvidistantních třídách (Zdroj: Autor)

Velikost třídy je nyní 672,5 litrů nafty. Nejvíce četností čerpání nafty stále zůstává v první třídě, tedy nejvíce čerpání nafty bylo do 672 litrů. To je dáno zmíněnými motorovými vozy, které odčerpávají naftu do své nádrže prakticky při každé návštěvě střediska údržby. Nejvyšší odčerpané množství čerpal motorová jednotka řady 628.

Exponenciální rozdělení pravděpodobnosti popisuje dobu čekání mezi náhodně se vyskytujícími událostmi, které se řídí Poissonovým rozdělením. Využití má v teorii hromadné obsluhy, kde vyjadřuje dobu obsluhy zákazníka. Lze jej tedy aplikovat i zde, pro popis chování naměřených dat čerpání motorové nafty – tedy zda se spotřeba motorové nafty řídí tímto rozdělením pravděpodobnosti.

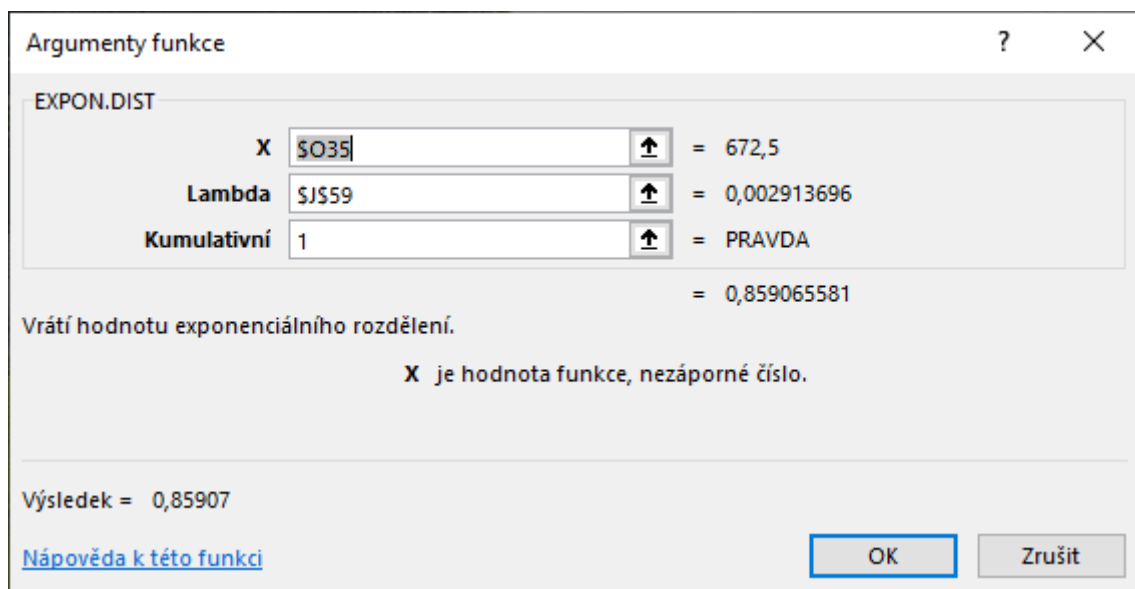


Obr. 7 Graf hustoty pravděpodobnosti exponenciálního rozdělení pravděpodobnosti

(Zdroj: (12))

Na Obr. 7 se nachází graf hustoty pravděpodobnosti tohoto rozdělení při různé hodnotě parametru tohoto rozdělení značeném λ . Střední hodnota tohoto rozdělení je pak rovna převrácené hodnotě parametru λ .

Pro pokračování testu je nutné zdat vypočítat hodnotu distribuční funkce exponenciálního rozdělení k získání pravděpodobností čerpání v dané třídě a také k očekávaným četnostem. Způsob výpočtu hodnoty distribuční funkce v MS Excel obsahuje následující obrázek.



Obr. 8 Funkce EXPON.DIST v MS Excel

Do řádku X na Obr. 8 je dosazena třída z daného řádku tabulky, do řádku $Lambda$ je dosazen parametr lambda „uzamknutý“ v jedné buňce, aby při kopírování vzorce nedošlo k odkázání na špatnou buňku na daném listu v MS Excel. Do řádku $Kumulativní$ se dosazuje

hodnota 0 nebo 1, podle toho, co je třeba získat. Při hodnotě 0 je vypočítána hodnota hustoty pravděpodobnosti a při zadání hodnoty 1 je vypočtena hodnota distribuční funkce. Tento vzorec lze tahem do horních nebo spodních buněk (dle tabulky) nakopírovat. Hodnotu distribuční funkce v posledním řádku je třeba přepsat ručně na hodnotu 1, neboť je distribuční funkce definována v intervalu 0 až 1.

<i>Třídy</i>	<i>Četnost</i>	<i>F(x)</i>	<i>pravděpodobnosti</i>	<i>očekávané četnosti</i>
672,50	842	0,8591	0,8591	821,2667
1345,00	41	0,9801	0,1211	115,7447
2017,50	42	0,9972	0,0171	16,3124
2690,00	16	0,9996	0,0024	2,2990
3362,50	13	0,9999	0,0003	0,3240
4035,00	1	1,0000	0,0000	0,0457
4707,50	0	1,0000	0,0000	0,0064
5380,00	0	1,0000	0,0000	0,0009
6052,50	0	1,0000	0,0000	0,0001
6725,00	0	1,0000	0,0000	0,0000
7397,50	0	1,0000	0,0000	0,0000
8070,00	0	1,0000	0,0000	0,0000
8742,50	0	1,0000	0,0000	0,0000
9415,00	0	1,0000	0,0000	0,0000
10087,50	0	1,0000	0,0000	0,0000
10760,00	0	1,0000	0,0000	0,0000
11432,50	0	1,0000	0,0000	0,0000
12105,00	0	1,0000	0,0000	0,0000
12777,50	0	1,0000	0,0000	0,0000
13450,00	0	1,0000	0,0000	0,0000
14122,50	0	1,0000	0,0000	0,0000
14795,00	0	1,0000	0,0000	0,0000
Další	1	1,0000	0,0000	0,0000

Tab. 3 Data o čerpání nafty rozdělená do 22 ekvidistantních tříd

Tab. 3 ukazuje rozdělení dat v jednotlivých 22 třídách. Nejvíce jsou data kumulovaná v první třídě – tedy čerpání nafty v rozmezí 1–672,5 litrů, dále jsou významné počty čerpání v rozmezí 673–1345 litrů a 1346–2017,5 litrů. Následně počty čerpání klesají. Hodnota distribuční funkce v případě řešeného exponenciálního rozdělení pravděpodobnosti ve třetím sloupci je v důsledku rozřídění dat od množství 4035 litrů nafty nadále rovná 1, nicméně se jedná o důsledek zaokrouhlení, kdy hodnota této distribuční funkce konverguje k 1. Pravděpodobnosti exponenciálního rozdělení postupně konvergují k nule, přičemž opět v důsledku zaokrouhlování čísel na daný počet desetinných míst nejsou všechny pravděpodobnosti nulové (kromě pravděpodobností v posledních 5 třídách), ale jsou velice

nízké až zanedbatelné. Ze sloupce očekávaných četností je zřejmé, že všechny třídy od poslední až po pátou třídu (3362,5 litrů) je třeba sloučit, neboť jsou tyto očekávané četnosti menší než 1.

Třídy	Četnost	F(x)	pravděpodobnost	očekávané četnosti
672,50	748	0,85907	0,85907	821,26670
1345,00	40	0,98014	0,12107	115,74474
2017,50	40	0,99720	0,01706	16,31242
2690,00	16	0,99961	0,00240	2,29898
3362,50	15	1,00000	0,00039	0,37716

Tab. 4 Tabulka se všemi parametry pro testování rozdělení pravděpodobnosti

Nyní Tab. 4 obsahuje 5 tříd vzniklých redukcí slučováním posledních tříd s nulovou četností se třídami předchozími. Sloupec F(x) obsahuje hodnoty distribuční funkce exponenciálního rozdělení vypočtené funkcí v MS Excel EXPON.DIST (viz Obr. 8 Funkce EXPON.DIST v MS Excel), přičemž pro poslední třídu byla dána hodnota 1 na základě definice distribuční funkce. Pravděpodobnosti byly následně vypočteny odečítáním hodnot distribuční funkce z vedlejšího sloupce. Očekávané četnosti v pravém sloupci byly vypočteny násobením počtu všech měření s vypočtenou pravděpodobností v daném řádku. V posledním řádku vyšla tato očekávaná četnost menší než 1 a proto bylo opět nutné poslední 2 třídy sloučit.

Nyní následuje ověření této hypotézy χ^2 (chí kvadrát) testem dobré shody v programu MS Office Excel. Tento test lze použít v případě dostatečného počtu dat. Pro tento test je nejprve nutné data rozdělit do ekvidistantních tříd a vytvořit histogram. Stanoví se nulová hypotéza a alternativní hypotéze. V tomto případě zní nulová hypotéza následovně „*Naměřená data spotřeby motorové nafty za rok 2019 v Středisku údržby Trutnov se řídí exponenciálním rozdělením pravděpodobnosti*“. Alternativní hypotéza zní „*Nulová hypotéza neplatí*“. Zde je nutné dodat, že χ^2 test dobré shody *nepotvrzuje* žádnou z hypotéz, ale jednu zamítne a druhou nezamítne. Tedy jinými slovy nelze říci, že nulová hypotéza platí, ale že nulovou hypotézu nezamítáme. Zde může dojít k chybám dvojího druhu, kdy nulová hypotéza sice platí, ale zamítnuta, nebo kdy nulová hypotéza neplatí a není zamítnuta. Skutečné četnosti výskytu dat (tedy kolikrát byla čerpána nafta v dané třídě) jsou již získány ze samotných měření. Dále jsou třeba četnosti očekávané. Je tedy potřeba nejprve získat hodnoty distribuční funkce pro dané třídy. Nelze opomenout, že distribuční funkce náhodné veličiny je definována na intervalu od 0 do 1, proto vždy poslední třída musí mít hodnotu distribuční funkce 1. V MS Excel je k tomu určená funkce „EXPON.DIST“. Odečítáním jednotlivých hodnot distribuční funkce vždy menší od větší získám pravděpodobnosti výskytu čerpání nafty v dané třídě. Součet těchto pravděpodobností musí být roven 1. Vynásobením těchto pravděpodobností a součtu všech četností získám očekávané četnosti. Tyto četnosti musí být větší nebo rovny 1.

Pakliže vychází očekávaná četnost v některé třídě menší než 1, je nutno tuto třídu sloučit s předchozí. Nyní lze spočítat testovací kritérium R, které bude porovnáno s hodnotou χ^2 . Výpočet tohoto kritéria zobrazuje vzorec [8]

$$R = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i^e - n_i^t)^2}{n_i^t}$$

[8]

R testovací kritérium

k počet tříd

i první třída

n_i^e skutečné četnosti

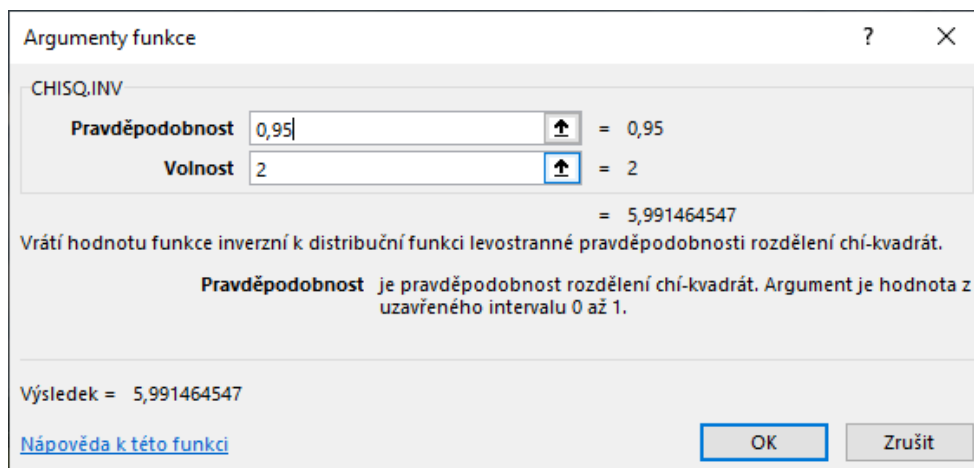
n_i^t očekávané četnosti

Tato hodnota kritéria se porovnává s hodnotou χ^2 testu při určité hladině úspěšnosti (zpravidla se používá hodnota 0,95) a k-r-1 stupni volnosti, přičemž k je počet tříd a r počet odhadnutých parametrů. Je-li testovací kritérium menší než hodnota χ^2 , nulovou hypotézu nezamítáme. Je-li však vyšší, nulovou hypotézu zamítneme. V MS Excel k tomuto účelu slouží funkce „CHI.INV“. V případě testování exponenciálního rozdělení vycházelo 8 předposledních tříd s nulovými četnostmi, proto byly tyto třídy sloučeny s poslední třídou a zůstaly tak pouze 4 třídy. Odhadnutý parametr byl jeden, a to parametr λ vyjádřený jako převrácená střední hodnota. χ^2 test byl tedy vypočítán při 2 stupních volnosti. Zde však byla hodnota testovacího kritéria mnohonásobně vyšší – 390,28 – než hodnota χ^2 , která činila 5,99. Nulová hypotéza tedy byla zamítnuta, a je zřejmé, že se data o čerpání nafty neřídí exponenciálním rozdělením pravděpodobnosti.

