

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

Analýza a optimalizace zásob v podniku

Michal VAVRINEC

© 2019 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Michal Vavrinec

Systémové inženýrství

Název práce

Analýza a optimalizace zásob v podniku

Název anglicky

Analysis and optimization of stock control in a chosen company

Cíle práce

Cílem práce je analýza dosavadního průběhu řízení zásob a návrh nového modelu vedoucí k minimalizaci nákladů pro montážní podnik zabývající se klimatizačními a kompresorovými jednotkami. Bude vypracováno několik návrhů řešení, které budou doporučeny managementu firmy.

Metodika

V teoretické části bude rozebrána problematika systému řízení zásob na základě odborných a vědeckých publikací. Praktická část bude věnována analýze dat poskytnutých vybraným podnikem a následně návrhem nového modelu pro řízení zásob pomocí deterministických a stochastických modelů řízení zásob. K výpočtům a grafickým výstupům bude využít MS Excel.

Doporučený rozsah práce

30-40

Klíčová slova

zásoby, deterministické modely, stochastické modely, klimatizační, kompresorové jednotky

Doporučené zdroje informací

- EMMETT, S. *Řízení zásob : jak minimalizovat náklady a maximalizovat hodnotu*. Brno: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-1828-3.
- HILLIER, F S. – LIEBERMAN, G J. *Introduction to operations research*. Burr Ridge: McGraw-Hill Higher Education, 2005. ISBN 0-07-321114-1.
- JABLONSKÝ, J. *Operační výzkum*. V Praze: Vysoká škola ekonomická, 1996. ISBN 80-7079-031-8.
- KUBÁT, J. – HORÁKOVÁ, H. *Řízení zásob : logistické pojetím metody, aplikace, praktické úlohy*. Praha: Profess Consul ng, 1998. ISBN 80-85235-55-2.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Robert Hlavatý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 19. 10. 2018

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 10. 2018

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 20. 11. 2018

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Analýza a optimalizace zásob v podniku" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne: 12. 3. 2019

Michal Vavrínek

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Robertu Hlavatému, Ph.D. za přínosné a věcné připomínky během konzultací. Dále bych velice rád poděkoval vedení zvolené firmy za poskytnutí dat a informací nezbytných k vypracování této práce.

Analýza a optimalizace zásob v podniku

Souhrn

Bakalářská práce se zabývá analýzou a následnou optimalizací zásob ve vybraném podniku. Počátek práce patří nejdříve teoretické části, ve které jsou obecně popsány problémy a následně některé modely řešící tuto situaci.

Praktická část konkrétně popisuje aktuální zásobovací situaci ve vybrané firmě a poté je v ní navržen nový proces zásobování zjištěný pomocí modelů vedoucích ke snížení nákladů. V první části je blíže popsán vybraný podnik a trh, na kterém se pohybuje. Poté jsou poskytnutá data zpracována a z poznatků teoretické části je vybrán vhodný model. Konec patří zhodnocení výsledků a následně doporučení, jak by měla firma nadále nakládat se zásobami a jejich pořizováním.

Klíčová slova: analýza, optimalizace, zásoby, stochastický model, deterministický model, minimalizace, náklady

Analysis and optimization of stock control in a chosen company

Summary

This bachelor thesis is concerned with analysis and subsequent optimization of inventory of a given business. The beginning of the thesis deals with the theoretical part, in which the relevant problems and some models dealing with them are described in general.

The practical part concretely describes current inventory situation in a selected business and explains a new stocking process designed on the basis of models for cutting costs. The selected business and the market it is operating in are described in the first part. Then the processed data is matched with a relevant model from the theoretical part. The end is reserved for result evaluation and a subsequent recommendation on how the business should handle its inventory and purchasing process.

Keywords: analysis, optimization, inventory, stochastic model, deterministic model, minimization, costs

Obsah

1. Úvod	9
2. Cíl práce a metodika	10
2.1. Cíl práce	10
2.2. Metodika	10
3. Teoretická část	11
3.1. Operační výzkum	11
3.2. Řízení zásob	13
3.3. Proměnné v modelu	14
3.3.1. Řiditelné	14
3.3.2. Neřiditelné.....	15
3.3.3. Nákladové	15
3.4. Modely řízení zásob	17
3.4.1. Deterministické modely	18
3.4.2. Stochastické.....	24
4. Praktická část	32
4.1. O vybraném podniku	32
4.2. Konkrétní výrobní linka	32
4.3. Vstupní data a informace	33
4.4. Celkové náklady ve stávající situaci	35
4.5. Model optimalizace zásob	37
4.5.1. Optimální velikost objednávky – Q	37
4.5.2. Optimální objednávací úroveň – R	38
4.5.3. Celkové roční náklady modelu.....	41
5. Zhodnocení výsledků	43
6. Závěr	44
7. Seznam použitých zdrojů	45
8. Seznam grafů a tabulek	46
8.1. Seznam grafů	46
8.2. Seznam tabulek	46
9. Seznam příloh	47
9.1. Hodnota koeficientu zajištěnosti – k	47

1. Úvod

Je mnoho činitelů, které ovlivňují chod firmy. Některé více a některé naopak méně. Všechny mají ale jediný úkol, a to zlepšit postavení podniku na trhu, například zvýšením zisku.

Zisk je velice zajímavý pojem. V mnoha literaturách má ještě více definic. Existuje tedy mnoho názorů, jak zisk chápat. Nejobecněji je zisk popisován jako výnosy mínus náklady. Čím více se sníží náklady, tím vyšší se dá očekávat zisk při zachování všech ostatních okolností. Náklady jsou to, na co se tato práce zaměří. Pomocí snížení nákladů bude snaha o zlepšení stávající situace.

Operační výzkum je jedním z prostředků, jak se dají problémy spojené s vysokými náklady řešit. Čím větší problém se vyřeší, tím více v reálném prostředí lze očekávat peněžitou odměnu. Metod operačního výzkumu je nespočet a je důležité, aby se zvolil správný model.

Jednou z cest je oblast řízení zásob, kde se dá ve velké části za použití správných metod ušetřit. Řízení zásob by se dalo považovat za stavební kámen každého prospěšného podniku. Správné množství zásob přichozích, právě naskladněných, pojistných k udržení uspokojení zákazníku za nepředvídatelných situacích nebo okamžiku, kdy je nejvýhodnější a nezbytné další objednávku uskutečnit, může být rozhodující v celkovém obratu firmy.

Rozhodující v určení strategie je cena, která se projeví v celém životním cyklu firmy ve všech oblastech. Cena je určující faktor, podle kterého se bude vše řídit. Je vedením firmy neovlivnitelná a je závislá na aktuální situaci na trhu, tedy na poptávce.

Největší neznámou bývá pro podnik určit správnou budoucí poptávku. Od té se také dále odvíjí, zda budou zásoby na skladě příliš dlouho nebo naopak bude zásob nedostatek. Každá situace přináší svá pro a proti, která se musí zvážit ve všech ohledech.

K najetí nejideálnější strategii se používají složité matematické postupy, které mají za úkol co nejvíce efektivně optimalizovat daný problém a pomocí odborné interpretace zavést toto řešení co nejbližší do reality.

2. Cíl práce a metodika

2.1. Cíl práce

Cílem této práce je prvotní analýza stávající situace zásobování ve vybraném podniku, který se zabývá výrobou, sestavováním a distribucí klimatizačních jednotek na dopravní prostředky (vlaky, autobusy) a kompresorových jednotek. Poté navrhnutí nákladově výhodnějšího řešení, kterého se dosáhlo použitím vhodných modelů operačního výzkumu. Po navrhnutí bude vedení firmy seznámeno s výsledky, které z práce vyplynuly.

2.2. Metodika

Prvním krokem v celé práci je nastudování odborné literatury k danému tématu a sestrojení teoretické části z oblasti operačního výzkumu, konkrétně řízení zásob. Po sepsání základních informací o této problematice následuje schůzka s vedením firmy a projednání konkrétní situace, ve které by mohlo přijít zlepšení z aktuálního stavu. Po shodnutí se na oblasti firmy, kde by mohl být model použit, bude provedena analýza aktuálního stavu, zjištění nákladů a dodatečných informací potřebných k výpočtu. Pro lepší názornost výsledků budou analyzovány i situace za předešlé období, které budou sloužit k porovnání. Po shromáždění dat následuje nejdříve základní statistická operace, vypočtení očekávané budoucí poptávky. Poté se přejde ke konkrétním výpočtům daného modelu. Po vyřešení problému následuje sumarizace výsledků a následná interpretace pro porozumění nezainteresovaných osob do problematiky řízení zásob.

3. Teoretická část

3.1. Operační výzkum

„Operační výzkum je možné charakterizovat jako vědní disciplínu nebo spíše soubor relativně samostatných disciplín, které jsou zaměřeny na analýzu různých typů rozhodovacích problémů.“ (Jablonský, 2002)

Jedna z definic operačního výzkumu, kterou použil doc. Ing. Josef Jablonský, Csc. ve své knize, je velmi obecnou. Dá se pochopit, jako by operační výzkum byl cestou k řešení složitých modelů pomocí matematických procesů.

Model se může popsat jako obecnější popis reality, kde je velmi důležité, jak moc je realita zjednodušena. Když model bude až moc zjednodušený, poté výsledky, které budou získány z analýzy, budou nereálné a nesmyslné. Naopak, pokud ale bude snaha o co nejpresnější popsání skutečnosti, výsledky budou sice velice kvalitní, ale jeho analýza bude však neuskutečnitelná a výsledky nedosažitelné. (Fábry, 2007)

Přesnějším popisem by mohla být jiná definice od výše jmenovaného autora. *„Operační výzkum je možné charakterizovat i jako prostředek pro nalezení nejlepšího (optimálního) řešení daného problému při respektování celé řady různorodých omezení, které mají na chod systému vliv.“* (Jablonský, 2002)

Teď už je známo, že při analýze se musí na cestě k nalezení nejlepšího výsledku splnit několik omezení, která jsou dána situací, nebo jsou určena.

Jestliže bychom chtěli použít metody operačního výzkumu, je zapotřebí se řídit základním postupem, který je složen z několika kroků navazujících na sebe.

Prvním z nich je obecná definice problému, kde je zapotřebí nejdříve zjistit existenci problému a jednoznačně ho definovat. Tato část je velice důležitá pro pozdější sestavování matematického modelu. (Fábry, 2007)

Druhým neméně důležitým krokem je sestavení ekonomického modelu, který lze zjednodušeně popsat jako popis reálného problému, který obsahuje pouze nejpodstatnější prvky a vazby mezi nimi. Rozhodnutí o tom, co je podstatné, bývá klíčovou otázkou v tomto kroku. Špatné rozhodnutí se poté může velice neuspokojivě projevit ve výsledcích zkoumaného modelu. Ekonomický model by měl obsahovat cíl analýzy, kde je nutné určit, zda je určující například minimalizovat náklady nebo maximalizovat zisk. Dále je to popis

všech procesů a činitelů, které jej ovlivňují. Procesem se zde rozumí reálná aktivita, která probíhá s nějakou intenzitou a má vliv na cíl analýzy. K omezení těchto procesů, aby nedocházelo k neomezené intenzitě, slouží činitelé, kteří jsou nedílnou součástí procesů, a je nutné je respektovat. Posledním úkolem v ekonomickém modelu je, výše zmíněný, popis vzájemných vztahů mezi procesy a činiteli. (Jablonský, 2002; Fábry, 2007)

„*Matematické modelování je uměním*“ (Fábry, 2002) I takto někteří autoři popisují třetí krok v úlohách operačního výzkumu. Přesněji řečeno, jde o převedení ekonomického modelu do světa matematiky, tedy matematického modelu, který je řešitelný standardními postupy. Z jednotlivých částí ekonomického modelu se stanou parametry, funkce, rovnice a nerovnice. Nejtěžším úkolem tohoto kroku je vybrání co nejvhodnějšího a pokud možno nejvíce jednoduchého přístupu tohoto převedení. Samozřejmě, že škála přístupů je obrovská, a tak je zde na místě si daný model dobře rozmyslet. (Jablonský, 2002; Fábry, 2007)

Řešení problému samotného by už nemuselo být tak náročné jako předchozí fáze. Nemuselo být náročné rozumíme tak, že samotné řešení je spíše technickou záležitostí. Použijí se metody a postupy specifické pro jednotlivá odvětví operačního výzkumu. Hlavní úkol je vybrat vhodný programovací prostředek, kde se nalezený matematický model přepíše v kódu či prostředí vybraného softwarového systému a následně se spustí nástroj. Po výpočtu se dostanou potřebné výsledky. (Jablonský, 2002; Fábry, 2007)

S výsledky souvisí interpretace, dalo by se říci nejdůležitější část celého procesu. Jde o slovní vyjádření numerických hodnot získaných z výsledků předchozího kroku. Při interpretaci by se neměly používat žádné termíny, které byly zavedeny během formulace matematického modelu, a to z důvodu srozumitelnosti pro nezainteresované subjekty. Po interpretování následuje verifikace, kde se ověřuje funkčnost a reálnost modelu, zda nebyly opomenuty některé důležité stránky systému. Poté by se mohlo zdát řešení modelu jako optimální, ale v praxi ovšem nepoužitelné. (Jablonský, 2002; Fábry, 2007)

Poslední zbývá samotná implementace výsledků do praxe. „*Cílem implementace je samozřejmě zlepšit fungování systému.*“ (Fábry, 2007)

3.2. Řízení zásob

Jednou z nejdůležitějších podmínek úspěchu firmy je položit si v této oblasti dvě základní otázky, kdy a kolik – tedy, kdy objednat dané zásoby a kolik toho objednat, aby to bylo co nejvýhodnější v aktuální situaci.

Při všech aspektech je většinou hlavním cílem řízení zásob minimalizovat celkové náklady. To souvisí například také s minimalizací ztrát při nedostatku zásob. Také zároveň se musí docílit, aby vždy bylo na skladě optimální množství těchto zásob. Při příliš velké zásobě jsou svázané prostředky (finance), které by mohly být investovány jinam, a také rostou skladovací náklady. Při příliš malé naopak rostou náklady na dovoz zásob způsobené vyšší frekvencí dodávkových cyklů. Zároveň se při malé zásobě tvoří riziko nedostatku zásob a s tím spojené ztráty z prodeje. (Emmett, 2008; Horáková, Kubát, 1998)

Snaha je tedy zejména o minimalizaci jednoho ze tří základních nákladů.

Skladovací náklady:

Tyto náklady se váží ke každé jednotce na skladu. Jsou zde zahrnuty náklady na pronájem prostor, pojištění, manipulaci, spotřebu energie, aj... Z důvodu závislosti nákladů na objemu skladovacích zásob se označují jako **variabilní náklady**.

Pořizovací náklady:

Náklady spojené s objednávkou, a tedy i doplněním skladu. Jsou zde zahrnuty náklady na přípravu a vystavení objednávky, náklady dodavatele aj... Zde není žádná souvislost s velikostí objednávky, proto se mohou označit jako **fixní náklady**.

Náklady z nedostatku výroby:

Náklady, které vznikají z důvodu nedostatku zásob. Jsou zde zařazeny zejména peníze za nedodané zboží, ušlý zisk z neuskutečněného obchodu či ztráta při přerušení výroby způsobena nedostatkem polotovarů.

Podle situace na trhu je k dispozici několik způsobů, jak zásoby řídit. Záleží na mnoha okolnostech, které ovlivňují dané způsoby. Záleží například na tom, zdali poptávka po produktech je konstantní po celý rok nebo je poptávka kolísavá (sezónní). V tom případě se rozhoduje mezi modely stochastickými nebo deterministickými.

Stochastické modely se používají v případě kolísavé poptávky, kdy budoucí poptávka je pouze odhadována pomocí statistických nástrojů s příslušnými pravděpodobnostmi.

Deterministické modely naopak mají pevně dané velikosti budoucí poptávky. Samozřejmě pouze v určitém časovém období. První modely byly formulovány už v roce 1915, a to konkrétně model optimální velikosti objednávky. (Jablonský, 2002)

3.3. Proměnné v modelu

„Veličiny, o kterých lze rozhodovat, jsou zejména velikosti a intervaly objednávek. Veličiny nezávislé jsou velikosti poptávky a pořizovací lhůta poptávky. Cílem řízení je minimalizovat všechny složky nákladů spojených se zásobováním.“ (Dömeová, Beránková, 2004)

Hlavní dělení proměnných je z pohledu manažera nebo řídicího pracovníka, který buď má možnost dané proměnné ovlivňovat či nikoli. Z toho hlediska se dělí proměnné na **řiditelné** a **neřiditelné**.

Pomocné proměnné se uvádějí u každého modelu a mají za úkol konverzi vstupních hodnot na výstupní.

Speciální proměnné lze označit nákladové proměnné, kdy některé lze zařadit do neřiditelných a některé do pomocných.

3.3.1. Řiditelné

Jedná se proměnné, které může vedení nějakým způsobem ovlivňovat. Zejména tyto proměnné odpovídají na otázky, kdy vytvářet nebo doplňovat skladovací zásoby a jakou velikostí. (Dömeová, Beránková, 2004)

Velikost objednávky:

Označí se jako – Q, jedná se o velikost množství zboží, které je očekáváno a rovná se velikosti objednávky. Udává se většinou v jednotkách kusy, litry, tuny, aj...

Délka dodávkového cyklu:

Označí se jako – t_c , doba mezi dvěma dodávkami neboli objednávkami. Udává se nejčastěji ve dnech. Na zvolené strategii záleží délka. Může být konstantní při stejných intervalech dodávky, nebo naopak při různých délkách mění interval svou velikost.

Objednávací úroveň:

Označí se jako – R, také bod znovuobjednávky nebo okamžik objednávky. Popisuje velikost stávajících zásob a je určující pro zavedení nové objednávky.

Pojistná zásoba:

Označí se jako – w, vzniká pro případ nenadálých situací, které mohou vzniknout ve spotřebě, poptávce nebo ve výrobě. Zmírňuje vliv těchto událostí.

(Magee, 1986)

3.3.2. Neřiditelné

Jedná se o proměnné, které nelze v průběhu nijak ovlivňovat ani řídit. Z pohledu vedení lze na tyto situace pouze přistoupit a zahrnout je do rozhodování řízení. Týká se to například jevů mimo řízenou oblast nebo systém. Někdy se také může jednat o odhad budoucích situací, které nejdou s přesností určit. (Dömeová, Beránková, 2004)

Celková roční poptávka:

Označí se jako – P, jak název napovídá, jde o roční poptávku po daném produktu. Pokud není známá přesná hodnota, používá se odhad.

Pořizovací lhůta dodávky:

Označí se jako – td, doba, která je nutná od zadání objednávky až po konečné doručení na sklad. V případě malé hodnoty se může opomenout.

3.3.3. Nákladové

„Dělí se na neřiditelné a pomocné proměnné. Mezi neřiditelné se zařazují jednotkové náklady, ostatní lze zařadit mezi pomocné. Významnější dělení je podle druhu nákladů (skladovací, pořizovací, z nedostatku výroby, náklady fixní a variabilní). Lze také rozlišovat pro každou skupinu jednotkové a celkové náklady.“ (Dömeová, Beránková, 2004)

Jednotkové náklady

Jednotkové skladovací náklady:

Označí se jako – k_s , všechny položky nákladu spojené s jednou jednotkou během určité časové jednotky (např. roku). Jsou zde zahrnuty náklady na údržbu, pronájem prostor, poplatky za energii, manipulaci nebo také ostrahu. Z druhé strany sem patří

také ztráta za poškozené nebo zničené zboží. Nesmí se přehlédnout ani fakt vázanosti finančních prostředků, jelikož tyto prostředky vložené do skladovacích nákladů nemohou být využity v jiných oblastech.

Jednotkové fixní pořizovací náklady:

Označí se jako – k_o , fixní náklady se stahují k objednavce zboží, kde nezáleží na množství. Zaplatí se tyto náklady vždy a při každé objednávce. Nelze je nijak ovlivňovat. Například se jedná o náklady na dopravu, administrativu, komunikaci.

Náklady z nedostatku zásoby:

Označí se jako – k_n , jsou to variabilní náklady tvořené neuspokojením poptávky. Jedná se o ztrátu na jednotku. Převážně to jsou ztráty z ušlého zisku, penále, neuskutečněný kontrakt nebo také ohrožení „brand name“ firmy neboli dobré pověsti.

(Dömeová, Beránková, 2004)

Celkové náklady

Celkové roční skladovací náklady:

Označí se jako – c_s , souhrn nákladů při sumarizaci všech skladovacích nákladů všech za daný časový úsek, obvykle jeden rok. Pro určení doby jedné jednotky ve skladu se využívá průměrný stav zásob.

$$\text{průměrný stav zásob} = \frac{Q}{2}, \quad (1)$$

$$c_s = \frac{Q}{2} \cdot k_s, \quad (2)$$

Celkové roční fixní pořizovací náklady:

Označí se jako – c_o , součet všech fixních nákladů uskutečněných objednávek během časového období, jeden rok. Počet objednávek se počítá jako podíl celkové roční poptávky – P a velikostí objednávky- Q .

$$c_o = \frac{P}{Q} \cdot k_o \quad (3)$$

Celkové roční náklady z nedostatku výroby:

Označí se jako – c_o , součet všech fixních nákladů uskutečněných objednávek během časového období, jeden rok. Počet objednávek se spočítá jako podíl celkové roční poptávky – P a velikostí objednávky- Q .

Celkové roční náklady:

Označí se jako – NC , jak název napovídá, jedná se o souhrn všech nákladů za daný časový úsek, jeden rok. Podle reálnosti nákladu se postupně sčítají předešlé proměnné.

$$NC = c_s + c_o + c_n, \quad (4)$$

(Dömeová, Beránková, 2004)

3.4. **Modely řízení zásob**

Existuje mnoho situací skutečností, které mohou nastat, a každá z nich má svá specifika. Jsou navzájem rozdílné a s každou se musí zacházet s rozdílným způsobem, aby bylo dosaženo správného výsledku analýzy. (Hillier, Lieberman,2001)

Jak bylo už výše zmíněno, základní rozdělení je podle situace, kdy buď je známa budoucí poptávka a dodací lhůta – deterministické modely, či se musí pouze odhadovat pomocí pravděpodobnosti – stochastické modely. Ty se dále dělí na modely, kdy každý upřednostňuje jinou strategii řízení, podle situace na trhu a nákladů na jednotlivé složky. (Dömeová, Beránková, 2004; Tersine, 1976)

Další dělení lze rozlišovat podle přístupu k času.

Statické modely:

Nejsou zde zaznamenány výkyvy poptávky během určitého časového období (týden, měsíc, rok).

Dynamické modely:

Bereme v potaz období, kdy je objednávka vystavena, tedy poptávka se mění podle doby, kdy je zkoumána, tzv. sezónnost.