Třídy	Četnost	F(x)	pravděpodobnost	očekávané četnosti	hodnoty R	χ^2 test
672,50	748	0,85907	0,85907	821,26670	6,53626	
1345,00	40	0,98014	0,12107	115,74474	49,56827	
2017,50	40	0,99720	0,01706	16,31242	34,39720	
2690,00	31	1,00000	0,00280	2,67614	299,77522	
					390,27694	5,99146

Tab. 5 Tabulka se všemi parametry pro testování rozdělení pravděpodobnosti po sloučení posledních tříd včetně výsledku testu χ^2

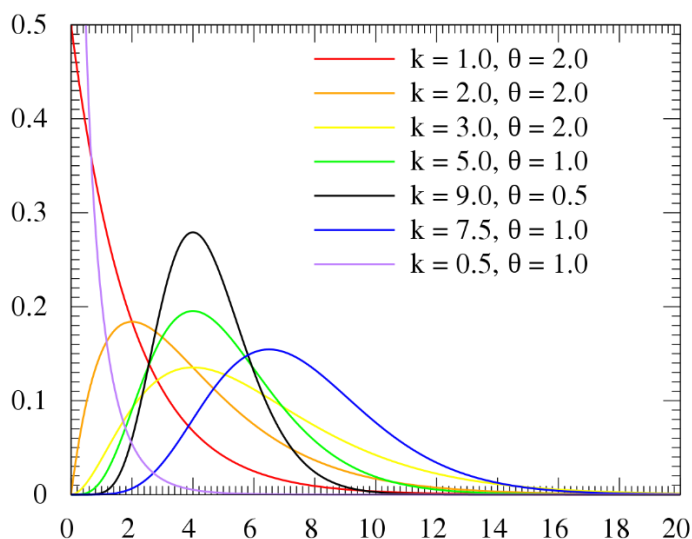
Tab. 5 výše již po sloučení 5. třídy se 4. třídou dává očekávané četnosti větší než 1, čímž je možno provést potřebný χ^2 test. V pravém předposledním sloupci se nachází jednotlivé hodnoty testovacího kritéria R vypočtené vzorcem [8]. Jejich součet je v červené buňce na posledním řádku. Zelená buňka obsahuje výsledek χ^2 testu popsaném v následujícím Obr. 9.



Obr. 9 χ^2 test dobré shody v MS Excel

Do řádku *Pravděpodobnost* byla zadána hladina úspěšnosti, standardně se užívá hodnota 0,95 nebo 0,99 na výsledek nemá výběr hodnoty výrazný vliv. Do řádku *Volnost* se dle pravidla $k-r-1$ dosadí stupně volnosti. K je počet tříd $- 4 - r$ je počet odhadnutých parametrů $- 1$, tedy ve výsledku 2 stupně volnosti. Jak z testu tedy vyplynulo a již bylo umíněno, hodnota χ^2 testu je mnohonásobně menší než testovací kritérium, a tudíž byla hypotéza předpokládající, že se řešená data řídí exponenciálním rozdělením definitivně zamítnuta.

Jedno z rozdělení pravděpodobnosti, které dále připadá v úvahu pro další testování na základě podobnosti histogramu dat a grafu hustoty pravděpodobnosti, je gama rozdělení pravděpodobnosti.



Obr. 10 Graf hustoty pravděpodobnosti gama rozdělení pravděpodobnosti

(Zdroj: (14))

Gama rozdělení pravděpodobnosti může být parametrizováno pomocí parametru $\alpha = k$ a parametru inverzní stupnice $\beta = 1/\theta$, nazývaného parametr rychlosti. gama rozdělení je pravostranně zešikmené spojité rozdělení. Obr. 10 zobrazuje podobu grafu hustoty gama

rozdělení na základě hodnoty těchto parametrů. Jednou z jeho výhod je, že na rozdíl např. od exponenciálního rozdělení je flexibilnější, protože má právě dva parametry α , β , které lépe „ohýbají“ hustotu. (13) Používá se v pojistné praxi pro určování modelu výšky individuálních škod či jako přibližný model kolektivního rizika. (13) V ekonometrii se používá při testování životnosti, u které čekací doba do poruchy je náhodná proměnná řídicí se tímto rozdělením. (14) Pro využití funkce „GAMMA.DIST“ v MS Excel, je třeba znát jeho parametry α a β . Jelikož hodnoty střední hodnoty ($E(X)$) a rozptylu ($D(X)$) jsou známy, lze tyto parametry vyjádřit z následující soustavy rovnic [9]:

$$E(X) = \frac{\alpha}{\beta}$$

$$D(X) = \frac{\alpha}{\beta^2}$$

[9]

$D(X)$	rozptyl
$E(X)$	střední hodnota
α, β	parametry rozdělení

Oba parametry α , β musí být větší než 0, což v tomto případě je splněno, ale jednalo se o desetinná čísla. Jelikož problém se skutečnými četnostmi v podobě nulových četností v nyní 16 třídách přetrvává, bylo i zde nutné sloučit tyto třídy s poslední třídou, čímž došlo k redukci na pouhé 4 třídy. Při použití funkce „GAMMA.DIST“ vychází hodnota distribuční funkce pro všechny třídy rovna jedné. Je to důsledek rozptýlení dat. Tímto je znemožněno použít χ^2 test a prokázat, že se data řídí tímto rozdělením pravděpodobnosti.

<i>Třídy</i>	<i>Četnost</i>	<i>F(x)</i>	<i>pravděpodobnost</i>	<i>očekávané četnosti</i>
672,50	748	1,00000	1,00000	956
1345,00	40	1,00000	0,00000	0
2017,50	40	1,00000	0,00000	0
2690,00	31	1,00000	0,00000	0

Tab. 6 Tabulka se všemi parametry pro otestování gama rozdělení χ^2 testem

Ze stejného důvodu jako u testování na exponenciální rozdělení pravděpodobnosti byly v Tab. 6 sjednoceny poslední dvě třídy četností na 4 třídy. Hodnota distribuční funkce vyšla pro všechny třídy 1 a tudíž pravděpodobnost čerpání nafty v první třídě (1-672,5 litru) vychází dle gama rozdělení 1. Z tohoto důvodu vyšly očekávané četnosti pro tuto třídu součet všech pravděpodobností 956, čímž χ^2 test ztrácí smysl a je jasné, že se data tímto rozdělením neřídí.

Třetí možností je spojitě beta rozdělení pravděpodobnosti, jehož hustota pravděpodobnosti se podobá řešenému histogramu dat. Beta rozdělení pravděpodobnosti

se používá k modelování chování náhodných proměnných omezených na intervaly konečné délky v celé řadě oborů. Toto rozdělení je definováno pouze v intervalu od 0 do 1, a vzhledem k faktu, jaké jsou markantní rozdíly mezi velikostí střední hodnoty a rozptylu je testování dat na toto rozdělení v podstatě zbytečné. (15) Přesto autor test provedl po konzultaci s odborníkem z oboru, jako poslední možnost. Nicméně i toto rozdělení pravděpodobnosti má dva parametry α , β větší než 0, které ovlivňují tvar křivky hustoty pravděpodobnosti, a které lze opět získat ze soustavy rovnic pro výpočet střední hodnoty ($E(X)$) a rozptylu ($D(X)$). Nicméně tato následující soustava rovnic [10] je poměrně složitá.

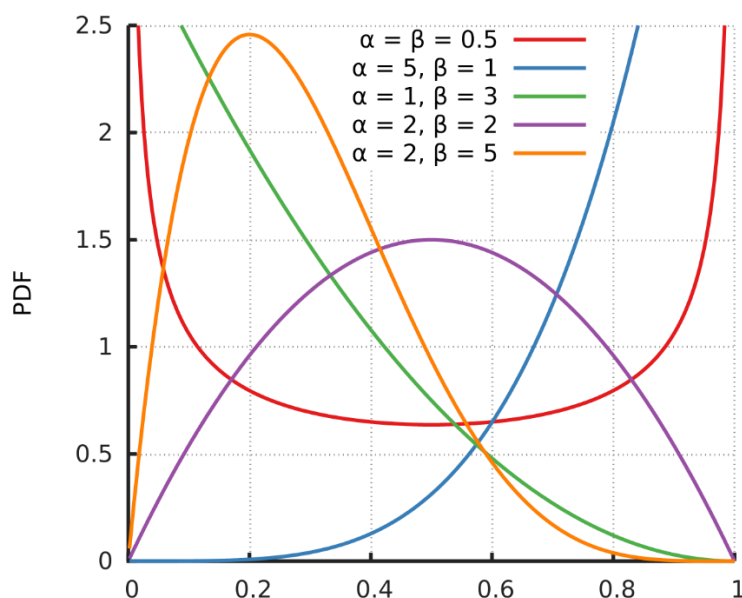
$$E(X) = \frac{\alpha}{(\alpha + \beta)}$$

$$D(X) = \frac{\alpha * \beta}{(\alpha + \beta)^2 * (\alpha + \beta + 1)}$$

[10]

$D(X)$	rozptyl
$E(X)$	střední hodnota
α, β	parametry rozdělení

Při řešení této soustavy rovnic vždy vycházel jeden z parametrů α , β záporný, což je v rozporu s definicí samotného rozdělení a potvrzuje že se jím data neřídí. Dáno je to také právě vysokým rozdílem mezi střední hodnotou ($E(X) = 343,21$ litrů) a rozptylem ($D(X) = 5837\ 721,48$ litrů) dat.



Obr. 11 Graf hustoty beta rozdělení pravděpodobnosti při různých hodnotách jeho parametrů (Zdroj: (15))

Na závěr k tomuto rozdělení patří ještě Obr. 11 zobrazující podobu grafu hustoty pravděpodobnosti tohoto rozdělení, přičemž nejvíce se histogramu dat čerpání nafty podobá

hustota znázorněná oranžovou barvou. Jak ale bylo zmíněno, toto rozdělení je definováno na intervalu mezi 0 a 1 a oba jeho parametry α , β musí být kladné a ani jedna z těchto podmínek není splněna.

4.1.5 Závěr k aplikaci modelů zásob

Jak tedy vyplývá z předchozích odstavců, data o čerpání motorové nafty za rok 2019 ve Středisku údržby Trutnov nemají žádné rozdělení pravděpodobnosti. Nelze tedy použít žádný ze stochastických modelů zásob. Deterministické modely taktéž nelze použít, neboť spotřeba není rovnoměrná ani v množství ani v čase. Vzhledem k vysokému rozptylu dat tedy nelze aktuální fungující systém vylepšit matematickou formou. V případě vyloučení odlehlých měření v podobě příliš nízkých odběrů a extrémně vysokému odběru v poslední třídě dat zůstává rozptyl dat stále vysoký. I po zopakování testu po odstranění těchto hodnot, vytvoření nového histogramu a provedení χ^2 testů na stejná rozdělení pravděpodobnosti, zůstává výsledek stejný – data nemají rozdělení pravděpodobnosti stále z důvodu vysokého rozptylu dat.

Dále by tu existovala možnost rozdělení dat, kdy ta převažující část menších měření by byla oddělena od té s většími odběry. Došlo by ke zmenšení rozdílu mezi středními hodnotami a rozptyly. Pak by mohla nastat situace, kde každá část může mít jiné rozdělení pravděpodobnosti, či jedna z nich nemusí mít žádné rozdělení, či může přetrvat stávající stav bez rozdělení pravděpodobnosti spotřeby (čerpání) motorové nafty. Matematicky by to tedy bylo příliš komplikované s nejistým výsledkem. Tato možnost však stále naráží na vysoký rozptyl dat, který přetrvává. Jinými slovy, při stávající podobě odběrů motorové nafty s různými čerpanými odběry pro různé typy vozidel v takto různých časech, nebude nikdy možné zjistit rozdělení pravděpodobnosti těchto dat, protože budou mít tato data vysoký rozptyl i rozdíl mezi tímto rozptylem a střední hodnotou dat. Z těchto důvodů by nepomohlo ani otestování těchto dat v menším časovém intervalu – například měsíci místo roku. Zmenší se sice počet měření, ale odběry nafty budou nadále v různých množstvích s vysokým rozptylem.

Ještě na závěr nutno podotknout, že autor pro testování nepoužil všechny typy spotřeby z dat, ale pouze spotřeby typu „prodej motorové nafty“, „prodej motorové nafty ČD Cargo“ a „spotřeba trakční nafty“ tvořící téměř absolutní většinu spotřeby. „Výdej netrakční nafty“, „výdej ostatní“ a „výdej k provozní zakázce“, které byly minoritní počtem i množstvím čerpané motorové nafty, autor pro testování vynechal. Pakliže by tato čerpání autor také použil do celého testu, došlo by k navýšení celkového počtu čerpání, pozměnila by se hodnota středního hodnoty $E(X)$ i rozptylu $D(X)$, změnil by se počet a velikost tříd, ale výsledek

by nebyl ovlivněn – rozdělení pravděpodobnosti by data stále neměla kvůli stále vysokému rozptylu dat.

4.2 Analytické návrhy úprav stávajícího systému zásoby nafty

Stávající systém funguje na principech objednávky, kdy mají dopravci přidělenou kapacitu na užití zařízení služeb, přičemž se bere v úvahu průměrná spotřeba. Přednost v čerpání mají tedy dopravci, kteří mají řádně přidělenou kapacitu v rámci celoročního grafikonu vlakové dopravy před dopravci objedávající si kapacitu na zařízení služeb adhoc. V evropské legislativě (7) je již zakořeněno, že v rámci usnadnění i eliminace diskriminace dopravců má být dopravcům umožněno on-line sledování kapacity zařízení služeb.

4.2.1 Sledování stavu hladiny zásoby motorové nafty klesající se spotřebou

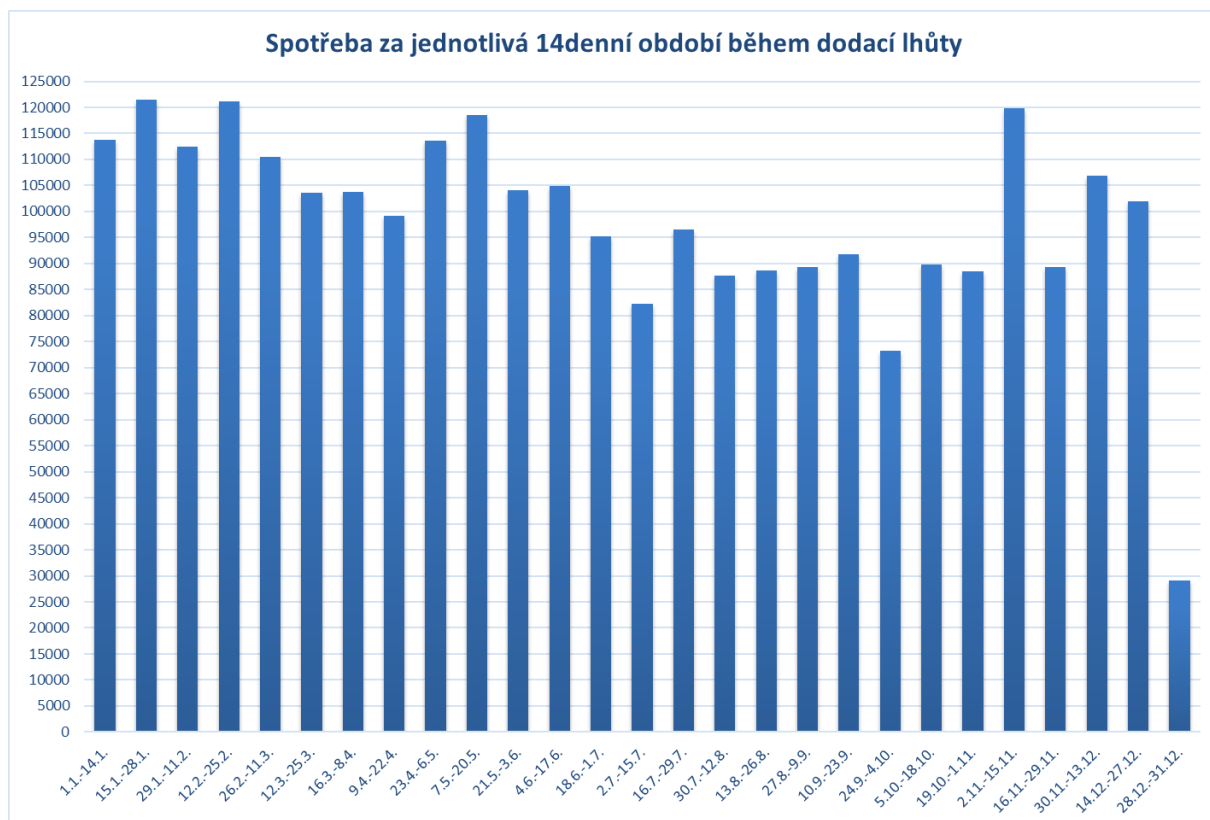
Dodací lhůta je tedy 14 dní. Kapacita nádrže je 607 000 litrů, ale není celá využívána z ekonomických důvodů. Prvním hlavním důvodem je typ nafty. Přes zimní období se používá zimní nafta, která vydrží i při nižších teplotách, přes léto letní nafta a v období podzimu a jara takzvaná přechodná nafta. Dále je tu také možná postupná degradace nafty a pochopitelně i peněžní vázanost v zásobě. Proto vzal autor v potaz, že je využita pouze část této kapacity. Dodávka probíhala vždy jedním až dvěma cisternovými vozy. V podstatě stávající systém funguje tak, že v pravidelném intervalu přibližně 6 až 14 dnů je dodávána dodávka o objemu mezi 60 až 70 tisíci litrů nafty pravděpodobně i 2 cisternovými vozy. V některých částech roku byl objednaný objem i menší. Dodávek bylo v roce 2019 celkem 39. Při délce dodací lhůty a délce období mezi dodáním zásoby, musela být další dodávka objednána vždy dříve, než dorazila již objednaná dodávka. Zároveň autor připustil, že délka dodací lhůty je maximální a zásoba nafty byla dodávána i dříve, než je délka této dodací lhůty, což plyne i z frekvence reálných dodávek. Výhodou je, že na základě dat spotřeby za rok 2019 vyplývá, že motorová nafta prakticky nemohla dojít – objem v nádrži se stále držel v množství minimálně pěticiferného čísla. Co se týče přechodu mezi zimní a letní naftou, k tomu došlo na přelomu března/dubna a září/října, kdy následující dodávka obsahovala již jiný typ nafty a došlo ke smíchání obou druhů nafty v nádrži. Toto vyplývá jak z těchto dat čerpání, tak i výsledného grafu nacházejícího se v příloze A. Zároveň autor získal tuto informaci potvrzenou přímo od strojníka Střediska údržby Trutnov. Byť je tento stávající systém funkční a poměrně jednoduchý, je docela neekonomický, vzhledem k uloženému množství zásoby a mícháním motorové nafty různého typu a stáří. Zároveň lze říci, že tato vyšší zásoba nafty počítá s tímto přebytkem jako s pojistnou zásobou pro případ nenadálého výkyvu v podobě výpadku dodávek motorové nafty, či vyššímu zájmu o čerpání v důsledku výpadku jiného nejbližšího zařízení

služeb pro čerpání motorové nafty na vlečce vlastněné ČD. (například Hradec Králové či Liberec) Další, byť drobná věc je naskladnění nafty z odzbrojeného vozidla jdoucího na opravu, které proběhlo za rok 2019 dvakrát, kdy se tu vyskytuje jisté riziko plynoucí z nejistoty stavu této nafty v nádrži vozidla, vzhledem k možnému znečištění zásoby nečistotami z nádrže vozidla. Doba spotřeby, jak bylo řečeno, zde byla mezi 6 až 14 dny, což znamená, že při dotaci lhůtě 14 dní byla zásoba objednáвана i ve chvíli, kdy hladina zásoby v nádrži byla více než dostatečná. Lze i uvažovat o faktu, že mohl být odstaven cisternový vůz se zásobou motorové nafty na vlečce depa či ve stanici a zásoba této motorové nafty z něj byla naskladněna do nádrže později. Výsledný graf tohoto reálného stavu spotřeby a naskladňování s detailnějším rozbohem se nachází, jak bylo zmíněno, v *příloze A*. Do tohoto grafu autor použil oproti modelu zásob všechny typy čerpání, které za celý rok proběhly a oba případy odzbrojení vozidel před opravou. Počáteční stav zásoby nebyl autorovi znám, proto určil za počáteční stav 120 000 litrů, což jsou dva cisternové vozy Zaes 51. (18)

Jako první autor stavěl sledování zásoby motorové nafty na základě vlastních velikostí dodávek, naskladněných v čase poslední den před záporným stavem zásoby – tedy zpětně pozorování a určování času naskladnění na základě dat čerpání. Předpoklad byl opět počáteční stav 120 000 litrů. Dodávka byla realizována jedním vozem typu Zaes 51 s objemem 60 000 litrů (18) vždy na konci předchozího dne, před dnem, ve kterém by již došlo k vyčerpání zásoby. Výsledkem je zkrácení dodávkového cyklu na 6 až 10 dní, snížení maximální hladiny zásoby a zároveň držení přibližně stejné hladiny zásoby v průběhu roku. Dodávek bylo nutno mít v tomto případě 43 oproti 39 z grafu s reálnými dodávkami z dat. Jak je řečeno na začátku odstavce, jedná se o graf vytvořený zpětně ze známých dat, tudíž je tomu uzpůsoben čas dodávky, čímž se hladina stavu zásoby nafty před každou dodávkou liší. Ta totiž závisí na počtu čerpání za den, kdy při větším počtu čerpání/většimu čerpanému množství mohla hladina zásoby klesnout pod 0 i při větším množství hladiny zásoby začátkem dne, a naopak mohla být hladina zásoby na konci předchozího dne před dodávkou nízká. Tato varianta je ale výhodnější při výměně typu motorové nafty, protože v předchozím případě došlo ke smíchání téměř stejného množství objemu hladiny zásoby s téměř stejným objemem dodávky nové nafty, což může způsobit i nesprávné teplotní chování této směsi dvou i více typů nafty. Tento případ lze brát jako variantu s pojistnou zásobou motorové nafty 0, čímž hrozí riziko, že při nečekaném nárůstu spotřeby zásoba dojde. Z grafu nelze určit vhodný čas/hladinu objednání další zásilky, protože spotřeba je nepravidelná a období mezi dodávkami je často kratší než dodací lhůta. Graf popisující tuto verzi se nachází v *příloze B* včetně podrobného popisu.

Třetí varianta počítala s nastavením konkrétní hladiny pojistné zásoby – naskladněním vždy 60 000 litrů při hladině zásoby 10 000 litrů motorové nafty jakožto šestiny dodávky. Počáteční stav hladiny zásoby nafty byl opět zanechán 120 000 litrů. Dodávky byly v tomto případě nastaveny tak, že v momentě blížícího se stavu hladiny zásoby k 10 000 litrů byla hned k následující hladině zásoby pod tímto limitem uskutečněna ona 60 000 litrová dodávka. Dodávek bylo za těchto podmínek stejně jako u předchozího grafu – 43. Graf vypadá podobně jako předchozí graf, avšak se snížením rizika úplného vyčerpání zásoby v případě zvýšení počtu čerpání. Doba mezi dodávkami se mírně zkrátila do rozmezí 6 až 9 dní. Výměna typu nafty je zde taktéž možná opět následující libovolnou dodávkou s tím rozdílem, že zde dojde ke smíchání většího objemu předchozího typu nafty s novým typem. I v tomto případě se tedy jedná o graf vytvořený zpětně ze známých dat a nelze u něj jasně určit vhodný čas/hladinu objednání vzhledem ke 14denní dodací lhůtě. Tento graf se nachází v *příloze C*.

Z předchozích grafů vyplývá několik informací. Nelze určit přesnou hladinu nebo čas objednání další zásilky, období mezi dodávkami jsou kratší než dodací lhůty a je nutné další dodávky objednávat dříve, než je dodána následující již objednaná dodávka zásoby motorové nafty. Další informace vyplývající z předchozích grafů je, že je lepší mít určitý pojistný objem zásoby nafty, který může vykrýt nenadálý nárůst spotřeby během čekání na následující dodávku, který tak eliminuje odloženou spotřebu – tedy že by došla motorová nafta v nádrži. S pojistnou zásobou autor samozřejmě i nadále počítal. Důležitější ale napřed bylo určit nějakou vhodnou hladinu objednání další dodávky zásoby motorové nafty. Při dodací lhůtě 14 dní, se autor rozhodl určit průměrnou spotřebu během 14 dnů. I přesto, že v reálném stavu byla dodávána nafta v kratších frekvenci, bylo nutno se na věc dívat pesimisticky a brát v potaz maximální délku této dodací lhůty vyhrazenou dopravcem. Proto autor data čerpání rozdělil na 27 období po 14 dnech a určil celkovou spotřebu za každá tato období, s tím, že poslední období bylo kratší. Následující Obr. 12 obsahuje spotřebu za jednotlivá období.