(Dömeová, Beránková, 2004)

Jiní autoři pohlížejí na statický a dynamický model zase z jiného úhlu pohledu, kde statický model chápají jako situaci, kdy k uspokojení poptávky stačí pouze jedna

objednávka zásob. Naopak u dynamických je nutnost zásoby čas od času doplnit. (Málek, Čujan, 2008)

Strategie řízení zásob dělí modely podle režimu objednávky, resp. dodávky.

Systém s konstantní velikostí objednávky (FOQ Fixed Order Quantity):

Systém založený na strategii, kdy se velikosti objednávek jedna od druhé nemění, ale mění se délka intervalu mezi jednotlivými objednávkami. Je zde zaveden termín bod znovuobjednávky, tj. předem stanovena hodnota úrovně zásob, kdy je vystavena další objednávka.

Systém s pevnými objednávacími termíny (FTP Fixed Time Period):

Rozdílná strategie je zde uváděna naopak z pohledu na čas a stav zásob. Pravidelnost je zde zachycena v intervalech mezi objednávkami. Před objednáním se nahlíží na úroveň stavu zásoba a doplní se do maxima (požadované množství).

(Dömeová, Beránková, 2004)

3.4.1. **Deterministické modely**

Model EOQ (Economic Order Quantity)

„Cílem je najít objednávkové množství, které minimalizuje celkové náklady spojené se zásobováním. Odvození provádíme na deterministických modelech bez neuspokojení poptávky“ (Dömeová, Beránková, 2004)

Vznik modelu se datuje od roku 1915. V uvážení stáří tohoto modelu ale neupadá jeho použitelnost dodnes. (Jablonský, 2002)

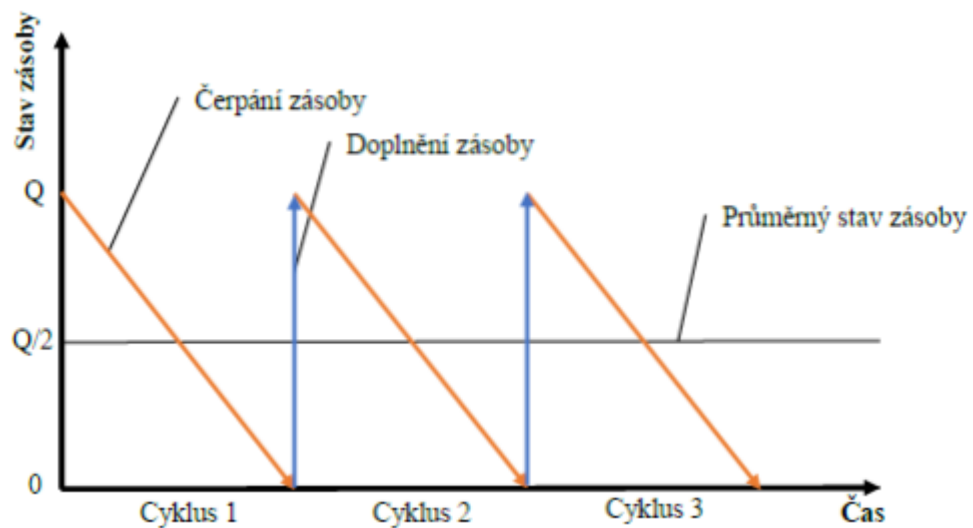
V tomto modelu je známá spotřeba a tato spotřeba je konstantní. Nepočítá se tedy s neuspokojením poptávky z důvodu, že není možnost vyčerpání stavu zásob. Použijí se zde strategie s pevnou velikostí objednávky (FOQ model). Cílem optimalizace zde bude právě velikost dané objednávky. (Dömeová, Beránková, 2004)

Model má dané požadavky, které jsou pro účinnost tohoto modelu předpokládány.

- poptávka je známá a je konstantní,
- rovnoměrné čerpání zásob,
- pořizovací lhůta objednávky je známá a konstantní,

- velikost objednávek je konstantní,
- cena objednávky se neřídí velikostí objednávky (bez množstevních slev),
- neuvažuje se vznik nedostatku zásob,
- doplnění skladu dochází v jednom časovém okamžiku.

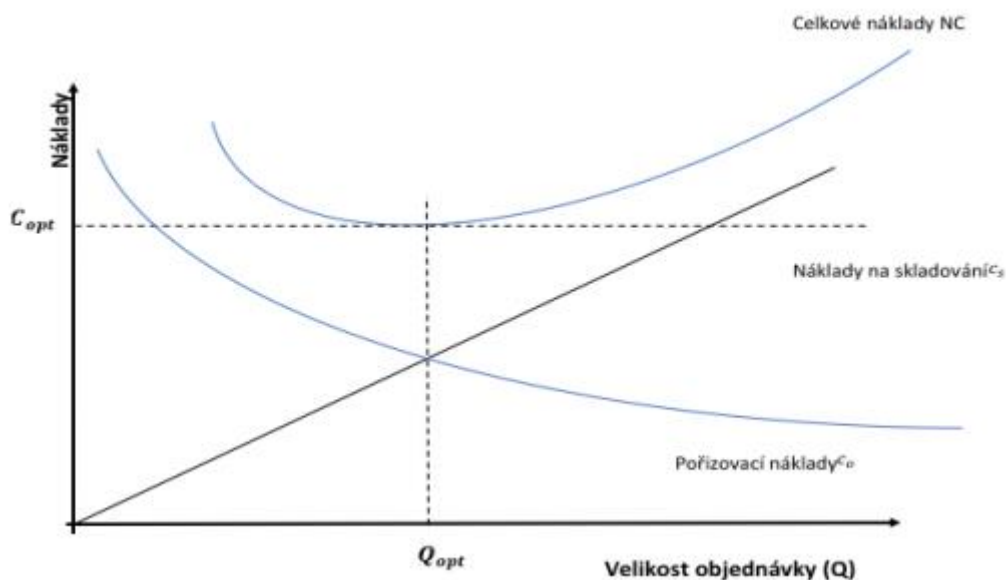
(Jablonský, 2002)



Graf 1 - EOQ model, zdroj: (Jablonský, 2007)

Graf 1 popisuje průběh strategie řízení modelu EOQ, kde jsou zobrazeny dodávkové cykly, které jsou shodné a opakují se. Délka cyklu neboli doba mezi dvěma dodávkami je tvořena jak čerpáním stávajících zásob, tak jejich doplněním. Také je zde zobrazena úroveň průměrného stavu zásob, která je vyobrazena podle vztahu (1). (Jablonský, 2002)

Model EOQ počítá s prostředím s jistotou. Nejsou zde připuštěny žádné výkyvy, proto není potřeba vytvářet pojistnou zásobu. Jednoduše v okamžiku, kdy zásoby klesnou, přichází dodávka nová. (Vochozka a kolektiv, 2012)



Graf 2 - Nákladová funkce a optimální objednávka, zdroj: (Dömeová, Beránková, 2004)

Náklady jsou zde tvořeny pouze z nákladů na skladování a pořizovacích nákladů. Pro zjištění optimální velikosti objednávky je potřeba spočítat minimum funkce celkových nákladů (4), není zde ovšem zahrnuta proměnná celkových nákladů z nedostatku výroby. Tento bod leží v průniku funkcí celkových skladovacích nákladů (2) a celkových pořizovacích nákladů (3). Zobrazeno názorně na Graf 2. (Dömeová, Beránková, 2004)

Celkové náklady bez proměnné celkových nákladů z nedostatku výroby.

$$NC = \frac{Q}{2} \cdot k_s + \frac{P}{Q} \cdot k_o \quad (5)$$

označené proměnné:

- k_s jednotkové skladovací náklady,
- k_o jednotkové pořizovací náklady,
- Q velikost objednávky,
- P velikost poptávky za rok,
- $Q/2$ průměrná velikost stavu zásob,
- P/Q počet dodávkových cyklů

Pro nalezení extrému nákladové funkce stačí pouze položit derivaci této funkce rovnu nule. (Jablonský, 2002)

$$\frac{\partial NC}{\partial Q} = \frac{k_s}{2} - \frac{k_o P}{Q^2} = 0 \quad (6)$$

Po vyřešení rovnice se získá vzorec pro výpočet optimální velikosti objednávky v modelu EOQ. Vzorec se může nazývat také jako Harris-Wilsonův nebo Campův. Označuje se za základní vzorec celého modelu.

$$Q = \sqrt{\frac{2Pk_o}{k_s}} \quad (7)$$

Z odvozeného vzorce (7) lze dále odvodit také další vzorce:

optimální velikost celkových nákladů:

$$NC = \sqrt{2P \cdot k_o \cdot k_s} \quad (8)$$

optimální délka dodávkového cyklu:

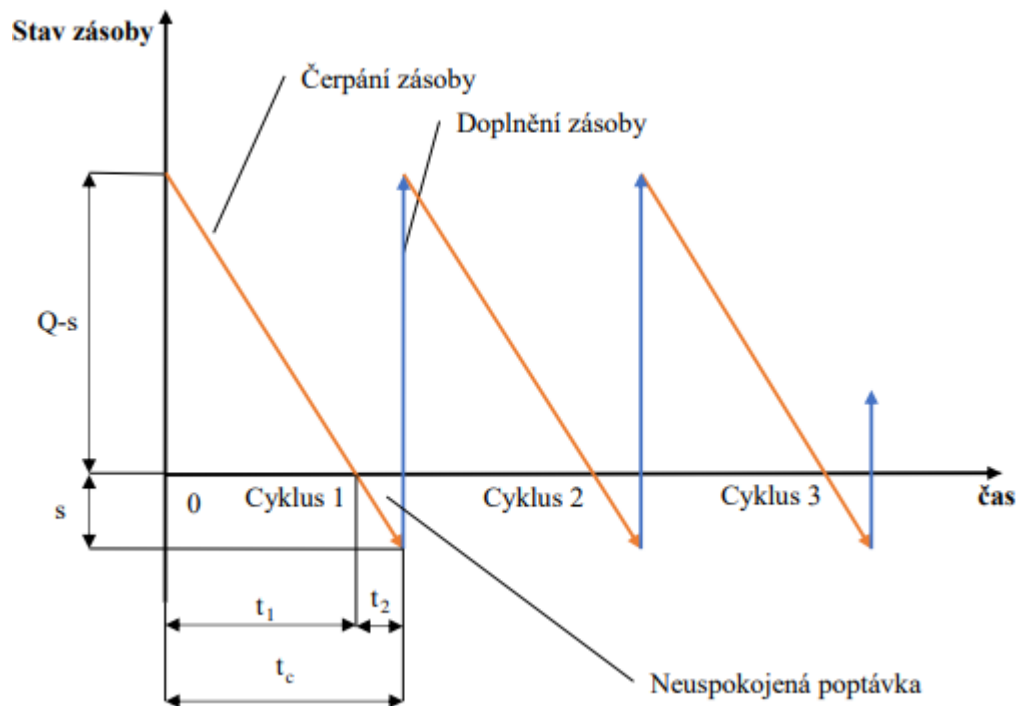
$$t_c = \frac{Q}{P} = \sqrt{\frac{2k_o}{P \cdot k_s}} \quad (9)$$

(Dömeová, Beránková, 2004, s.14–15)

Model s přechodně neuspokojenou poptávkou

V předešlém modelu bylo opakováno, že se nepočítá s nedostatkem zásob. To je jediný a hlavní rozdíl mezi těmito dvěma modely. Má to za následek skutečnost, že zde může vzniknout přechodné neuspokojení poptávky. (Jablonský, 2002)

Mohou zde vzniknout dvě situace poté, co k neuspokojení dojde. Za prvé se stane to, že se poptávka definitivně ztratí, což má za následek samozřejmě v reálu pokles zisku. Druhá situace je, že se pouze odloží a bude čekat, než se sklad zpět naplní. Znamená to, že po naskladnění má neuspokojená poptávka přednost a vyšší prioritu pro uskutečnění. Tento model použijeme samozřejmě pouze v případě druhém. (Dömeová, Beránková, 2004)



Graf 3 - Dodávkové cykly modelu s přechodně neuspokojenou poptávkou, zdroj:(Dömeová, Beránková,2004)

V postupu řešení je zde změna, dodávkový cyklus t_c se rozpadá na dva intervaly. V prvním cyklu t_1 je zboží na skladě dostupné a může tak docházet jako v prvním modelu k uspokojení poptávky, v druhém cyklu t_2 dochází ke změně a není zde možnost uspokojení poptávky (výše neuspokojené poptávky v jednom cyklu Označí se jako $-s$) a bude uspokojena až po příchodu nové dodávky. Jak je psáno výše, po naskladnění nového zboží (nová dodávka Q) bude nejdříve uspokojena předešlá poptávka a až poté následující. Vyplývá z toho tedy, že do skladu bude nadále uloženo maximálně $Q - s$. (Dömeová, Beránková, 2004)

Celkové náklady jsou tvořeny ze tří složek:

Celkové roční fixní pořizovací náklady:

Vypočítané podle vztahu (3), stejně jako v předešlém modelu.