Obr. 12 Graf spotřeby motorové nafty v každém z 27 čtrnáctidenních období

Poslední období na obrázku u konce prosince je pochopitelně krátké – jedná se o zbývající dny z roku 2019, které budou spadat do 14denního období následujícího roku, ze kterého již autor data nemá. Na svislé ose jsou hodnoty v litrech, na vodorovné ose jednotlivá období. Z grafu vyplývá, že se spotřeba snižovala od letního období až ke konci podzimu a začala se zvyšovat na začátku zimy. To lze interpretovat tak, že pochopitelně v zimě mají vozidla bez přídavného vytápění vozu vyšší spotřebu pro napájení topných zařízení vozidel bez přídavného topení spotřebovávajícího extralehké topné oleje. V následující tabulce jsou konkrétní hodnoty této spotřeby.

období	spotřeba litrů za období
1.1.-14.1.	113 708,36
15.1.-28.1.	121 403,81
29.1.-11.2.	112 461,33
12.2.-25.2.	121 129,00
26.2.-11.3.	110 421,32
12.3.-25.3.	103 533,45
16.3.-8.4.	103 763,10
9.4.-22.4.	99 227,94
23.4.-6.5.	113 568,07
7.5.-20.5.	118 529,03
21.5.-3.6.	104 033,85
4.6.-17.6.	104 925,13
18.6.-1.7.	95 290,00
2.7.-15.7.	82 201,85
16.7.-29.7.	96 524,47
30.7.-12.8.	87 611,38
13.8.-26.8.	88 579,59
27.8.-9.9.	89 255,19
10.9.-23.9.	91 792,89
24.9.-4.10.	73 241,91
5.10.-18.10.	89 866,17
19.10.-1.11.	88 459,60
2.11.-15.11.	119 774,88
16.11.-29.11.	89 363,03
30.11.-13.12.	106 900,36
14.12.-27.12.	101 926,94
28.12.-31.12.	29 171,69
průměr	101 057,41

Tab. 7 Spotřeba nafty za jednotlivá 14denní období roku 2019 tabulkově

V tabulce 7 jsou konkrétní hodnoty spotřeby za všechna 14denní období. V zeleném řádku se nachází hledaná průměrná spotřeba během 14denního období během dodací lhůty. Do výpočtu tohoto řádku nebyla zahrnuta spotřeba posledního neúplného období, neboť by značně zkreslila výsledek. Tato průměrná hodnota 101 057 litrů může být považována za hladinu objednání. V momentě, kdy tedy hladina zásoby dosáhne této hodnoty, by na základě 14denní dodací lhůty bylo vhodné objednat další dodávku zásoby motorové nafty. Na základě tohoto autor vytvořil graf reálné spotřeby, kdy opět počáteční stav hladiny zásoby byl 120 000 litrů, velikost dodávek byl 60 000 litrů a tyto dodávky byly naskladněny vždy po 14 dnech. První dodávka tedy byla objednána při hladině onoho průměru 101 057 litrů. Nicméně z logiky věci je zřejmé, že velikost dodávky je velice nízká, neboť před naskladněním první dodávky je téměř vyčerpána celá zásoba v nádrži a samotná velikost dodávky nestačí.

Toto znamená klesající graf a záporné hodnoty zásoby, které se stále i přes pravidelné dodávky akorát prohlubují. Autor proto musel upravit konfiguraci – počáteční hladina zůstává stejná, ale velikost dodávky autor změnil na dvojnásobek, tedy 120 000 litrů (dva cisternové vozy Zaes 51) (18) každých 14 dní s datem objednání okolo hladiny oné průměrné čtrnáctidenní spotřeby 101 057 litrů. Za těchto podmínek již graf funguje lépe, ale stále tu vznikají záporné hodnoty stavu hladiny zásoby v nádrži v řádu několika málo dní před uskutečněním dodávky, tedy odložená spotřeba, která v praxi nesmí nastat. Autor samozřejmě nezapomněl, že na rozdíl od předchozích grafů s pouze kladnými hodnotami, v případě nastalé odložené spotřeby nepřičítá k záporné hodnotě hladiny zásoby objem dodávky, ale od momentu naskladnění této dodávky znovu odečítá od plného objemu dodávky. Možnost výměny typu nafty zůstává jako u předchozích grafů s každou následující dodávkou při míchání relativně malého množství nafty v nádrži s velkým množstvím nafty v následující dodávce. Objem zásoby v nádrži se pohybuje tedy cca mezi necelými 120 000 litrů nafty až zhruba 140 000 litry nafty v závislosti na době čerpání od naskladnění dodávky do nádrže. Každá dodávka je naskladněna onen 14. den vždy před prvním čerpáním. Dodávek celkem bylo 21, což je polovina počtu dodávek z reálného stavu. Vzhledem k vzniklé odložené spotřebě, kdy byla nádrž v této variantě vyčerpána, zde vyplývá akutní potřeba ponechání pojistné zásoby v nádrži. Tento graf se nachází v příloze D.

Poslední varianta sledování stavu zásoby, kterou autor práce vyzkoušel, vyplývá z předchozí varianty. Počáteční stav i velikost dodávky zůstaly 120 000 litrů. Nicméně hladina objednání nebyla zohledňována a další objednávka byla objednána hned po naskladnění předchozí dodávky. Ve výsledku hladina zásoby neklesla pod třicifernou hodnotu objemu. Toto bylo na samém počátku po prvních 3 dodávkách – dodávek bylo celkem 26. Postupně s jednotlivými různými zůstatky z předchozí dodávky objemu v nádrži s každou další dodávkou hladina zásoby narůstala, až na konci roku došlo k překročení maximálního objemu kapacity nádrže 607 000 litrů o necelých 5000 litrů motorové nafty. Tato varianta by se dala brát jako horní extrém, kdy je dodáván vyšší objem vedoucí k nechtěnému nadbytečnému objemu zásoby. Zároveň tato varianta poukazuje na fakt, že volit stejný objem dodávky není úplně vhodné řešení, jak je vidno z grafu v příloze E. Proto je vhodnější reálná varianta, kde objem jednotlivých dodávek je pokaždé jiný.

4.2.2 Shrnutí, závěr a doporučení ke sledování hladiny zásoby nafty čerpacího zařízení Střediska údržby Trutnov

V prvním případě autor zkoumal reálný stav fungování čerpacího zařízení služeb s reálnými hodnotami objemu dodávek zásoby a reálnými časy jejich naskladnění. Tento systém je samozřejmě skutečně funkční, nedocházelo v něm k odložené spotřebě a objem zásoby se držel v poměrně vysokých hodnotách. Nicméně snahou autora bylo vyzkoušet jiné možnosti velikosti a času jednotlivých dodávek, tak aby objem zásoby nebyl příliš vysoký vzhledem k ekonomické stránce věci a také kvůli možnosti obměny typu motorové nafty. Protože nebylo možno aplikovat žádný z modelů zásob kvůli nemožnosti nalezení matematické shody dat spotřeby s danými modely a rozděleními pravděpodobnosti, musel autor přistoupit k analytickým simulacím. Ve všech variantách byla počáteční hodnota nastavená na stejnou hodnotu včetně té reálné (zde autor počáteční stav neznal) a jednotlivé dodávky byly přizpůsobené velikosti objemu reálného vozu. Zpětné úvahy s určením času dodávky stejného objemu přizpůsobené, aby nedošlo k snížení objemu hladiny pod určitou mez ukázaly jednak nutnost držet určitý pojistný objem zásoby a zároveň, že tento systém nemusí být zcela funkční, protože dodávky byly přizpůsobeny zpětně reálné spotřebě a nepočítají s budoucím vývojem této spotřeby, která je z části nepředvídatelná (ad hoc odběry). Zároveň délky období neodpovídaly délce dodací lhůty, i když mohla být zásoba dodána dříve, než je délka této lhůty, je nutno počítat s její maximální délkou. Tyto varianty s uzpůsobenými dodávkami zpětně ke známé spotřebě sloužily jako jakási ilustrace možností. Pro určení objednání dodávky bylo třeba znát čas objednání a hladinu objednání. Čas objednání v podstatě nešlo určit kvůli nepravidelnosti ve spotřebě, proto autor vyzkoušel určit a využít hladinu objednání. Jako hladina objednání byla autorem určena hladina objemu 101 057 litrů jakožto průměrná spotřeba za jednotlivá období dodací lhůty 14 dní. Tato hodnota hladiny objednání znamenala zvýšit velikost dodávky, tak aby měla vůbec smysl. Zde se však ukázalo, i když je tato hodnota vytvořena logicky z reálných dat, že tato hodnota není optimální, protože by zde stejně docházelo k odložené spotřebě, která nesmí nastat. Jinou a lepší hodnotu víceméně nelze určit, neboť se spotřeba nechová podle žádného rozdělení pravděpodobnosti a ani není rovnoměrná. Poslední varianta ukázala, že bude-li dodáváno pravidelně stejný objem každých 14 dní dodací lhůty vždy s objednáním další dodávky v momentě naskladnění té stávající, postupně bude docházet k nárůstu objemu v nádrži až k jejímu naplnění a neekonomickému vysokému přebytku. Z tohoto plyne doporučení autora, v momentě naskladnění dodávky zkontrolovat aktuální objem a na základě jeho velikosti upravit velikost následující objednávky. Zároveň

je nutné sledovat právě spotřebu z předchozích let a na základě této spotřeby predikovat možný následující vývoj. V neposlední řadě je třeba udržovat v nádrži určité množství pojistné zásoby objemu nafty pro případné výkyvy. Velikost objemu této pojistné zásoby taktéž nelze jasně určit, protože část spotřeby – veškeré adhoc – jsou čerpání vyšších objemů v nákladní dopravě převážně ČD Cargo. Souběžně lze tedy část spotřeby lze předvídat právě z plánu čerpání v rámci celoročního Grafikonu vlakové dopravy, kde naopak dopravci v osobní dopravě čerpají pravidelně. Důležité je, aby pověřeni zaměstnanci také hlídali intenzitu čerpání vyšších objemů převyšujících například 1000 litrů, a sejde-li se jich více zpozornět a přizpůsobit tomu následující objednávku. V poslední řadě by bylo vhodné požadovat po dopravcích předem požadované objemy alespoň přibližném rozmezí, v případě že by tyto objemy byly známy 14 dní dopředu, lze tomu uzpůsobit následnou objednávku. Na závěr lze říci, že stávající systém, byť nemusí být úplně dokonalý, je momentálně pro Středisko údržby Trutnov to nejvhodnější, co může být. Matematika v podobě modelů zásob zde nejde aplikovat (autor konzultoval možnosti i s odborníky), analytická simulace zde ukazuje chování spotřeby při různých prvotních konfiguracích, ale také nedává jednoznačné vhodnější řešení.

4.2.3 Obecná doporučení pro další čerpací zařízení služeb ČD

V první řadě bylo nutné zmínit, že každé čerpací zařízení služeb leží v jiné části železniční sítě SŽ, nachází se na různých typech drah a je tam různá intenzita železniční dopravy, ať už celkový provoz, či různá vyváženost nákladní nebo osobní dopravy. Jak již bylo řešeno, osobní doprava čerpá motorovou naftu zpravidla pravidelně spíše v menších objemech a většinou již v rámci plánu zaneseném celoročním Grafikonu vlakové dopravy. Vozidla dopravců v osobní dopravě pak nejčastěji čerpají ve svých domovských stanicích na přilehlých zařízeních služeb a pohybují se na pravidelných výkonech. Vozidla nákladních dopravců často jezdí nepravidelné, či dlouhé výkony s častými zastávkami v důsledku upřednostňování osobní dopravy, proto čerpají naftu mnohdy nepravidelně adhoc na nejbližších čerpacích zařízeních služeb. Čerpací zařízení služeb na vlečkách ve velkých stanicích a uzlech, jako například Brno-Maloměřice, Hradec Králové či právě Trutnov, jak ostatně ukázala i analýza, nejsou zpravidla ohroženy – počítá se zde s větším počtem žádostí o zbrojení vozidel naftou, a tudíž jsou na to tato zařízení služeb připravena včetně pojistné zásoby objemu motorové nafty. Potom je tu spousta menších stanic, hůře přístupných stanic na regionálních drahách (například Lipová Lázně), kde může v případě většího počtu čerpání adhoc nákladními dopravci motorová nafta dojít. V případě těchto „ohrožených“ vleček s čerpacím zařízením služeb v malých stanicích je tedy důležité hlídat stav hladiny objemu zásoby v případě jejich skokových poklesů čerpáním

nenadálého většího počtu vozidel, či většího množství objemu a přizpůsobit velikost následující objednávky. Je také zřejmé, že dodací lhůta se může pro jednotlivé vlečky a stanice lišit a je-li v některé z těchto stanic kratší, bude moci pružněji reagovat na změnu poptávky. Vhodné by bylo tato „ohrožená“ čerpací zařízení sledovat i na dálku čidlem v dané zásobní nádrži například z okolních větších stanic, odkud by v případě nouze mohly část své zásoby odčerpat do cisternového vozu a přepravit do dané postižené stanice. Dále by bylo třeba i u těchto malých stanic s čerpacím zařízením zjistit, zda se nenadálá odložená spotřeba dá zajistit odjinud mimo železniční dopravu – například možnost odkoupit nějaký objem motorové nafty buď od dodavatele v oblasti silniční dopravy, či přímo z nějaké čerpací stanice. V případě silniční dopravy je nutné podotknout, že dodací lhůty jsou u silniční dopravy výrazně kratší než v železniční dopravě, a tudíž je ze strany silniční dopravy možnost přepravy o dost pružnější. Tak jako u čerpacího zařízení v Trutnově, i pro ostatní čerpací zařízení na vlečkách ČD autor doporučuje v k předvídání využívat data a statistiky čerpání na daných zařízeních za minulé roky a měsíce, pokud ovšem nedojde ke zkreslení těchto dat jako v případě roku 2020 zasaženého celosvětovou pandemií mající za následek snížení intenzity provozu železniční dopravy. Stále platí, že je to vše individuální pro jednotlivá čerpací zařízení ČD vzhledem k jejich geografickém umístění, či jejich umístění na drahách s odlišnou intenzitou provozu.

4.3 Využití Teorie hromadné obsluhy na kapacitu zařízení služeb

Pod stochastické metody operačního výzkumu spadají kromě modelů zásob také modely Teorie hromadné obsluhy. Jelikož aplikace modelů zásob na optimalizaci zásoby nafty v prakticky nejdůležitějším zařízení služeb Střediska údržby Trutnov nešlo využít, zabýval se autor možností využití Teorie hromadné obsluhy na optimalizaci provozu tohoto zařízení služeb.

4.3.1 Obecný úvod do Teorie hromadné obsluhy

Zákazníci čekající ve frontě v obchodě u pokladny, vlaky přijíždějící na vjezdovou skupinu seřadovacího nádraží, automobily hromadící se na čerpací stanici a tankovacího stojanu – to vše má společné toto: zákazníci ve frontě čekající na obsluhu obslužným zařízením. Toto jsou systémy hromadné obsluhy. Na jedné straně jsou tedy zákazníci, kteří ztrácejí čas, který lze využít jinak. Zákazník by tedy nejraději byl obsloužen bez fronty a ihned. Aby toto bylo možné, bylo by nutné vytvořit tolik obslužných míst, kolik může přijít zákazníků. A zde se setkáváme s tou druhou stranou, a tou je ekonomicky efektivní obsluha, kdy neúměrně vysoký počet obslužných míst znamená nárůst provozních nákladů, ale také počtu potřebného personálu, který na trhu není. Tedy cílem systémů hromadné obsluhy je obsloužit, pokud možno

všechny zákazníky za úměrných nákladů na obsluhu a vybudování tohoto zařízení. Teorie hromadné obsluhy nám tedy nedá jediné správné řešení, ale poskytne nám v podstatě analýzu funkce tohoto systému a jeho chování při určitých změnách – na základě příchodu zákazníků, řízeného náhodným rozdělením pravděpodobnosti, lze určit optimální počet míst obsluhy a zároveň znát náklady na jeho provoz, určit pravděpodobnosti příchodů určitého počtu zákazníků, pravděpodobnosti odmítnutí zákazníků, na základě znalosti střední doby obsluhy zákazníka i dobu čekání ve frontě a jiné. Lze tedy na základě teoretických výpočtů navrhnout systém obsluhy atraktivní pro zákazníka co se doby čekání týče a zároveň udržet náklady na jeho obsluhu v rozumné míře a až na základě toho systém vybudovat. Je třeba tedy znát informace o příchodech zákazníků, informace o době obsluhy, informace o počtu obslužných míst (linek) a informace o zákaznících, kteří mohou být ihned obslouženi. Zákazníci mohou přicházet v pravidelných intervalech, nebo náhodně, čímž tvoří náhodný proces. Informace o době obsluhy musí obsahovat počet obslužných linek, dobu obsluhy, která může být stejná u všech zákazníků, či se lišit na základě druhu zákazníka. Do informací o počtu obslužných linek spadá, zda každá linka poskytuje stejnou obsluhu nebo zákazník prochází více linek po sobě a každá u nich poskytuje jinou službu, či zda je na 1 lince obsloužen pouze jeden zákazník nebo skupina zákazníků, a také zda jednotlivé linky fungují nezávisle na sobě. Informace o zákaznících, kteří mohou být obslouženi spočívají v tom, zda zákazník po svém příchodu je ihned obsloužen, nebo se postaví do fronty. (10)

Máme tedy systémy bez front, kdy je buď zákazník obsloužen, nebo odmítnut. Toto je systém *se ztrátami*. Systémy s frontami se dělí podle více kritérií. Systémy s řádnou frontou FIFO – First in First out, tedy kdo první přijde, je obsloužen jako první, nebo inverzní režim LIFO – Last in First out, jako poslední přijde a je obsloužen první (tohoto se využívá u zásob, kdy poslední naskladněný materiál jde do výroby první). Je tu i systém PRI – Priority, kde jsou zákazníci obslouženi dle priority (dispečer na záchranné stanici upřednostní urgentnější hovor) a systém SIRO – Service in Random Order, kde jsou zákazníci vybíráni k obsluze v náhodném pořadí, tento systém neříká nic o procesu náhodného výběru. Nicméně tyto frontové režimy neovlivní celkovou charakteristiku celého systému. Co se týče délky front, jsou systémy s nekonečnou frontou, kdy může být ve frontě neomezený počet zákazníků, nebo systém s konečnou frontou, kdy je zákazník překračující počet míst ve frontě odmítnut, například kadeřnictví s čekárnou. Speciální variantou je uzavřený systém s pevným počtem linek obsluhy, protože je zde známý pevný počet zákazníků kolujících v tomto systému, například pevný počet zaměstnanců v kanceláři, kteří využívají stejnou kopírku ke kopírování dokumentů. Byť mají jednotlivé systémy na základě délky fronty odlišnosti, lze získat

výpočtem jednotlivé stejné charakteristiky modelu důležité k realizaci systému. Případy zákazníků jsou řízeny Poissonovým procesem s parametrem λ . *Poissonův proces* je každý náhodný proces, který je *stacionární, ordinální* s nezávislými přírůstky. Tento proces pracuje s exponenciálním rozdělením pravděpodobnosti. Z toho tedy vyplývá, že doba obsluhy se řídí exponenciálním rozdělením pravděpodobnosti s parametrem μ . Stacionárním procesem se rozumí proces, kdy není důležitá délka časového měřeného intervalu na času jeho měření pro vznik určitého počtu náhodných událostí. V podstatě to lze popsat na sledování průjezdu vozidel na libovolné křižovatce: v případě, že by permanentně celých 24 hodin projíždělo touto křižovatkou stejné množství vozidel nezávisle na denní době, jednalo by se o stacionární proces. Ordinální proces je ten, u kterého nenastane více událostí současně. Na základě všech těchto znalostí základních parametrů lze vypočítat pravděpodobnost, že je systém prázdný bez zákazníka, dále jednotlivé pravděpodobnosti pro jednotlivé počty zákazníků v systému, pravděpodobnost čekání na obsluhu, střední počty zákazníků ve frontě, střední počet obsazených linek, pravděpodobnost odmítnutí zákazníka a jiné. Shrnutí, pomocí Teorie hromadné obsluhy lze navrhnout fungující systém hromadné obsluhy, kompromisní pro obě strany a na základě toho tento systém vybudovat. (10)

4.3.2 Aplikace Teorie hromadné obsluhy na zařízení služeb Střediska údržby Trutnov

Nyní nastává chvíle popsat zařízení služeb pro čerpání motorové nafty Střediska údržby Trutnov jako systém hromadné obsluhy. Jsou tu tedy 2 výdejní stojany, které mohou sloužit současně každý pro jedno vozidlo. Jedná se tedy o 2 linky obsluhy, pracující nezávisle a souběžně. Každá z těchto linek poskytuje stejnou službu – čerpání motorové nafty do nádrží drážních vozidel motorové trakce. Obě tato zařízení čerpají ze stejného zdroje zásob. První problém nastává u těchto linek obsluhy, protože každá má jinou dobu obsluhy, danou rozdílnými kapacitami čerpání 40/60 litrů za minutu u jednoho z nich a 120 litrů za minutu u druhého. Byť obě linky pracují souběžně a nezávisle, každá z nich bude mít jinou střední dobu obsluhy, což vyvolává potřebu navrhnout dva systémy, protože standardně pracuje teorie hromadné obsluhy s rovnocennými linkami obsluhy. Střední doba obsluhy lze odvodit na základě známého průměru hodnot čerpání nafty a kapacity jednotlivých stojanů. Je-li tedy střední hodnota čerpání za celý rok 343 litrů, pak střední doba obsluhy u méně kapacitnějšího stojanu je cca 8,6 /5,7 minuty a necelé 3 minuty u stojanu s vyšší kapacitou průtoku.

Dále jsou na řadě příchody zákazníků (příjezdy vozidel) do systému. Z dat o čerpání je zřejmé, že příchody jsou nepravidelné a v různé dny je různý počet příjezdů vozidel,

nezávisle na části roku. Zároveň lze říci, že příchody zákazníků nebyly v kolizi – nedocházelo k čekání vozidel ve frontě ani hromadění vozidel ve stanici, ve většině případů se vozidla ani nepotkala, a v případě že došlo k čerpání dvou vozidel v krátkém časovém intervalu, bylo využito obou obslužných linek. Zde pak může dojít ke kolizi požadavků zákazníků, kteří by chtěli oba využít kapacitnější stojan. Z dat je ale zřejmé, že k tomu nedošlo, neboť nadpoloviční většina všech požadavků byla zanesena v jízdním řádu/ grafikonu vlakové dopravy a pouze menší část byla adhoc, přičemž i adhoc požadavky mají také již v kapitole 1.2 zmiňovaný předstih v čase. Z dat je také zřejmé, že příjezdy vozidel nejsou pravidelné a netvoří Poissonův proces, jelikož je většina požadavků v jízdním řádu. Příjezdy vozidel tedy neřídí náhoda, byť to třeba úplně nelze říci o adhoc požadavcích. Doba obsluhy je závislá na čerpaném množství, které se neřídí žádným rozdělením pravděpodobnosti kvůli vysokému rozptylu naměřených dat, a tudíž je zřejmé, že ani doba obsluhy se neřídí žádným rozdělením pravděpodobnosti. Z tohoto tedy vyplývá, že Teorii hromadné obsluhy nelze aplikovat na tento případ zařízení služeb a ze stejných důvodů i na jiné zařízení služeb na této vlečce.

Celou tuto situaci na všech vlečkách a zařízení služeb ČD nicméně řeší Prohlášení o dráze ČD. Je logické, že nelze stávající fungující systémy přestavovat a přidávat další linky obsluhy, už jenom kvůli finanční náročnosti stavby, dále kvůli možným nedostatečným prostorovým podmínkám a také riziku, že by se samotný systém v horizontu několika let mohl stát nad kapacitním a plně nevyužívaným v důsledku poklesu zákazníků. V prohlášení o dráze je zakotveno, že v případě většího počtu zákazníků/zájemců lze zákazníka odmítnout a poslat na jiné zařízení služeb patřící ČD při zaplacení kompenzace tomuto zákazníkovi. Druhá varianta pak počítá s přednostmi, kdy zákazník, který má zpoždění oproti zarezervovanému času může být obslužen a po zákaznících, kteří v rámci zarezervovanému času přijeli včas. Zároveň může jako motivaci onen opožděný zákazník dostat smluvní pokutu za zdržení. Z tohoto tedy plyne, že fronty nemohou nastat, a že i na základě tohoto je aplikace Teorie hromadné obsluhy bezpředmětná.

ZÁVĚR

Provozovat veřejně přístupnou vlečku nyní vyžaduje více povinností než dříve. Díky změnám legislativy a otevírání železnice soukromým subjektům se stává železnice atraktivnější pro další dopravce. Podmínky jsou rovné a neměl by hrozit monopol jednoho dopravce. V práci autor řešil v podstatě tři verze ZoD. Bylo to dáno tím, že autor na této práci v důsledku pandemie pracoval již od akademického roku 2019/2020 a mezitím platnou verzi ZoD nahradila novela tohoto zákona, která stačila během té doby být ještě jednou znovelizována prozatím ve formě Vládního návrhu tohoto zákona. Autor proto ponechal i informace týkající se problematiky vleček ze starších znění ZoD, aby zde byl i znám postupný vývoj legislativního vnímání vleček, na který tlačili sami majitelé a provozovatelé vleček. Původní znění jasně nedefinovalo rozdíl mezi vlečkou veřejně přístupnou a veřejně nepřístupnou. Toto byla prvotní věc, na jejíž lepší výklad v novele ZoD z roku 2020 majitelé a provozovatelé vleček tlačili. Nyní je jasně dán tento rozdíl mezi těmito vlečkami a výklad je zjednodušený. Majitelé a provozovatelé veřejně nepřístupných vleček na toto tlačili právě kvůli povinnostem vyplývajících z provozu veřejně přístupných vleček v podobě hlavně Prohlášení o dráze, či nediskriminačnímu přidělování kapacity dopravcům na těchto vlečkách. Mezitím ČD všechny svoje veřejně přístupné vlečky prohlásily jako veřejně nepřístupné s veřejným užitím. V praxi tato změna znamená, že místo přidělování kapacity dráhy přidělují kapacity na zařízení služeb. Mimo to se státní provozovatel české železniční infrastruktury stačil přejmenovat ze Správa železniční dopravní cesty na Správu železnic. (SŽ) Veškeré podmínky provozu na vlečkách obsahující zákonné podmínky a práva provozovatelů veřejně přístupných vleček a dopravců, kteří mají zájem na nich provozovat drážní dopravu a také jejich vzájemné právní stavy jsou součástí první kapitoly.