Celkové roční skladovací náklady:

Rozdíl je v proměnné průměrný stav zásob, jelikož se mění maximální možná zásoba závislá na velikosti neuspokojení poptávky $-s$.

$$c_s = \frac{P}{Q} \cdot k_s \cdot \frac{Q-s}{2} \cdot t_1 \quad (10)$$

Celkové roční náklady z nedostatku výroby:

$$c_n = \frac{P}{Q} \cdot k_n \cdot \frac{s}{2} \cdot t_2 \quad (11)$$

Celkové náklady pro model s přechodně neuspokojenou poptávkou:

$$NC = \frac{P}{Q} \left(k_o + k_s \cdot \frac{Q-s}{2} \cdot t_1 + k_n \cdot \frac{s}{2} \cdot t_2 \right) \quad (12)$$

Dodávkový cyklus t_1 :

$$t_1 = \frac{Q-s}{P} \quad (13)$$

Dodávkový cyklus t_2 :

$$t_2 = \frac{s}{P} \quad (14)$$

Opět pro nalezení optima budou potřeba výpočty parciálních derivací funkce celkových nákladů po dosažení dodávkových cyklů a následné položení rovno nule, jako v předešlém případě. Z tohoto kroku vzniknout vzorce pro výpočet optimální velikosti objednávky a optimální velikosti neuspokojené poptávky.

Optimální velikost objednávky:

$$Q = \sqrt{\frac{2Pk_o}{k_s}} \sqrt{\frac{k_s+k_n}{k_n}} \quad (15)$$

Optimální velikost neuspokojené poptávky:

$$Q = \frac{k_s}{k_s+k_n} \quad (16)$$

(Dömeová, Beránková, 2004)

Optimální velikost objednávky se zde z části shoduje se vzorcem (7) z modelu EOQ, kde je tento vzorec vynásobený pouze navíc konstantou složenou z k_s (jednotkové skladovací náklady) a k_n (náklady z nedostatku výroby). Rozdíl výsledku těchto dvou modelů je závislý pouze na velikosti těchto dvou proměnných. (Jablonský, 2002)

3.4.2. Stochastické

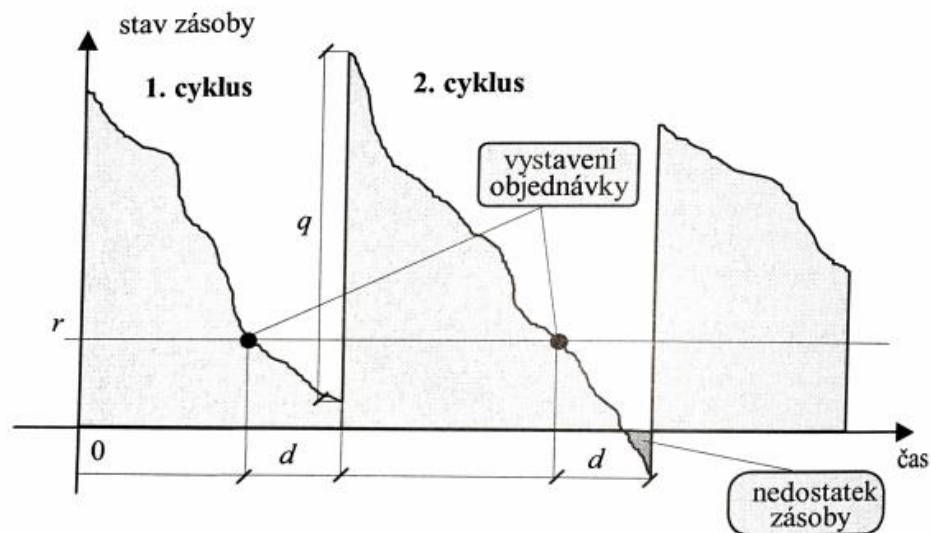
Stochastické modely jsou známy tím, že na rozdíl od deterministických modelů předpokládají, že velikost objednaného množství není známé, ale dodací lhůta známa je a je konstantní. V reálném prostředí firmy je spíše více pravděpodobné setkání se se stochastickým druhem modelů, jelikož poptávka, která určuje velikost objednávky, není nikdy dopředu s dostatečnou jistotou předpovězena. Tento problém nepředvídatelnosti se pokouší vyřešit využitím takzvané pojistné zásoby, která je doplňující k optimální velikost objednávky. (Sixta, Žižka, 2009)

V praxi se lze setkat právě s teorií, kdy se záměrně vytváří koncept dvojitého zaskladňování, kdy se nejdříve bere zásoba z druhého skladu, po klesnutí určité úrovně (bod znovuobjednávky) se vystaví nová objednávka. Kvůli nepředvídatelné poptávce se může stát, že zásoba dojde dříve, než dodávka přijde, a v tu chvíli se začíná čerpat z prvního skladu. Po doručení dodávky se doplní první sklad a poté druhý. První sklad v tomto případě tvoří pojistnou zásobu. (Hillier, Lieberman, 2001)

Z toho plyne, že když se vezme v potaz variabilita poptávky, mohou nastat dvě situace:

- Poptávka během dodací lhůty nové dodávky bude nižší, dodávka po překročení bodu znovuobjednávky vyznačen písmenem r dojde na sklad dříve, než stav zásob zcela vyčerpáme (poptávka je stále uspokojena). V grafu 5 je situace vyobrazena v 1. dodávkovém cyklu.
- Poptávka během dodací lhůty nové dodávky bude vyšší, dodávka nestihne přijít na sklad do doby, kdy se zásoby zcela vyčerpají (poptávka není uspokojena). V grafu 5 je tato situace vyobrazena v 2. dodávkovém cyklu.

(Jablonský, 2002)



Graf 4 - Stav zásob ve stochastickém modelu, zdroj: (Jablonský, 2002)

Hlavním úkolem je zde opět minimalizovat celkové náklady, které se skládají jak ze skladovacích a pořizovacích, tak i z nákladů z nedostatku zásob. Právě náklady z nedostatku výroby jsou zde nejvíce problémové, protože není předem známá poptávka, je potřeba prošetřit, zda k vyčerpání všech zásob dojde či nikoli. (Dömeová, Beránková, 2004)

Důležité a rozhodující je zde, jaká strategie při vystavování objednávky se zvolí. Každá má své klady i zápory a záleží zde na okolnostech situace, cenách a preferencích.

Jednotlivé strategie jsou popsány v tabulce 1.

Rozhodnutí (strategie)	Výsledek
Snížit objednávací úroveň	<ul style="list-style-type: none"> ○ Snížení skladovacích nákladů pojistné zásoby. ○ Zvýšení nákladů z nedostatku zásoby.
Snížit velikost objednávky	<ul style="list-style-type: none"> ○ Snížení skladovacích nákladů běžné zásoby. ○ Zvýšení pořizovacích nákladů a nákladů z nedostatku zásoby.
Zvýšit objednávací úroveň	<ul style="list-style-type: none"> ○ Zvýšení skladovacích nákladů pojistné zásoby. ○ Snížení nákladů z nedostatku zásoby.
Zvýšit velikost objednávky	<ul style="list-style-type: none"> ○ Zvýšení skladovacích nákladů běžné zásoby. ○ Snížení pořizovacích nákladů a nákladů z nedostatku zásob.

Tabulka 1 - Důsledky rozhodnutí ve stochastickém modelu, zdroj: (Dömeová, Beránková, 2004)

Všechny nejasnosti týkající se nepředvídatelnosti se zde řeší pomocí statistických ukazatelů a výpočtů, kde se jedná zejména o poptávku, u které se předpokládá normální rozdělení, a je známá střední hodnota a směrodatná odchylka. (Roy, 2005)

Data potřebná pro získání těchto nezbytných věcí pro přibližný odhad poptávky, a tak určit i velikost objednávky, lze ve většině případů určit z dat minulých let. (Sasieni, 1959)

Modely se stochastickou poptávkou a znovuobjednávkou

Opět je hlavním úkolem ušetřit. Je možnost toho docílit tak, že se musí zvolit taková velikost objednávky a objednávací úroveň, aby se celkové náklady, navršené o složku za ztrátu z důsledku neuspokojení poptávky, blížily k minimu. (Dömeová, Beránková, 2004)

Úroveň obsluhy je nový pojem, který vyjadřuje pravděpodobnost, která říká informaci o tom, jak se v daném cyklu podaří uspokojit poptávku neboli nedojde k neuspokojení požadavků. Pro přehlednost lze ilustrovat situaci, kdy se objednávací úroveň rovná hodnotě 0,5. Znamená to, že každý druhý cyklus nebude uspokojena poptávka. Hodnota 0,9 znamená, že poptávka nebude průměrně uspokojena jednou z deseti případů. (Jablonský, 2002)

„Poptávku nelze odložit a v případě neuspokojení se ztráty rovnají ušlému zisku plus dalším ztrátám (poškození dobré pověsti). V případech, kdy jsou ztráty z nedostatku zásoby vyšší než skladovací náklady, je výhodné udržovat určitou pojistnou zásobu“ (Dömeová, Beránková, 2004)

Pojistná zásoba je vysvětlována jako dodatečná zásoba, která slouží k zajištění převisu poptávky během pořizovací lhůty dodávky. Důležité je ovšem uvážit, že vyšší pojistná zásoba vede k vyšší úrovni obsluhy, ale také vede k vyšším skladovacím nákladům. (Jablonský, 2002)

Pro výpočet velikosti objednávky se doporučuje použít vzorec z předešlé kapitoly (7). Je možno v tomto vzorci zaměnit proměnnou Q , podle příslušných vztahů střední hodnotou poptávky. (Jablonský, 2002, s. 229; Dömeová, Beránková, 2004)

Postup pro výpočet objednacích úrovně je složen z objednacích úrovně, která je rovna střední hodnotě spotřeby (poptávky), za dobu porřízení dodávky a je zvýšena o pojistnou zásobu.

Toto je jeden ze způsobů, jak se dá dojít k vyřešení složitých modelů optimalizace ve stochastickém prostředí.

Předpoklady modelu jsou podobné jako u deterministických modelů, až na pár výjimek.