Ve druhé kapitole se autor zabýval zařízením služeb na vlečkách ČD a SŽ. Autor rozebral, o jaká zařízení služeb se jedná, z Prohlášení o dráze ČD i SŽ a ZoD autor vybral všechny důležité informace o provozu a údržbě těchto zařízení. Dále také podmínky provozu těchto zařízení, kdy ČD na rozdíl od SŽ jsou dopravce, mají jako svojí hlavní činnost drážní dopravu, a tudíž nesmí ČD přímo nabízet kapacitu na zařízeních ze ZoD. Proto musí mít nestranný orgán k tomu určený, kterým je Univerzita Pardubice – Dopravní fakulta Jana Pernera, která zároveň spolu s ČD vydala Prohlášení o dráze. ČD krom svých vleček provozují i některé úseky dráhy celostátní, pro které platí stejné pravidlo nezaujatosti. Kapitola dále obsahuje i konkrétní typy zařízení služeb, která ČD i SŽ provozují.

Třetí kapitola obsahuje popis autorem vybrané vlečky ČD Střediska údržby Trutnov zařízení služeb na této vlečce. Tuto vlečku si autor vybral, protože měl možnost se s ní detailně seznámit při exkurzi, a protože se jedná o relativně normálně vytiženou vlečku. Autor v této kapitole detailně popsal jednotlivé části této vlečky, včetně mapy této vlečky a jejího geografického umístění. Jedná se o vlečku Depa kolejových vozidel, dnes označenou jako Středisko údržby, spadající pod Oblastní centrum údržby Střed. Dále zde autor popsal jednotlivá zařízení služeb v podobě čerpacího zařízení motorové nafty, čerpací zařízení lehkých topných olejů pro přídavná topení vozidel, strojní mytí vozidel, doplňování vody do vodohospodářských zařízení vozidel, odsávání vakuových WC a provozní a preventivní údržby železničních vozidel. Autor popsal i umístění těchto jednotlivých zařízení služeb v rámci celého areálu této vlečky. Nejvíce se zabýval stěžejním zařízením této vlečky a tím bylo a je čerpací zařízení motorové nafty. Čerpat naftu sem kromě ČD jezdí i ČD Cargo, nebo GW Train Regio. Pro toto čerpací zařízení autor získal od ČD kompletní statistiku čerpání motorové nafty jak všemi dopravci, tak i pro různé neželezniční zařízení a vozidla na této vlečce. Data obsahovala de, čas, objem i typ vozidla a dále i naskladnění další dodávky. Dopravci v osobní dopravě zde čerpají nejčastěji plánovaně v rámci Grafikonu vlakové dopravy, zatímco nákladní dopravci žádají o využití tohoto zařízení adhoc. A právě využitím těchto dat se autor zabýval v poslední čtvrté kapitole.

V poslední kapitole se autor zabýval hlavním cílem celé práce – využitím stochastických metod operační výzkumu na organizaci provozu na této vlečce, konkrétně na čerpací zařízení služeb této vlečky. V první řadě se rozhodl autor využít Teorie zásob pro optimalizaci dodávek zásoby nafty pro toto zařízení. Ze získaných dat o čerpání bylo zřejmé, že spotřeba je spojitá a náhodná. To tudíž vyloučilo všechny deterministické modely zásob a ukázalo na modely stochastické. Pro tento případ by šlo použít modely Stochastické se signalizací změn a odloženou spotřebou nebo se ztracenými prodeji. Oba tyto modely počítají s tím, že spotřeba je náhodná a řídí se nějakým rozdělením pravděpodobnosti. Proto bylo nutno nejprve získaná data o čerpání otestovat na nějaké rozdělení pravděpodobnosti. Autor proto z dat získal v Excelu základní popisnou statistiku těchto dat, která obsahovala některé důležité parametry, jako střední hodnotu, rozptyl, směrodatnou odchylku, celkový počet měření, rozdíl mezi maximem a minimem a jiné. Následně autor použitím Sturgesova pravidla rozdělil data do stejných ekvidistantních tříd a vytvořil z nich histogram. A právě na základě podobnosti rozložení dat čerpání v jednotlivých třídách histogramu mohl autor hledat podobnost histogramu s hustotou pravděpodobnosti některých spojitých rozdělení pravděpodobnosti. Nejvíce se histogram podobal hustotě exponenciálního rozdělení pravděpodobnosti.

Po konzultaci s odborníkem z oboru autor ještě vzal v úvahu Gama a Beta rozdělení pravděpodobnosti. Posledním krokem k otestování dat pomocí χ^2 testu. Data čerpání z histogramu (četnosti) v Excelu autor dal do tabulky, z nich pomocí matematických funkcí vypočítal hodnoty distribuční funkce testovaného rozdělení, pravděpodobnosti nastání těchto četností a pomocí těchto pravděpodobností i očekávané četnosti. Z těchto četností se vypočítala hodnota kritéria, která se porovná s výsledkem χ^2 testu vypočteném matematickou funkcí v Excelu. Tato hodnota kritéria byla vyšší než výsledek testu χ^2 . Test potvrdil, že se data exponenciálním rozdělením pravděpodobnosti neřídí. Gama i beta rozdělení pravděpodobnosti skončila na výpočtu jejich hlavních parametrů pro výpočet distribuční funkce, kdy u gama rozdělení šlo z parametrů spočítat distribuční funkci, ale ta ukázala rovnou, že se tímto rozdělením data neřídí a v případě beta rozdělení jeden z parametrů neodpovídal tomuto rozdělení. Data nemají rozdělení pravděpodobnosti, a proto nelze Teorii zásob použít. Proto ohledně zásob autor přistoupil k analytickým simulačním metodám, kdy z dat vytvářel grafy spotřeby a zkoumal jejich chování při různých nastavených parametrech. Nejprve vytvořil ten reálný s reálnými hodnotami a časy dodávky objemu zásoby, u kterého je dodáván podobný objem smluvně a objem zásoby se drží ve vyšších číslech tisíců litrů nafty. Následně autor zkoumal různé varianty chování spotřeby s různými variantami velikostí a času dodávek. Nicméně protože se určitá část spotřeby adhoc nedá jasně předvídat, musel autor konstatovat, že stávající systém je momentálně nejlepší. Obecně by tedy autor doporučil bedlivě sledovat hladinu objemu, v rámci možností chtít po dopravcích alespoň přibližné objemy dopředu bude-li to možné, držet si určitou pojistnou zásobu v nádrži, či považovat, zda by nebylo možné v případě nouze přivést provizorní objem z některého jiného nejbližšího čerpacího zařízení ČD. Dále také sledovat data z předchozích let, která mohou pomoci při předvídání budoucí spotřeby. Konkrétní finanční ekonomickou stránku tohoto autor neřešil, pro nedostatek potřebných informací.

Nakonec autor prověřil možnosti Teorie hromadné obsluhy pro toto čerpací zařízení. Konkrétně chtěl autor vytvořit základní model chování čerpacího, u kterého by postupně změnou jeho vstupních parametrů získal optimální výsledek pro organizaci provozu tohoto zařízení. Nicméně vzhledem k faktu, že pouze část požadavků na čerpání mohla řídit náhoda a že v Prohlášení o dráze ČD je zajištěno smluvně zákazníka odmítnout a poslat na jiné čerpací zařízení, či upřednostnit řádně příchozího žadatele před zpožděným, je využití Teorie hromadné obsluhy nemožné. Cíl práce, tedy ověřit možnosti využití stochastických metod pro organizaci provozu na této vlečce byl uskutečněn, tak, že se neprokázalo ani jedno z těchto matematických řešení. Ne všechny reálné matematické problémy lze snadno vyřešit jako ve školních úlohách.

SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- (1) Ministerstvo dopravy České republiky: Zákon 266/1994 Sb., O dráhách, platné znění k 31. 08. 2018 [online]. [cit. 2019-12-08] Dostupné z: https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Drazni-doprava/Legislativa-v-drazni-doprave/Zakony-v-drazni-doprave/266-94-k_31-8-2018-uplzneni.pdf.aspx?lang=cs-CZ
- (2) Ministerstvo dopravy České republiky: Zákon 367/2019 Sb., O dráhách, platné znění k 15. 01. 2020 [online]. [cit. 2019-02-17] Dostupné z: <https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Drazni-doprava/Legislativa-v-drazni-doprave/Zakony-v-drazni-doprave/367-2019-novela-ZDR.pdf.aspx?lang=cs-CZ>
- (3) Zákon pro lidi: Zákon 13/1997 Sb., O pozemních komunikacích [online]. [cit. 2019-12-08] Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-13>
- (4) TYLL, Tomáš. Hra o vlečky: Mají být veřejné, či neveřejné? Dopravci se obávají jejich zániku. Z dopravy [online]. 16. 04. 2019 [cit. 2017-12-07]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/hra-o-vlecky-maji-byt-verejne-ci-neverejne-dopravci-se-obavaji-jejich-zaniku-26813/>
- (5) Správa železnic s. o.: Prohlášení o dráze SŽ [online]. [cit. 2019-12-08]. Dostupné z: <https://www.szdc.cz/dopravci/prohlaseni-o-draze/prohlaseni-o-draze-2020>
- (6) Drážní inspekce České republiky: Návrh vlastníka na zrušení dráhy [online]. [cit. 2019-12-08] Dostupné z: https://www.ducr.cz/images/drurad/dokumenty/technici/N%C3%A1vrh_vlastn%C3%ADka_na_zru%C5%A1en%C3%AD_%C4%8D%C3%A1sti_dr%C3%A1hy_vle%C4%8Dky.pdf
- (7) Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2012/34/EU, O vytvoření jednotného evropského železničního prostoru, v aktuálním znění [online]. [cit. 2019-12-08]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32012L0034>
- (8) České dráhy a.s.: Provozování dráhy: Plánky veřejně dostupných vleček [online]. [cit. 2019-12-08]. Dostupné z: http://www.ceskedrahy.cz/nase-cinnost/ostatni-cinnosti-a-servis/provozovani_drahy/-30834/
- (9) České dráhy a.s.: Provozování dráhy: Zařízení služeb [online]. [cit. 2020-04-01]. Dostupné z: http://www.ceskedrahy.cz/nase-cinnost/ostatni-cinnosti-a-servis/zarizeni_sluzeb/-29800/
- (10) LINDA, Bohdan. *Stochastické metody operačního výzkumu*. Bratislava: Statistika, 2004. ISBN 80-85659-33-6.
- (11) GAŠPARÍK, Jozef a Jiří KOLÁŘ. *Železniční doprava*. Praha: GRADA Publishing, 2017. ISBN 978-80-271-0058-3.
- (12) Exponenciální rozdělení. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-07-01]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Exponenci%C3%A1ln%C3%AD_rozd%C4%9Blen%C3%AD

- (13) RAKOVÁ, Eliška. Gama rozdělení v pojistné teorii a praxi. Pardubice, 2014. Diplomová Práce. Univerzita Pardubice, Fakulta Ekonomicko-správní. [cit. 2020-07-01]. Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/56133/RakovaE_GamaRozdeleni_VP_2014.pdf?sequence=3&isAllowed=n
- (14) Gamma distribution. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-07-01]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Gamma_distribution
- (15) Beta distribution. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-07-01]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Beta_distribution
- (16) České dráhy a.s.: Provozování dráhy: Prohlášení o dráze[online]. [cit. 2021-04-04] Dostupné z: http://www.ceskedrahy.cz/nase-cinnost/ostatni-cinnosti-a-servis/provozovani_drahy/-29721/
- (17) Ministerstvo dopravy České republiky: Vládní návrh novely zákona o dráhách - tisk 912 Poslanecké sněmovny 2020, [online]. [cit. 2020-18-06] Dostupné z: <https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Drazni-doprava/Legislativa-v-drazni-doprave/pripravovane-predpisy-v-drazni-doprave/novela-zakona-o-drahach-tisk-912.pdf.aspx?lang=cs-CZ>
- (18) ČD Cargo, oficiální webová stránka dopravce: Katalog železničních nákladních vozů ČD Cargo, a.s. [online]. 2021 [cit. 2021-7-20]. Dostupné z: <https://www.cdcargo.cz/katalog-nakladnich-vozu>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Graf spotřeby motorové nafty depa Trutnov za rok 2019 s reálnými dodávkami