- **Je nám známa pořizovací lhůta a je konstantní**
- **Bez ohledu na trvání se náklady z nedostatku zásoby váží vždy k jedné jednotce**
- **Poptávka během pořizovací lhůty má normální rozdělení**
- **Optimální objednávací úroveň je vyšší než střední hodnota poptávky v pořizovací lhůtě**
- **Kladná pojistná zásoba**

(Dömeová, Beránková, 2004)

Jedním z hlavních předpokladů je zmíněná normalita rozdělení testovaného souboru. Tato normalita se prověřuje pomocí statistických testů. Jedním z těchto testů je Shapiro – Wilkův test normality, který pracuje s tím, že náhodný výběr $X = (X_1, \dots, X_n)'$ pochází z rozdělení $N(\mu, \sigma^2)$. Hlavní myšlenkou testu je zjistit, zda body výběru jsou v příslušném $Q-Q$ grafu výrazně vzdáleny od regresní přímky proložené těmito body. Tento test je převážně určen pro výběry menšího rozsahu $n < 50$.

Testovány jsou hypotéza H_0 – vybrané rozdělení má normální rozdělení, hypotéza H_1 – vybrané rozdělení nemá normální rozdělení. Tyto hypotézy se testují na zvolené procentní hladině významnosti – α .

(Royston, 1982)

Marginální přístup pro výpočet objednávací úrovně

Pro výpočet optimální objednávací úrovně marginálním přístupem je prvním krokem postupu určení velikosti objednávky.

Vzorec (7) je po upravení v podobě, jak je popsán výše, tedy nahrazení celkové poptávky jejím odhadem - \bar{P} .

$$Q = \sqrt{\frac{2 \bar{P} k_o}{k_s}} \quad (19)$$

Dále je zapotřebí stanovit objednávací úroveň – R , která je rovna střední hodnotě poptávky po dobu pořízení dodávky – \bar{M} .

$$R = \bar{M} \quad (20)$$

Postupně bude tato hodnota zvyšována po jednotce až do doby, kdy tato hodnota nebude nákladově výhodnější než hodnota, kdyby jednotka přidána nebyla.

Náklady na přidání jednotky:

Označí se jako – NP. Vyjádří se jako roční marginální náklady, které jsou přibližně rovny skladovacím nákladům, jelikož se stane tato nová jednotka součástí pojistné zásoby a stráví tak ve skladovací zásobě delší časový úsek. Hodnota je konstantní, považují-li se skladovací náklady pro každou přidanou jednotku stejné.

$$NP = k_s \quad (21)$$

Náklady na nepřidání další jednotky:

Označí se jako – NNP. Jde o marginální náklady rovnající se pravděpodobnosti, která vyjadřuje, že za dobu pořízení dodávky bude poptávka po nově přidané jednotce násobené jednotkovými náklady z nedostatku zásoby – k_n a počtem dodávkových cyklů $\frac{\bar{P}}{Q}$. Funkce nákladů je klesající za předpokladu, že nejvyšší poptávka je po první jednotce a poté klesá.

Pravděpodobnost, že poptávka během doby pořízení dodávky nebude vyšší než objednávací úroveň (uspokojena bude ze zásob stávajících).

$$F(R) = \text{pravděpodobnost}(M \leq R) \quad (22)$$

Pravděpodobnost poptávky po dalších jednotkách je poté vyjádřena jako:

$$[1 - F(R)] \quad (23)$$

Nakonec podoba vzorce pro náklady za nepřidání další jednotky:

$$NC = [1 - F(R)] \cdot k_n \cdot \frac{\bar{P}}{Q} \quad (24)$$

Minimální celkové náklady:

Minimálních celkových nákladů se dosáhne tak, že se marginální náklady přidání a nepřidání jednotek rovnají. V grafu 6 se protínají.

$$k_s = NNP \quad (25)$$

Ze vzorce (25) lze vyjádřit pravděpodobnost, že během doby pořízení dodávky bude poptávka uspokojena.

$$F(R) = 1 - \frac{k_s \cdot Q}{k_n \cdot \bar{P}} \quad (26)$$

Zavedením koeficientu zajištěnosti – Z , se určí snadněji výše pojistné zásoby. Ta musí být dostatečně velká, aby hodnota pravděpodobnosti $F(R)$ byla dosažena.

Pomocí funkce v programu Excel (NORM.S.INV) lze zjistit hodnotu standardizovaného normálního rozdělení – koeficient zajištěnosti Z , která odpovídá požadované výši úrovně obsluhy.

Pojistná zásoba se pak vypočítá podle vzorce:

$$w = Z \cdot \sigma_M \quad (27)$$

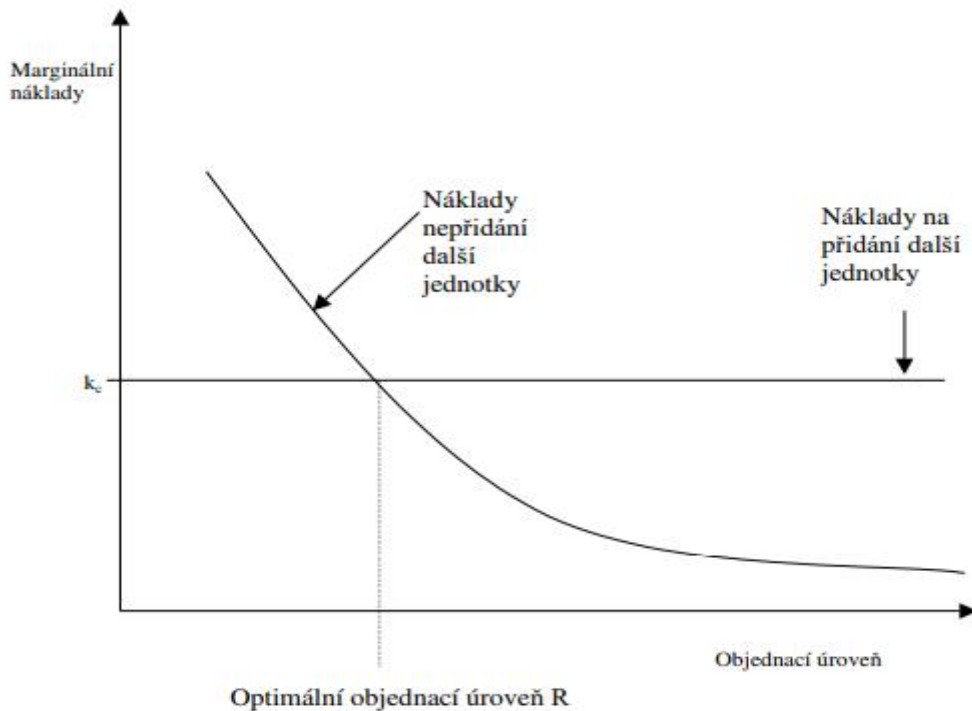
Objednací úroveň:

$$R = \bar{M} + w \quad (28)$$

$$R = \bar{M} + Z \cdot \sigma_M \quad (29)$$

Celkové náklady se poté řídí vztahem:

$$NC_{(Q,R)} = [k_o + k_n \cdot \sigma_M \cdot N(Z)] \cdot \frac{\bar{P}}{Q} + \left[\frac{Q}{2} + (R - \bar{M}) \right] \cdot k_s \quad (30)$$



Graf 5 - Marginální náklady za přidání a nepřidání další jednotky, zdroj: (Dömeová, Beránková, 2004)

(Dömeová, Beránková, 2004; Bartmann, 1992)

Optimální objednací úroveň po stanovení úrovně obsluhy

Model pracující s úrovní obsluh – *PP* neboli se zajištěním, že bude poptávka během pořizování dodávky uspokojena. Tedy, že bude uspokojena ze stávajících zásob. (Dömeová, Beránková, 2004)

Rozdíl od předchozího modelu je v tom, že v tomto modelu je určen podíl celkové uspokojené poptávky. Při výpočtu objednávací úrovně je tak možnost zanechat pravděpodobnost, se kterou má být uspokojena poptávka z dosavadních zásob, a to za použití minimálních nákladů. K určení úrovně obsluhy někdy může posloužit porovnání s ostatními konkurenty na trhu. (Jablonský, 2007)

V předchozích modelech byla také známa hodnota ztráty při nedostatku zásob. Výhoda tohoto modelu je, že lze použít při složitém výpočtu této ztráty. (Roy, 2005, s. 123)

Optimální velikost objednávky se vypočítá pomocí vzorce z předešlého modelu (19).

Před tím, než se určí optimální objednávací úroveň, vyjádří se počet očekávaných neuspokojených objednávek během pořizovací doby dodávky – k' .

$$k' = \sigma_M \cdot \tau(k) \quad (31)$$

V tomto vzorci je zapotřebí zjistit hodnotu pomocné funkce koeficientu zajištěnosti $\tau(k)$. To se zajistí pomocí vzorce neuspokojené poptávky vydělenou celkovou poptávkou.

$$\frac{\sigma_M \cdot \tau(k)}{Q} = 1 - PP \quad (32)$$

Dále tak už lze vyjádřit:

$$\tau(k) = \frac{Q \cdot (1 - PP)}{\sigma_M} \quad (33)$$

Výsledná hodnota $\tau(k)$ je poté vyhledána v příslušné tabulce, viz. příloha 9.1, a je zjištěna hodnota koeficientu zajištěnosti - k .

Závěrem se vypočte hodnota objednacích úrovně.

$$R = \bar{M} + k \cdot \sigma_M \quad (34)$$

Pokud hodnota funkce $\tau(k)$ překročí nejvyšší obsaženou hodnotu v příslušné tabulce, nebo je vyhledané $k < 0$, je tato hodnota brána jako rovna nule a stávající úroveň obsluhy není zapotřebí zvyšovat. Pojistná zásoba tak není nutná. (Dömeová, Beránková, 2004)

4. Praktická část

4.1. O vybraném podniku

Na úvod je nutno zmínit, že kvůli citlivosti dat si přál být podnik uchován v anonymitě. Autor na základě vstřícnosti za poskytnutá data souhlasil.

Jedná se o podnik světového formátu, který čítá mnoho poboček po celém světě. Patří k předním výrobcům klimatizačních a kompresorových jednotek na světě. Přesněji se jedná o tzv. montážní podnik, kde jsou dané produkty sestavovány, ale materiál potřebný pro sestavení je vyráběn jinou firmou. V důsledku toho je zde řešena problematika zásobování.

Podnik se zabývá sestavováním klimatizačních jednotek pro autobusové a vlakové dopravní prostředky. K tomuto druhu výroby jsou také v podniku sestavovány výměníky, které jsou pájeny a připravovány pro daný typ vyráběné jednotky.

Podnik se mimo klimatizací také zabývá sestavováním velkých kompresorových jednotek, které mají hlavní využití ve výrobních podnicích, kde zprostředkovávají možnost použití nářadí poháněné vzduchem.

V montážní hale je umístěno 12 montážních linek. Zbytek tvoří zázemí pro údržbu, prototypovou dílnu a skladovací prostory.

4.2. Konkrétní výrobní linka

Montážní linky v podniku mají určené denní takty, během kterých je nutno daný typ jednotky na lince sestavit. Také je zapotřebí si uvědomit, že každá linka disponuje možností vyrábět různé typy jednotek, tedy že se na jedné lince nevyrábí po celý rok pouze jeden typ jednotky. Různé typy jednotek se od sebe liší například velikostí, cenou, výkonem, typem umístění nebo dobou taktu sestavení.

Pro účely této práce byla vybrána nejvhodnější linka, kde by mohl model řízení zásob pomoci ke snížení nákladů. Jedná se o linku pro výrobu klimatizačních jednotek na autobusové dopravní prostředky. Na konkrétní lince se vyrábí během roku 14 typů jednotek. Poptávka je zde určována vždy měsíc dopředu, Je v ní objednáván typ a počet kusů.

4.3. Vstupní data a informace

Data poskytnutá podnikem ukazují, jaké typy se vyrábí na vybrané lince. Zároveň jsou zde poskytnuta data za rok 2018, která poslouží pro vybrání jednoho typu jednotky, pro kterou bude model aplikován. Také se dá pomocí dat z minulého roku odhadnout budoucí hodnota poptávky. Každá jednotka, která je sestavována, se skládá z mnoha dílů. Nejzrůslehlejším a také nejdůležitějším dílem pro jednotku, bez které nelze začít jednotku stavět, je tzv. kostra. Na tuto kostru se poté staví další díly potřebné pro jednotku. Kostra je vyráběna a dovážena z jiného podniku.

Název	2018-01	2018-02	2018-03	2018-04	2018-05	2018-06	2018-07	2018-08	2018-09	2018-10	2018-11	2018-12	Celkový součet
ATHENIA 805		2	2	2						3			9
ATHENIA 960	2	2	3	1		10	2			4	3	12	43
ATHENIA AP-L			1	2				2				1	2
ATHENIA DS 805						8							8
ATHENIA E 700 H	5	16	11	9	30	20	16	29	31	43	42	24	276
ATHENIA E 960 H	1	2										1	4
ATHENIA E800	10	40	33	10	11	4	23	13	12	13	15		184
ATHENIA EDS 700H		1											1
ATHENIA MKII 500	60	31	14		12	6		17	20	34	31	21	246
ATHENIA MKII 700				13	5								18
ATHENIA MKII 805	214	192	205	171	165	146	126	150	256	296	232	100	2267
ATHENIA MKII 960	117	134	163	154	214	173	102	72	64	80	99	40	1417
ATHENIA MKII E 700	11	7	22	45	18	3	1	8	4	11	3	15	150
ATHENIA MKII E 960	4	4	11	6		9	5	4	6	2	5	11	67

Tabulka 2 - Počet vyrobených jednotek za rok 2018, zdroj: vlastní tvorba

Z dat uvedených v Tabulce 2 byla vybrána jednotka typu ATHENIA MKII 805, která měla během roku 2018 největší zastoupení a nepředpokládá se výrazná změna v budoucí poptávce. Celkem této jednotky bylo vyrobeno 2267 kusů, což činí spotřebu 2267 koster. Rozložení výroby během celého roku je znázorněno na Grafu 7.



Graf 6 - Počet vyrobených jednotek za rok 2018, zdroj: vlastní tvorba

V Grafu 7 je viditelný mírný pokles v měsíci červenec. To mohlo být způsobeno čtrnáctidenní celozávodní dovolenou, která je v tomto termínu každoročně plánována, a v tomto termínu se tedy nevyrábí.

Popisná statistika	
Stř. hodnota	187,75
Chyba stř. hodnoty	16,24113978
Medián	181,5
Modus	-----
Směr. odchylka	56,26095853
Rozptyl výběru	3165,295455
Špičatost	-0,216977506
Šikmost	0,393375188
Rozdíl max-min	196
Minimum	100
Maximum	296
Součet	2253
Počet	12

Tabulka 3 - Popisná statistika vybraného souboru, zdroj: Excel

Vybraný soubor byl blíže popsán po statistické stránce pomocí softwaru Excel.

Podle Tabulky 3 se může určit střední hodnota souboru, směrodatná odchylka a další ukazatel. První dvě zmíněné hodnoty budou potřeba pro pozdější výpočty.

Rozdělení poptávky po tomto typu jednotky bylo pomocí doplňku softwaru Excel XLSTAT testováno a výsledky jsou viditelné v Tabulce 4.

Shapiro-Wilk test:

W	0,985
p-value (Two-tailed)	0,997
alpha	0,05

Tabulka 4 - Test normality rozdělení poptávky za rok 2018, zdroj: XLSTAT Excel

Testované hypotézy:

- H0 – soubor má normální rozdělení,
- H1 – soubor nemá normální rozdělení.

Podle výsledků v Tabulce 4 je p-hodnota vybraného souboru dat mnohem vyšší než hladina významnosti alfa. Nemůže se tak na 5 % hladině významnosti zamítnout testovaná hypotéza H_0 . Testovaný soubor má normální rozdělení.

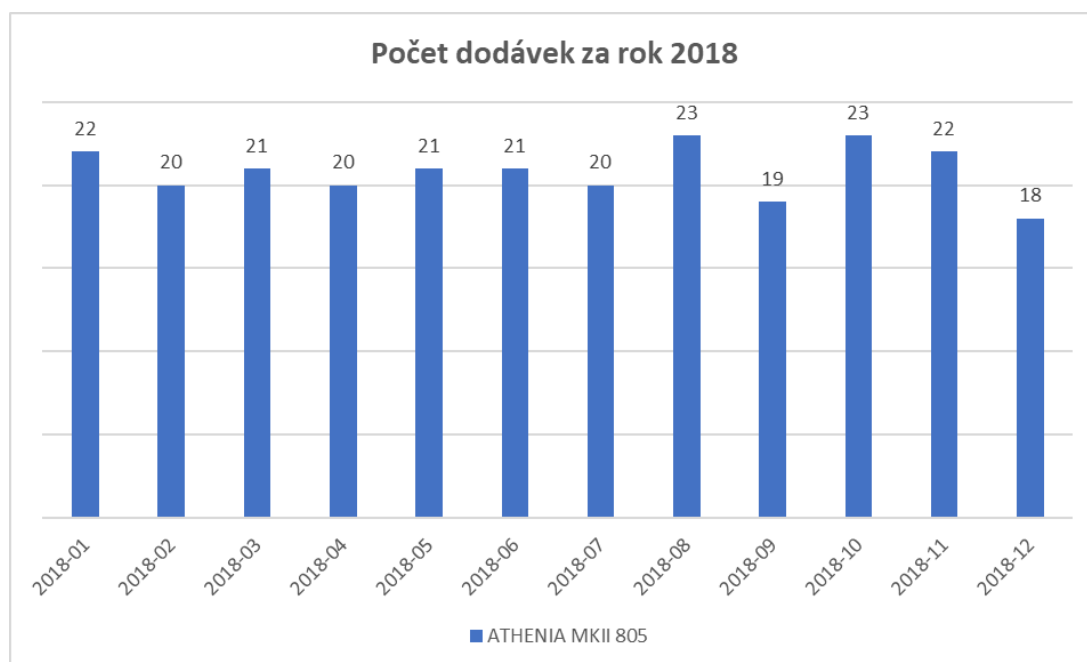
4.4. Celkové náklady ve stávající situaci

Stávající situace v řízení zásobování je v aktuálním stavu velice odlišná od běžných modelů řízení zásob, které vycházejí z metod operačního výzkumu.

Strategie zásobování je založena na principu dodávky materiálu každý pracovní den. Každý den je dovezena dodávka počtu dílu vždy na den nadcházející, který je naplánovaný. Tento plán je vytvářen na každý měsíc dopředu podle zadání zákazníka. Nepočítá se zde tedy s jakoukoli skladovou zásobou tohoto materiálu.

Dodací lhůta se skládá z doby, která je potřebná pro výrobu dané kostry, která činí 9 dnů, a doby, ke které se dodavatel zavazuje, že nejpozději dorazí k zákazníkovi, která činí 2 dny. V součtu tak pořizovací lhůta dodávky – t_d , činí 11 dnů.

Počty dodávek je možno rozpočítat během roku podle vyrobených jednotek za měsíc. Tyto údaje jsou zobrazeny v Grafu 8.



Graf 7 - Počet dodávek za rok 2018, zdroj: vlastní tvorba

V Grafu 8 je tedy zřejmé, že během ledna 2018 se uskutečnilo 22 dodávek. Tento počet je roven pracovním dnům v daném měsíci.

Náklady na dodávku jsou spojené spolu s náklady na objednání. Náklady na dodávku byly vyčísleny jako hodinová sazba závozu, která činí 485,- Kč. Náklady na objednávku byly podnikem spočítány také jako hodinová sazba pracovníka, který objednávku vykonává, navýšené o ostatní dodatečné náklady (kancelářské potřeby, počítač, telefon). Tato hodnota činí 300,- Kč. V součtu tak fixní náklady na objednávku (dodávku) – k_o , jsou 785,- Kč. Nezáleží zde na počtu objednávaného zboží, tento náklad se zaplatí vždy.

Sestavit náklady na skladování je poněkud složité, jelikož podnik zásoby nevytváří, tedy nemá tyto náklady zavedené. Po diskuzi bylo doporučeno tuto hodnotu nahradit náklady na manipulaci, ve kterém jsou zahrnuty náklady na složení jedné dodávky, která byla poté průměrně rozložena na kus materiálu (jedna kostra) potřebný pro sestavení jednotky. Tato hodnota je použita pro časový úsek jeden rok. Jednotkové roční skladovací náklady na jednu jednotku – c_s , činí 50,- Kč.

Celkové roční pořizovací náklady – c_o , jsou vypočítány součinem počtu objednávek za rok a fixními náklady na objednávku.

- Počet objednávek za rok 2018 = 250,
- Fixní náklady na objednávku = 785,- Kč,

$$c_o = 250 \cdot 785 = 196\,250, - \text{Kč}$$

Celkové roční pořizovací náklady za rok 2018 činily **196 250,- Kč**.

Celkové roční skladovací náklady – c_s , se v tomto případě vypočítají jako celkový počet přivezeného materiálu do podniku za rok (počet vyrobených jednotek) vynásobený ročními skladovacími náklady (náklady na manipulaci).

- Celkový počet přivezeného materiálu (vyrobených jednotek) = 2253 kusů,
- Jednotkové roční skladovací náklady = 50,- Kč,

$$c_s = 2253 \cdot 50 = 112\,650, - \text{Kč}$$

Celkové roční skladovací náklady za rok 2018 činily **112 650,- Kč**.

Tyto náklady byly spočítány pro lepší představu jako průměrné, aby bylo možné porovnat výsledky po výpočtu optimalizace řízení zásob.

Celkové roční náklady – NC , v podniku za rok 2018 jsou součtem celkových ročních pořizovacích nákladů a celkových ročních skladovacích nákladů.

- Celkové roční pořizovací náklady = 196 250,- Kč,
- Celkové roční skladovací náklady = 112 650,- Kč,

$$NC = 196\,250 + 112\,650 = 308\,900, - \text{Kč}$$

Celkové roční náklady za rok 2018 činily **308 900,- Kč**.

Tato hodnota je důležitá pro závěrečné zhodnocení celé práce.

4.5. Model optimalizace zásob

Vzhledem k vlastnostem poptávky, která v situaci podniku nastává, byl zvolen model řízení zásob se stochastickou poptávkou a znovuobjednávkou, jelikož nelze dopředu s přesností určit budoucí poptávku na rok 2019. Přesněji se jedná o modely výpočtu optimální objednávací úrovně (marginální přístup) a výpočtu optimální objednávací úrovně po stanovení úrovně obsluhy. Poptávka se bude odhadovat s určitou pravděpodobností pomocí dat dostupných za rok 2018.

Jelikož se podnik aktuálně řídí velice odlišnou strategií zásobování, nežli se počítá v modelech řízení zásob v operačním výzkumu, je zapotřebí navrhnout takové řešení, které počítá se skladovacími zásobami a objednávací úrovní, při které se zavede nová optimální velikost objednávky.