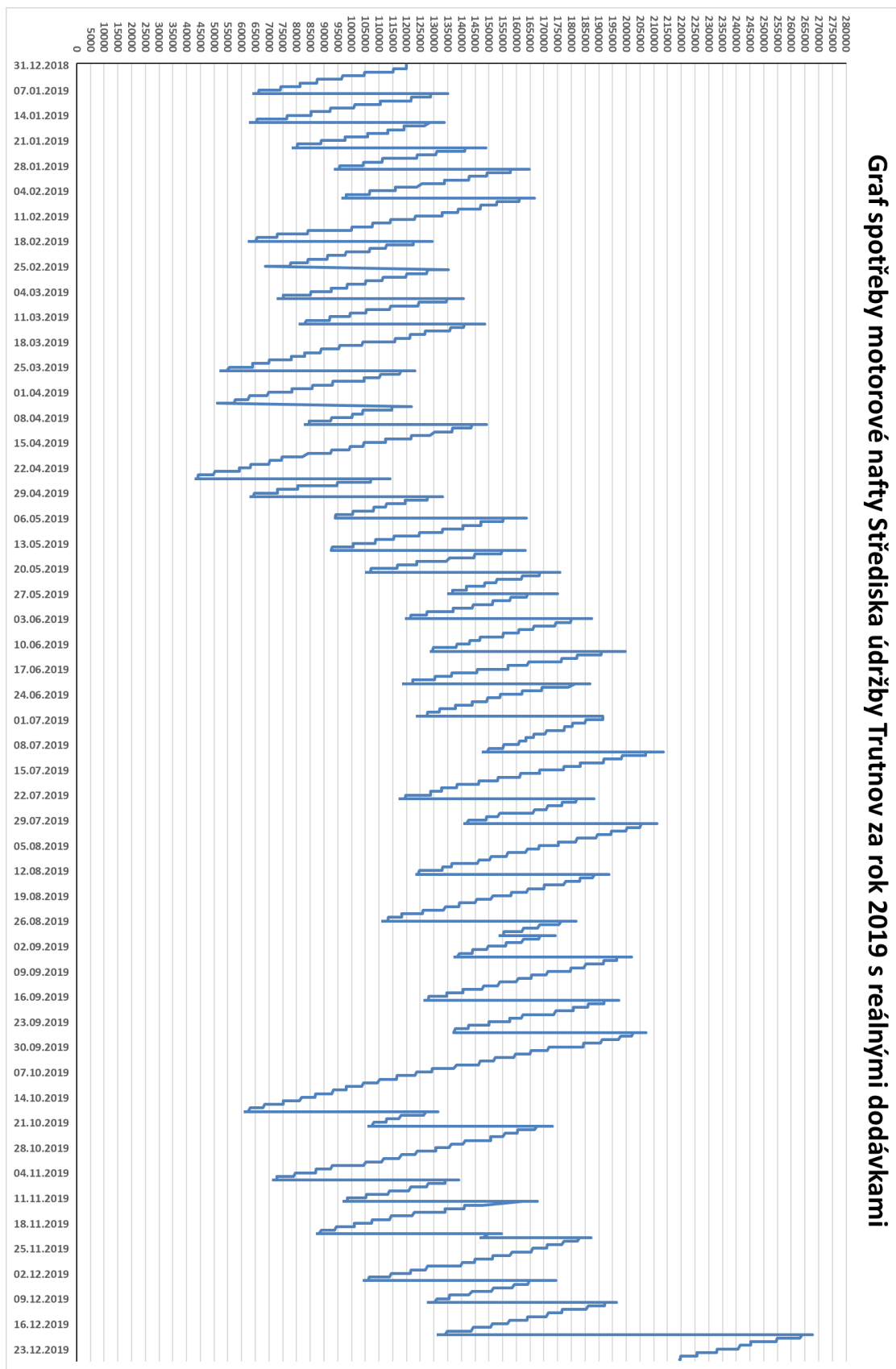
Příloha B – Graf spotřeby motorové nafty za rok 2019 s dodávkami po 60 000 litrech, aby zásoba neklesla pod 0 litrů

Příloha C – Graf spotřeby motorové nafty za rok 2019 dodávkami po 60 000 litrech, aby zásoba neklesla pod 10 000 litrů

Příloha D – Graf spotřeby s pravidelnými dodávkami 120 000 litrů každých 14 dní s počátkem na hladině zásoby okolo 101 057 litrů

Příloha E – Graf spotřeby s pravidelnými dodávkami 120 000 litrů každých 14 dní s objednáním další zásoby ihned po naskladnění

PŘÍLOHA A

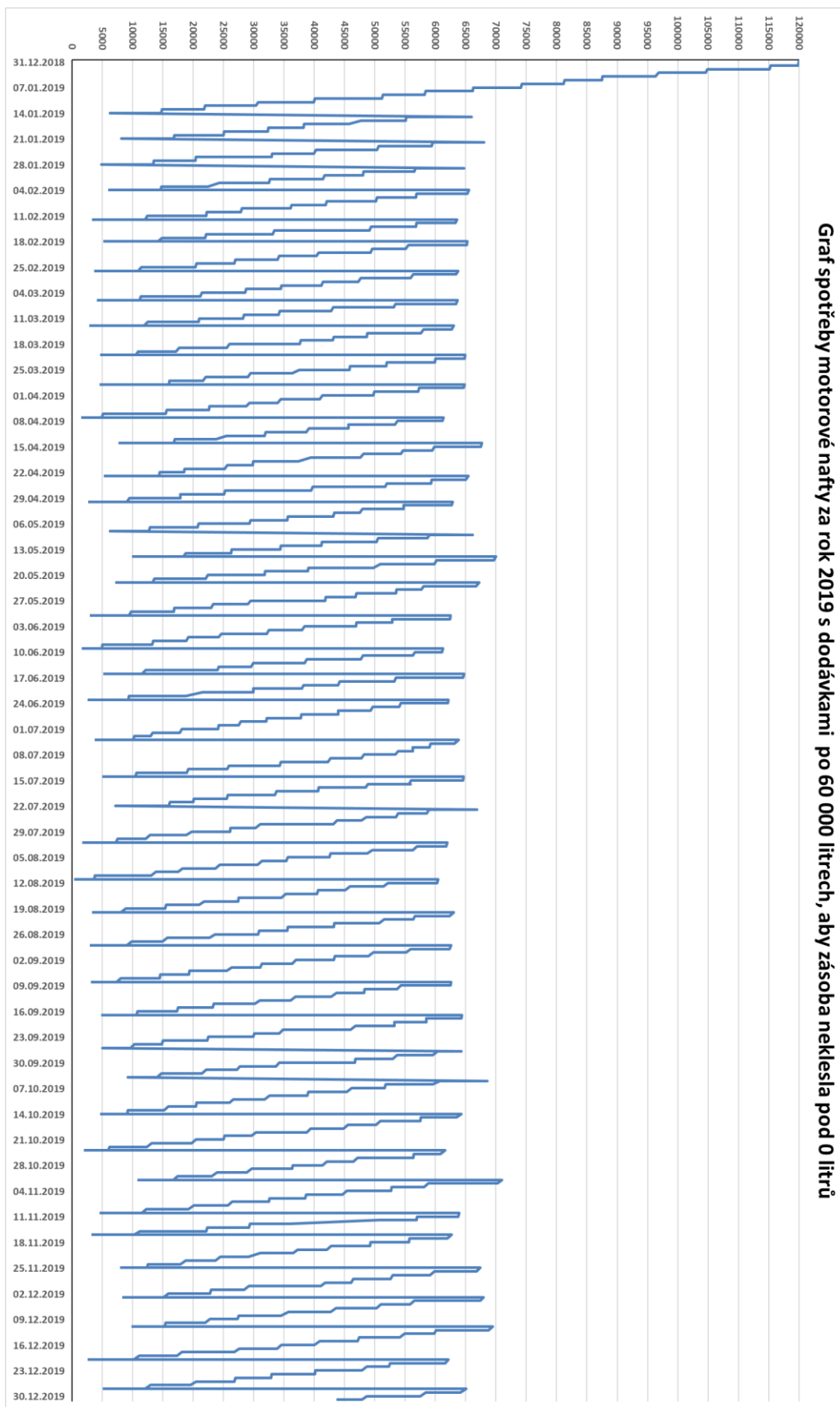


Obr.: 1 Graf spotřeby motorové nafty za rok 2019 v Středisku údržby Trutnov s reálnými dodávkami co do počtu i množství

Na obrázku 1 se nachází graf reálné spotřeby Střediska údržby Trutnov za rok 2019 se všemi reálnými dodávkami v průběhu roku, včetně obou odzbrojení vozidel před opravou a následným navrácením zbytku jejich nádrží do zásoby. V první řadě je nutno podotknout, že autor neznal výchozí stav hladiny zásoby naftu na začátku roku, proto zde na základě průběžného stavu zásob během roku počítal s počátečním stavem zásoby 120 000 litrů, což je kapacita 2 cisternových vozů typu Zaes 51. Autor je si vědom, že tímto lze s podobou grafu částečně manipulovat, protože například nižší množství počáteční hladiny zásoby může v grafu způsobit i výskyt záporných hodnot hladiny zásoby hlavně začáteční části roku, k čemuž však nesmělo dojít. Přejde-li autor tento fakt, lze z grafu vyčíst následující:

- Hladina zásob vzhledem k pravidelné četnosti dodávek přibližně stejného množství nekleslo pod pěticiferné číslo – přebytek lze považovat za pojistnou zásobu
- Nejnižší stavy hladiny zásob 24. dubna a 18. října 2019 reprezentují čas, kdy byl poprvé naskladněn jiný typ naftu pro dané roční období, byť došlo ke smíchání více typů naftu
- 19. prosince 2019 byly realizovány 2 prakticky stejně velké dodávky po sobě ve stejný den, což výrazně navýšilo celkovou hladinu zásoby
- Při tomto pravidelném počtu dodávek nemohlo dojít ke spotřebování celé zásoby motorové naftu, čímž se sice zařízení služeb stává velice pružným k nenadálým vysokým odběrům, zároveň je ale v zásobě vázáno více finančních prostředků
- Nepravidelnost čerpání, neřízená žádným rozdělením pravděpodobnosti, je zde zřejmá
- Období duben – říjen (tedy období s letní naftou) bylo čerpáno méně, což ukazuje vyšší stav zásoby v tomto období držící se v relativně stejném množství

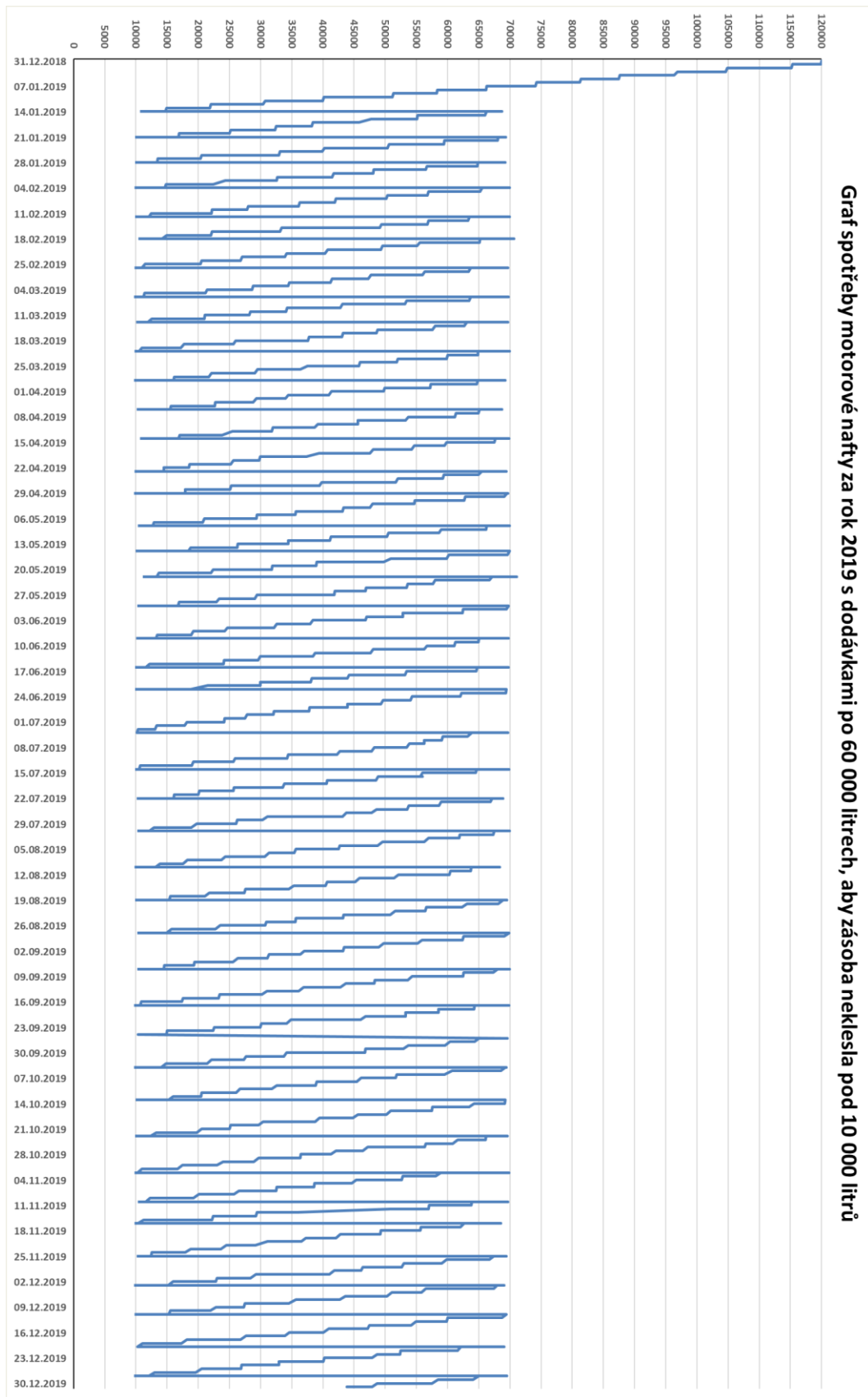
PŘÍLOHA B



Obr.: 2 Graf spotřeby založený na pravidelných dodávkách stejného množství 60 000 litrů na základě podoby dat spotřeby s limitem 0 litrů hladiny zásoby