Podnik také nepočítá s nedostatkem zásob, tudíž nejsou vytvářeny náklady na nedostatek výroby. Na tomto podniku i nadále trval, bude tudíž zavedena úroveň obsluhy velice se blíží 100 %. Náklady na nedostatek výroby – k_n , byly určeny jako prostý náklad na celou linku, kdy zaměstnanci nemohou vykonávat práci, ale podnik za ně i tak musí vést náklady. Tyto náklady byly vyčísleny na 1500,- Kč.

4.5.1. Optimální velikost objednávky – Q

Pro výpočet vybraného modelu se nejdříve začne výpočtem optimální velikosti objednávky, která se bude objednávat ve stejném množství po celý rok. Použije se odmocninový vzorec (19).

Pro výpočet je nutné znát:

- \bar{P} – předpokládaná roční poptávka pro rok 2019 = 2253,

- k_o – jednotkové fixní pořizovací náklady = 785,- Kč,
- k_s – jednotkové roční skladovací náklady = 50,- Kč,

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot 2253 \cdot 785}{50}} = 265,978 \text{ ks}$$

Optimální velikost objednávky činí 265,978 kusů. Jelikož nelze přivést 0,978 ks kostry, je výsledek zaokrouhlen nahoru na hodnotu **266 ks**.

Bude se tedy v jedné dodávce objednávat 266 ks koster pro 266 jednotek.

4.5.2. Optimální objednacích úroveň – R

Marginální přístup

Nejdříve se vypočítá pravděpodobnost, že poptávka během pořizovací lhůty dodávky bude uspokojena ze zásob, které se v podniku nacházejí. Použijeme k tomu vzorec pro výpočet této pravděpodobnosti (26).

Pro tento výpočet je nutné znát:

- k_s – jednotkové roční skladovací náklady = 50,- Kč,
- k_n – náklady na nedostatek zásoby = 1 500,- Kč,
- Q – optimální velikost objednávky = 266 ks,
- \bar{P} – předpokládaná roční poptávka pro rok 2019 = 2253,

$$F(R) = 1 - \frac{50 \cdot 266}{1500 \cdot 2253} = 0,996065$$

Poptávka bude uspokojena během pořizovací lhůty dodávky s pravděpodobností 99,6 %. Tato pravděpodobnost je důležitá pro výpočet pojistné zásoby, aby byla tato pravděpodobnost dodržena. Hodnota $F(R)$ je poté vyhledána v příslušných tabulkách standardizovaného normálního rozdělení nebo se doporučuje pro co největší přesnost použít software Excel, konkrétně funkci NORM.S.INV. Dle této funkce je hodnota koeficientu zajištění $Z = 2,657554$.

K výpočtu pojistné zásoby je zapotřebí znát střední hodnotu poptávky během pořizovací lhůty dodávky - \bar{M} a její směrodatnou odchylku σ_M . Tyto hodnoty se vypočítají z celkové předpokládané poptávky, její směrodatné odchylky (viz. Tabulka 3) a pořizovací lhůty dodávky. Počítáme, že rok má 360 dnů a měsíc 30 dnů.

- t_d – pořizovací lhůta dodávky = 11 dnů,
- \bar{P} – celková předpokládaná poptávka = 2253,
- σ – směrodatná odchylka poptávky = 20,629018,

$$\bar{M} = \frac{2253}{360} \cdot 11 = 68,841667$$

$$\sigma_M = \frac{20,629018}{30} \cdot 11 = 20,629018$$

Pojistná zásoba – w , se poté vypočítá podle vzorce (27), tedy jako součin koeficientu zajištěnosti a směrodatné odchylky během pořizovací lhůty dodávky.

- Z – koeficient zajištěnosti = 2,657554,
- σ_M – směrodatná odchylka během pořizovací lhůty dodávky = 20,629018,

$$w = 2,657554 \cdot 20,629018 = 54,822739 \text{ ks}$$

Pojistná zásoba činí 54,822739 ks koster. Jelikož nelze skladovat pouze 0,822739 ks koster, je tato hodnota zaokrouhlena nahoru na hodnotu 55 ks.

Posledním krokem je samotný výpočet optimální objednávací úrovně. Tuto hodnotu zjistíme pomocí vzorce (28), resp. (29). Pro výpočet je zapotřebí znát střední hodnotu předpokládané poptávky během pořizovací lhůty dodávky a velikost pojistné zásoby.

- \bar{M} – střední hodnota předpokládané poptávky během pořizovací lhůty dodávky = 68,841667,
- w – velikost pojistné zásoby = 55 ks,

$$R = 68,841667 + 55 = 123,841667 \text{ ks}$$

Optimální objednávací úroveň je rovna hodnotě 123,841667. Jelikož nelze pracovat s 0,841667 ks kostry, je tato hodnota zaokrouhlena nahoru na hodnotu 124 ks.

Po stanovených výpočtech lze určit strategii zásobování. Bude se objednávat vždy 266 ks koster, když zásoba v podniku klesne na hranici 124 ks koster.

Po stanovení úrovně obsluhy

Rozdílem této metody výpočtu optimální objednacích úrovně je, že je dán podíl z celkové předpokládané poptávky, který je požadovaný uspokojit ze zásob – *PP*.

Požadavek vedení firmy v úvodu praktické části této práce byl pokud možno co největší uspokojení poptávky. Neměla by tedy nastat situace, kdy by vznikaly náklady z nedostatku výroby. Z tohoto důvodu byla hodnota úrovně obsluhy zvolena velice blízko 100 %, a to na hodnotu 99 %.

Nejdříve určíme hodnotu pomocné funkce $\tau(k)$, podle které určíme hodnotu koeficientu zajištěnosti – k . K výpočtu použijeme vzorec (33).

Pro výpočet je nutné znát:

- Q – optimální velikost objednávky = 266 ks,
- σ_M – směrodatná odchylka během pořizovací lhůty dodávky = 20,629018,
- PP – požadovaná úroveň obsluhy = 99 %,

$$\tau(k) = \frac{266 \cdot (1 - 0,99)}{20,629018} = 0,128945$$

Hodnotu koeficientu zajištěnosti – k , nalezneme v Příloze 9.1. Hodnota koeficientu zajištěnosti je rovna hodnotě 0,76.

Výpočet optimální objednacích úrovně je podobný jako u předchozí metody, ovšem s novou hodnotou koeficientu zajištěnosti podle vzorce (34).

- \bar{M} – střední hodnota předpokládané poptávky během pořizovací lhůty dodávky = 68,841667,
- k – koeficient zajištěnosti = 0,76,
- σ_M – směrodatná odchylka během pořizovací lhůty dodávky = 20,629018,

$$R = 68,841667 + 0,76 \cdot 20,629018 = 84,678054$$

Optimální objednacích úroveň byla stanovena na hodnotu 84,678054. Jelikož nelze pracovat s 0,678054 ks koster, je tato hodnota zaokrouhlena nahoru na hodnotu 84 ks.

V tomto případě se nám s porovnáním s předchozí metodou výpočtu změnila jak velikost pojistné zásoby, která nyní činí přibližně 16 ks koster, tak ale také optimální objednávací úroveň na hodnotu 85 ks koster.

Zásobovací strategie by se zde tedy změnila v závislosti na splnění předpokladu, že 99 % požadavků bude uspokojeno ze zásob, a to že se bude objednávat 266 ks koster vždy, když klesne zásoba na hranici 85 ks koster. Dá se tímto předpokládat nižší skladovací náklady.

4.5.3. Celkové roční náklady modelu

Pro závěrečné zhodnocení je potřeba znát hodnotu celkových ročních nákladů vypočtených modelů – $NC_{(Q,R)}$. Výpočty budou prováděny podle vzorce (30).

Potřebné hodnoty pro výpočet:

- k_o – jednotkové fixní pořizovací náklady = 785,- Kč,
- k_n – náklady na nedostatek zásoby = 1 500,- Kč,
- σ_M – směrodatná odchylka během pořizovací lhůty dodávky = 20,629018,
- $N(Z)$ – pravděpodobnost uspokojení předpokládané poptávky během pořizovací lhůty dodávky = 0,996065
- \bar{P} – předpokládaná roční poptávka pro rok 2019 = 2253,
- Q – optimální velikost objednávky = 266 ks,
- R – optimální objednávací úroveň,
- \bar{M} – střední hodnota předpokládané poptávky během pořizovací lhůty dodávky = 68,841667,
- k_s – jednotkové roční skladovací náklady = 50,- Kč,

Celkové náklady optimální objednávací úrovně – marginální přístup

Pro výpočet je použita hodnota optimální objednávací úrovně $R = 124$ ks.

$$NC_{(Q,R)} = [785 + 1500 \cdot 20,629018 \cdot 0,996065] \cdot \frac{2253}{266} + \left[\frac{266}{2} + (124 - 68,841667) \right] \cdot 50 = 277\,114,71, - \text{Kč}$$

Celkové roční náklady při objednávání 266 ks koster vždy, když klesne zásoba koster v podniku na hranici 124 ks, činí **277 114,71,- Kč**.

Celkové náklady optimální objednací úrovně – stanovená úroveň obsluhy

Tentokrát se nám změní ve výpočtu objednací úroveň na hodnotu $R = 85$ ks.

$$NC_{(Q,R)} = [785 + 1500 \cdot 20,629018 \cdot 0,996065] \cdot \frac{2253}{266} + \left[\frac{266}{2} + (85 - 68,841667) \right] \cdot 50 = 275\,164,71, - \text{Kč}$$

Celkové roční náklady při objednávání 266 ks koster vždy, když klesne zásoba koster v podniku na hranici 85 ks, činí **275 164,71,- Kč**.

Náklady se mírně snížily od předchozí metody, přesně o 1 950,- Kč. To bylo způsobeno snížením objednací úrovně o 39 ks. To se projevilo ve skladovacích nákladech, kdy skladujeme menší množství materiálu.

5. Zhodnocení výsledků

Byly spočítány dvě teoretické strategie, které jsou si velice blízké po složce nákladové. Jedná se konkrétně o strategie marginálního přístupu a strategie po zavedení požadované úrovně obsluhy. Obě strategie jsou vyobrazeny v Tabulce 5.

Proměnné	Metoda výpočtu úrovně obsluhy	
	Marginální přístup	Požadovaná úroveň obsluhy
Optimální velikost objednávky	266 ks	266 ks
Optimální objednávací úroveň	124 ks	85 ks
Celkové náklady	277 114,71 Kč	275 164,71 Kč

Tabulka 5 - Zobrazení výsledků výpočtů nákladů, zdroj: vlastní tvorba

Je vidět rozdíl pouhých 1 950,- Kč. Jak už bylo výše zmíněno, tento rozdíl tvoří o 39 ks menší skladovou zásobu v případě použití strategie optimální úrovně obsluhy při stanovení požadované úrovně obsluhy.

V porovnání se stávající strategií po nákladové stránce jsou zde vidět znatelné rozdíly v celkových ročních nákladech.

	Aktuální situace řízení zásob	Modely řízení zásob operačního výzkumu	
		Marginální přístup	Požadovaná úroveň obsluhy
Celkové náklady	308 900,00 Kč	277 114,71 Kč	275 164,71 Kč
Úspora		31 785,29 Kč	33 735,29 Kč

Tabulka 6 - Zobrazení celkových ročních nákladů všech strategií s úsporami, zdroj: vlastní tvorba

Při porovnání celkových ročních nákladů je na první pohled zřejmé, že potenciální zavedení vybraných modelů řízení zásob vede ke snížení celkových ročních nákladů.

Po teoretickém zavedení první metody, tedy výpočtu optimální objednávací úrovně marginálním přístupem, by se hodnota celkových ročních nákladů snížila o **31 785,29,- Kč**.

Po teoretickém zavedení druhé metody výpočtu optimální objednávací úrovně s požadovanou úrovní obsluhy, by se hodnota celkových ročních nákladů snížila o **33 735,29,- Kč**.

6. Závěr

Bakalářská práce byla zaměřena na problematiku řízení zásob v oblasti operačního výzkumu. Nejdříve byly v teoretické části popsány vybrané metody výpočtů pro různé situace, které by mohly být očekávány v reálném prostředí. Součástí popisu byly předpoklady jednotlivých modelů a způsoby výpočtu. Hlavní myšlenkou praktické části bylo najít zcela nové strategie řízení zásob, než tomu bylo doposud, a podložit tyto závěry číselnými hodnotami, které vyjadřovaly snížení ročních nákladů spojených s výrobou klimatizačních jednotek na dopravní prostředky.

Po konzultaci s odborníky ve vybraném podniku, prostudováním poskytnutých dat a vnitřního chodu podniku byla zvolena určitá metoda řízení zásob zabývající se výpočtem optimální velikosti objednávky a objednáci úrovně v prostředí stochastické poptávky po produktu.

Nejdříve byly vypočítány celkové roční náklady za stávající situace, aby mohl být následný výzkum řádně ohodnocen. Kdyby podnik zvolil pro další období nově vypočítanou strategii řízení zásob, dala by se očekávat úspora nákladů ve výši 31 785,29 Kč v případě první zvolené metody (marginální přístup), v druhém případě (požadovaná úroveň obsluhy) by se dala očekávat úspora ve výši 33 735,29 Kč.

Je nutno dodat, že lze tyto úspory pokládat za jedny z mnoha, vezmeme-li v potaz, že byl model spočítán pouze pro jeden typ jednotky na jedné lince. Proto by se dalo říci, že potenciál řízení zásob ve zvoleném podniku by mohl vést k výraznějšímu ovlivnění nákladové složky podniku. Také je nutno dodat, že vypočítané hodnoty je vhodné brát pouze jako orientační, jelikož matematický model není schopen zahrnout do výpočtu všechny aspekty reálného prostředí.

K úplnému závěru by chtěl autor podotknout, že po dlouhodobé analýze chodu podniku by se pro zvolení strategie vypočítané touto prací musel zásadně přeorientovat dosavadní pohled na řízení zásob v podniku. Vypočítaná strategie by vyžadovala větší vstupní investice, například na zavedení skladovacích prostor pro více jednotek a zároveň více linek, zaškolení zaměstnanců a zejména udržování stále aktuálních hodnot modelu.

Tato práce by tak mohla posloužit jako ukázka, že při úspoře nákladů na tak zdánlivě malém souboru, by mohla v rozsáhlejší podání nastavit významnější optimalizaci řízení zásob a výraznější snížení nákladů podniku.

7. Seznam použitých zdrojů

- BARTMANN, Dieter, BECKMAN, Martin J., 1992. Inventory Control: Models and Methods. Berlin : Springer-Verlag. ISBN 3-540-55820-9.
- DÖMEOVÁ, Ludmila, BERÁNKOVÁ, Martina, 2004. Modely řízení zásob I. ISBN 80-213-1140-1.
- EMMETT, Stuart, 2008. Řízení zásob. Brno: Computer Press, a.s. ISBN 978-80-251-1828-3.
- FÁBRY, Jan, 2011. Matematické modelování. Praha: Professional Publishing. ISBN 978-80-7431-066-9.
- HILLIER, Frederick S. a Gerald J. LIEBERMAN, c2001. Introduction to operations research. 7th ed. Boston: McGraw-Hill. ISBN 0072321695.
- HORÁKOVÁ, Helena, KUBÁT, Jiří, 1998. Řízení zásob. Profess Consulting s.r.o. ISBN 80-85235-55-2.
- JABLONSKÝ, Josef, 2007. Operační výzkum, kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování. Praha: Professional Publishing. ISBN 978-80-86946-44-3.
- JABLONSKÝ, Josef, 2002. Operační výzkum, kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování. Praha: Professional Publishing. ISBN 80-86419-42-8.
- MAGEE, John F., BOODMAN, David M., 1967. Production planning and inventory control. New York: MacGraw-Hill. ISBN 67-17199-39488.
- MÁLEK, Zdeněk a Zdeněk ČUJAN, 2008. Základy logistiky. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 9788073187293.
- ROY, Ram Naresh., c2005. A modern approach to operations management. New Delhi: New Age International (P) Ltd., Publishers.
- ROYSTON, J. P. 1982. Algorithm AS 181: The W Test for Normality. Applied Statistics, 31(2), 176–180.
- SASIENI, Maurice, YASPAN, Arthur, FRIEDMAN, Lawrence, 1959. Operations research: methods and problems. New York: Wiley. ISBN 978-1258819453.
- SHAMBLIN, James E., STEVENS, Gladstone Taylor Jr., 1974. Operations research, a fundamental approach. ISBN 0-07-056378-0.
- SIXTA, Josef a Václav MAČÁT, 2005. Logistika: teorie a praxe. Brno: CP Books. Business books (CP Books). ISBN 8025105733.
- TERSINE, Richard J., 1976. Materials Management and Inventory Systems. New York: North-Holland Publishing Company. ISBN 0-7204-8602-5
- VOCHOZKA, Marek, MULAČ, Petr, 2012. Podniková ekonomika. 1. vyd. Praha: Grada Publishing. ISBN 9788-02474-3721

8. Seznam grafů a tabulek

8.1. Seznam grafů

Graf 1 - EOQ model, zdroj: (Jablonský, 2007).....	19
Graf 2 - Nákladová funkce a optimální objednávka, zdroj: (Dömeová, Beránková, 2004)	20
Graf 3 - Dodávkové cykly modelu s přechodně neuspokojenou poptávkou, zdroj:(Dömeová, Beránková,2004).....	22
Graf 5 - Stav zásob ve stochastickém modelu, zdroj: (Jablonský, 2002)	25
Graf 6 - Marginální náklady za přidání a nepřidání další jednotky, zdroj: (Dömeová, Beránková, 2004).....	30
Graf 7 - Počet vyrobených jednotek za rok 2018, zdroj: vlastní tvorba	33
Graf 8 - Počet dodávek za rok 2018, zdroj: vlastní tvorba	35

8.2. Seznam tabulek

Tabulka 1 - Důsledky rozhodnutí ve stochastickém modelu, zdroj: (Dömeová, Beránková, 2004)	25
Tabulka 2 - Počet vyrobených jednotek za rok 2018, zdroj: vlastní tvorba	33
Tabulka 3 - Popisná statistika vybraného souboru, zdroj: Excel	34
Tabulka 4 - Test normality rozdělení poptávky za rok 2018, zdroj: XLSTAT Excel	34
Tabulka 5 - Zobrazení výsledků výpočtů nákladů, zdroj: vlastní tvorba.....	43
Tabulka 6 - Zobrazení celkových ročních nákladů všech strategií s úsporami, zdroj: vlastní tvorba	43

9. Seznam příloh

9.1. Hodnota koeficientu zajištěnosti – k

V řádku se nachází celá část a první desetinné místo koeficientu k ,
ve sloupci je uvedeno druhé desetinné místo veličiny k

k :	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-0,6	0,7687	0,7759	0,7833	0,7906	0,7980	0,8054	0,8128	0,8203	0,8278	0,8353
-0,5	0,6978	0,7047	0,7117	0,7187	0,7257	0,7328	0,7399	0,7471	0,7542	0,7614
-0,4	0,6304	0,6370	0,6436	0,6503	0,6569	0,6637	0,6704	0,6772	0,6840	0,6909
-0,3	0,5668	0,5730	0,5792	0,5855	0,5918	0,5981	0,6045	0,6109	0,6174	0,6239
-0,2	0,5069	0,5127	0,5186	0,5244	0,5304	0,5363	0,5424	0,5484	0,5545	0,5606
-0,1	0,4509	0,4564	0,4618	0,4673	0,4728	0,4784	0,4840	0,4897	0,4954	0,5011
-0,0	0,3989	0,4040	0,4090	0,4141	0,4193	0,4244	0,4297	0,4349	0,4402	0,4456
0,0	0,3989	0,3940	0,3890	0,3841	0,3793	0,3744	0,3697	0,3649	0,3602	0,3556
0,1	0,3509	0,3464	0,3418	0,3373	0,3328	0,3284	0,3240	0,3197	0,3154	0,3111
0,2	0,3069	0,3027	0,2986	0,2944	0,2904	0,2863	0,2824	0,2784	0,2745	0,2706
0,3	0,2668	0,2630	0,2592	0,2555	0,2518	0,2481	0,2445	0,2409	0,2374	0,2339
0,4	0,2304	0,2270	0,2236	0,2203	0,2169	0,2137	0,2104	0,2072	0,2040	0,2009
0,5	0,1978	0,1947	0,1917	0,1887	0,1857	0,1828	0,1799	0,1771	0,1742	0,1714
0,6	0,1687	0,1659	0,1633	0,1606	0,1580	0,1554	0,1528	0,1503	0,1478	0,1453
0,7	0,1429	0,1405	0,1381	0,1358	0,1334	0,1312	0,1289	0,1267	0,1245	0,1223
0,8	0,1202	0,11810	0,1160	0,1140	0,1120	0,1100	0,1080	0,10610	0,1042	0,1023
0,9	0,1004	0,0986	0,0968	0,0950	0,0933	0,0916	0,0899	0,0882	0,0865	0,0849
1,0	0,0833	0,0817	0,0802	0,0787	0,0772	0,0757	0,0742	0,0728	0,0714	0,0700
1,1	0,0686	0,0673	0,0659	0,0646	0,0634	0,0621	0,0609	0,0596	0,0584	0,0573
1,2	0,0561	0,0550	0,0538	0,0527	0,0517	0,0506	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465
1,3	0,0455	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0400	0,0392	0,0383	0,0375
1,4	0,0367	0,0359	0,0351	0,0343	0,0336	0,0328	0,0321	0,0314	0,0307	0,0300
1,5	0,0293	0,0286	0,0280	0,0274	0,0267	0,0261	0,0255	0,0249	0,0244	0,0238
1,6	0,0232	0,0227	0,0222	0,0216	0,0211	0,0206	0,0201	0,0197	0,0192	0,0187
1,7	0,0183	0,0178	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146
1,8	0,0143	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0126	0,0123	0,0119	0,0116	0,0113
1,9	0,0111	0,0108	0,0105	0,0102	0,0100	0,0097	0,0094	0,0092	0,0090	0,0087
2,0	0,0085	0,0083	0,0080	0,0078	0,0076	0,0074	0,0072	0,0070	0,0068	0,0066
2,1	0,0065	0,0063	0,0061	0,0060	0,0058	0,0056	0,0055	0,0053	0,0052	0,0050
2,2	0,0049	0,0047	0,0046	0,0045	0,0044	0,0042	0,0041	0,0040	0,0039	0,0038
2,3	0,0037	0,0036	0,0035	0,0034	0,0033	0,0032	0,0031	0,0030	0,0029	0,0028
2,4	0,0027	0,0026	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0023	0,0022	0,0021	0,0021
2,5	0,0020	0,0019	0,0019	0,0018	0,0018	0,0017	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015
2,6	0,0015	0,0014	0,0014	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011
2,7	0,0011	0,0010	0,0010	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008
2,8	0,0008	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
2,9	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004

Zdroj: DÖMEOVÁ, Ludmila, BERÁNKOVÁ, Martina, 2004. Modely řízení zásob I.