Na obrázku 2 se nachází graf spotřeby, za podmínek dodávky v čase konce dne před vyčerpáním hladiny zásoby v dni následujícím. Jako u předchozího grafu autor zvolil stejnou počáteční zásobu 120 000 litrů. Z grafu je zřejmá podobná délka dodávkových cyklů, které zde vypadají jako pravidelné. Zároveň je zde patrné, že v některých případech se stav hladiny zásoby nebezpečně blíží 0. Dodávky o stejné velikosti 60 000 litrů nafty jsou zde voleny tedy zpětně na základě dat; nelze tedy úplně jasně určit hladinu objednání. Z grafu v podstatě vyplývá při dodací lhůtě 14 dnů a délkami období mezi dodávkami mezi 6 až 10 dny, že je nutná objednávka další dodávky ještě před dodáním již objednané dodávky. Velikost hladiny zásoby se drží v podobně velkých hodnotách objemu, nicméně je zde riziko vyčerpání zásoby dané nejistotou četnosti následných čerpání. Výměna typu motorové nafty v nádrži je proveditelná v jakémkoliv dodávkovém cyklu, neboť před každou dodávkou je zásoba velmi nízká a nedojde tak ke smíchání velkého objemu předchozí nafty s tou novou jiného typu jako tomu bylo v předchozím případě.

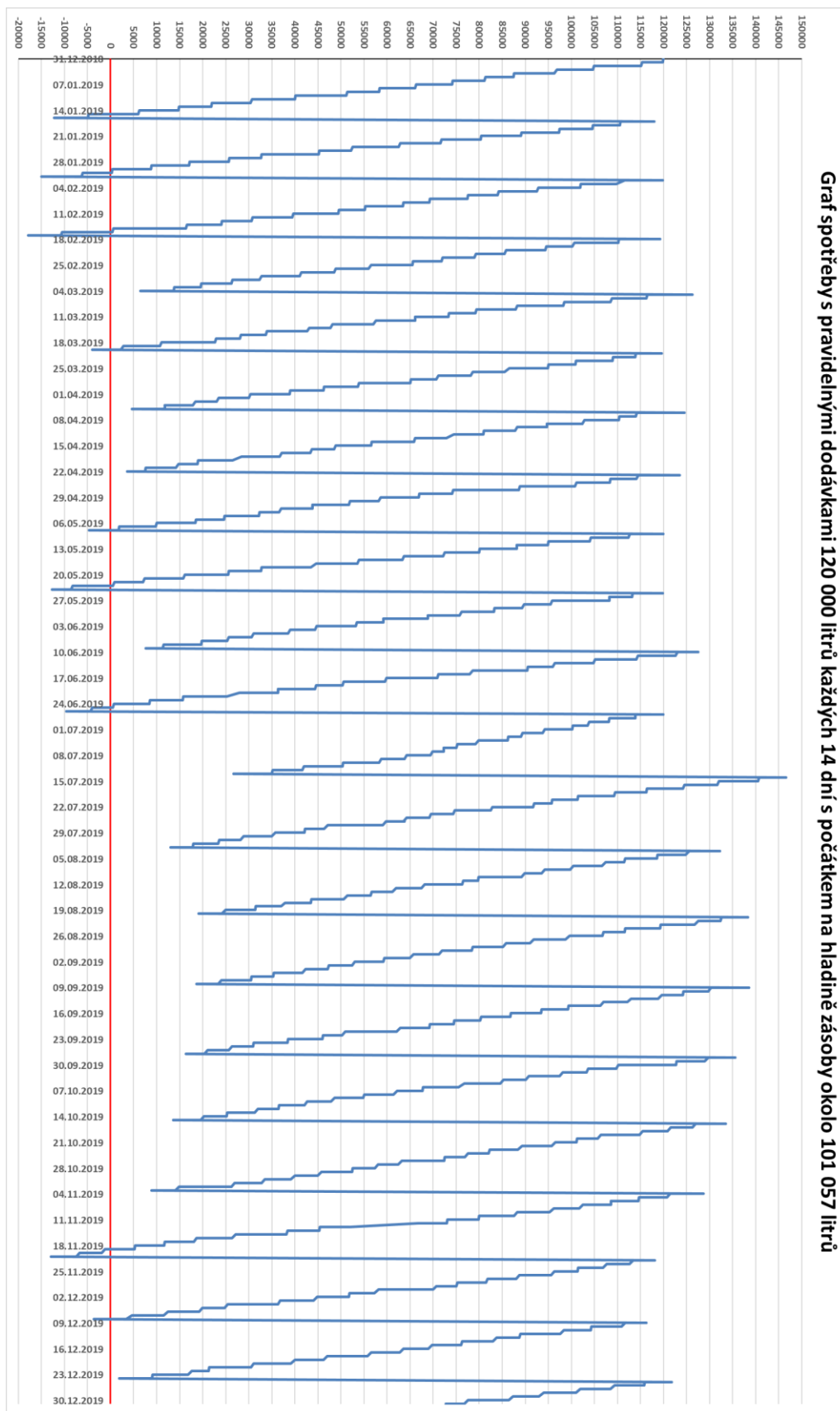
PŘÍLOHA C



Obr.: 3 Graf spotřeby založený na pravidelných dodávkách stejného množství 60 000 litrů na základě podoby dat spotřeby s limitem 10 000 litrů hladiny zásoby

Na obrázku 3 se nachází graf podobný tomu v *příloze B*, rozdíl spočívá v nastaveném limitu zásoby, který byl z 0 litrů změněn na 10 000 litrů jakožto jedné šestiny dodávky. Počáteční stav byl jako u předchozích grafů volen na 120 000 litrů a velikost dodávky stále odpovídá objemu vozu Zaes 51, tedy 60 000 litrů. Oproti předchozímu grafu autor nebral ohled na rozdělení na celé dny a dodávka je zde naskladněna hned po přiblížení se 10 000 limitu hladiny nezávisle na části dne. V případě předchozího grafu bylo nutné naskladnit dodávku na konci předchozího dne, neboť reálně hrozilo, že zásoba dojde, kdežto v tomto případě je tu dostatečná pojistná zásoba. Při pohledu na graf je zřejmé, že hladina zásoby se zde pohybuje více v pravidelných hodnotách oproti předchozímu grafu s minimálními výkyvy.

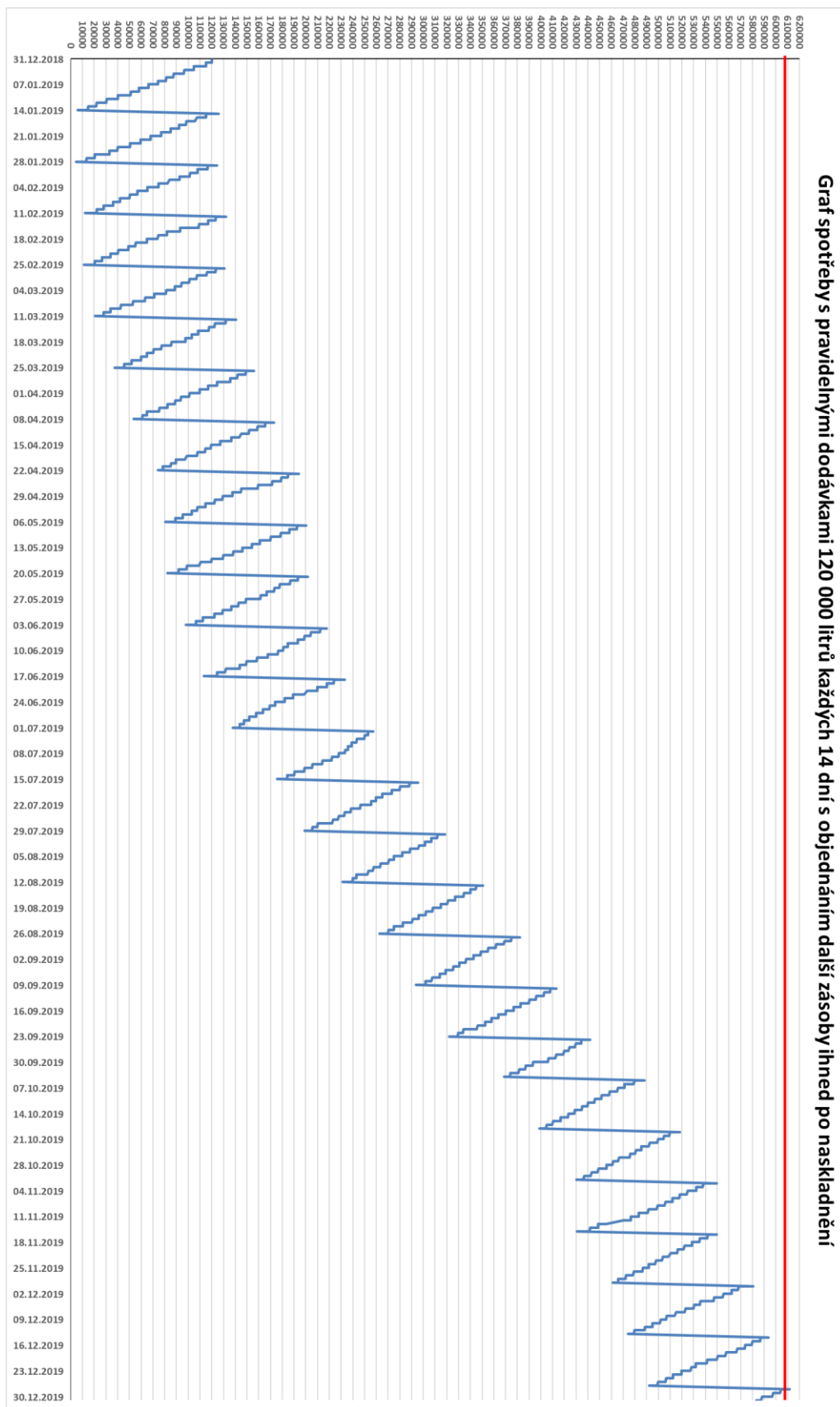
PŘÍLOHA D



Obr.: 4 Graf spotřeby v případě naskladnění 120 000 litrů nafty každých 14 dní od dosažení hladiny zásoby v nádrži 101 057 litrů

Na obrázku 4 se nachází graf ilustrující využití vypočtené průměrné hladiny objednání zásoby nafty z 14denních cyklů, které jsou dodací lhůtou. Oproti grafům v přílohách B a C se nejedná o zpětné určování času dodávky na základě spotřeby, nýbrž k určení času dodávky na základě hladiny objednání s danou délkou dodací lhůty, kdy je dodávka naskladněna v den jejího uplynutí. Počáteční stav objemu je stále 120 000 litrů, velikost dodávky musela být vzhledem k velikosti hladiny objednání 101 057 litrů zvětšena z 60 000 litrů na 120 000 litrů, jinak by graf směřoval do záporných hodnot objemu zásoby nafty v nádrži. I přes velikost dodávky a velmi vysokou hodnotu hladiny objednání zde dochází vyčerpání zásoby, a tudíž deficitu v celkem 9 případech z 21. K tomu však v praxi dojít nesmí. Vodorovná osa je zvýrazněna červeně.

PŘÍLOHA E



Obr.: 5 Graf spotřeby s pravidelnými dodávkami 120 000 litrů každých 14 dní s časem objednání v den naskladnění předchozí dodávky

Na obrázku 5 se nachází graf s nastavenými 120 000 litrů velkými dodávkami, které jsou naskladňovány každých 14 dní. Počáteční objem byl nechán opět ve stejné výši 120 000 litrů jako u všech předchozích grafů. Objednání další dodávky bylo uskutečňováno vždy po naskladnění aktuální dodávky. Graf krásně ukazuje, že při naskladňování konstantně velkých dodávek ve stejných intervalech při této nepravidelné spotřebě postupně s různými zbytky hladiny zásoby z předchozí dodávky dochází postupně k nárůstu hladiny zásoby s každou další dodávkou až dojde k překročení maximální kapacity objemu nádrže 607 000 litrů na konci prosince. Maximální kapacita nádrže je zvýrazněna červenou přímkou.