

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Diplomová práce

Kvantitativní metody řízení zásob v praxi

Bc. Marek Mísla

© 2019 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Marek Mísla

Systemové inženýrství

Název práce

Kvantitativní metody řízení zásob v praxi

Název anglicky

Quantitative methods of inventory management in practice

Cíle práce

Hlavním cílem práce je návrh nového systému řízení zásob pro pobočku stavebnin za účelem minimalizace nákladů spojených se skladovým hospodářstvím.

Hlavní cíl je dosažen pomocí dílčích cílů:

- Analýza dat poskytnutých od společnosti
- Výpočet optimálních hodnot pomocí matematického modelu
- Vyhodnocení výstupů modelu a porovnání nákladů

Vedlejším cílem práce je analýza citlivosti celkových nákladů na změnu parametrů modelu.

Metodika

- Analýza odborných zdrojů zaměřených na problematiku řízení zásob a kvantitativních metod
- Výběr vhodných metod a matematických modelů pro řešení problému
- Aplikace ABC/XYZ analýzy pro získání vstupních parametrů do matematického modelu
- Výpočet optimálních hodnot pomocí EOQ modelu
- Výpočet a porovnání nákladů
- Analýza citlivosti

Doporučený rozsah práce

60-70

Klíčová slova

řízení zásob, operační výzkum, stochastický model, ABC analýza, EOQ model, pojistná zásoba, analýza citlivosti, neurčitost

Doporučené zdroje informací

ELLRAM, L M. – LAMBERT, D M. – STOCK, J R. *Logistika : příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží*. Praha: Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-221-1.

JABLONSKÝ, J. *Operační výzkum : kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Praha: Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-44-3.

JIRSÁK, P. – MERVART, M. – PERNICA, P. – VINŠ, M. *Logistika pro ekonomy – vstupní logistika*. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2012. ISBN 978-80-7357-958-6.

MAČÁT, V. – SIXTA, J. *Logistika : teorie a praxe*. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0573-3.

PLEVNÝ, M. – ŽIŽKA, M. *Modelování a optimalizace v manažerském rozhodování*. V Plzni: Západočeská univerzita, 2005. ISBN 80-7043-435-.

TOMEK, G. – BAUDYŠ, A. – SCHULTE, C. – FELLER, L. *Logistika*. Praha: Victoria Publishing, 1994. ISBN 80-85605-87-2.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Robert Hlavatý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 27. 2. 2019

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 1. 3. 2019

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 02. 03. 2019

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Kvantitativní metody řízení zásob v praxi" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 22.3.2019

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval Ing. Robertu Hlavatému Ph.D. za věcné připomínky, rady a přínosné konzultace. Dále bych rád poděkoval zástupcům společnosti Stavebniny DEK a.s. za poskytnutí dat a informací pro účely této práce.

Kvantitativní metody řízení zásob v praxi

Abstrakt

Tato práce se zabývá aplikací kvantitativních metod řízení zásob v praxi. V teoretické části práce jsou uvedena teoretická východiska řízení zásob a popsány vybrané metody a modely. Cílem praktické části práce je minimalizace logistických nákladů pobočky společnosti Stavebniny DEK a s. Nejprve jsou analyzována poskytnutá data o skladových položkách a poté navržen systém řízení zásob pomocí vhodných metod. Pro jednotlivé položky je aplikován matematický model řízení zásob a jsou porovnány celkové náklady v případě zavedení navrhovaného systému. Pro určení klíčových parametrů modelu je provedena analýza citlivosti. V závěru jsou zhodnoceny výsledky a formulována doporučení pro společnost.

Klíčová slova:

řízení zásob, stochastický model, ABC analýza, XYZ analýza, EOQ model, pojistná zásoba, analýza citlivosti, neurčitost

Quantitative methods of inventory management in practice

Abstract

This thesis deals with the application of quantitative inventory management methods in practice. In the theoretical part of the thesis, the theoretical foundations of inventory management are presented, and selected methods and models are described. The goal of the practical part is to minimize the logistic costs of the company Stavebniny DEK Ltd. The provided data of inventory items are analysed first, and the inventory management system is designed using appropriate methods. Mathematical inventory model is applied for each item and the total cost is compared in the case of using the designed system. The sensitivity analysis is carried out to determine key parameters of the model. The results are evaluated and recommendations for the company are formulated at the end.

Keywords:

inventory management, stochastic model, ABC analysis, XYZ analysis, EOQ model, safety stock, sensitivity analysis, uncertainty

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíl práce a metodika	2
2.1 Cíl práce	2
2.2 Metodika	2
3 Teoretická východiska	4
3.1 Operační výzkum	4
3.2 Logistika.....	7
3.2.1 Vymezení pojmu.....	7
3.2.2 Dělení logistiky.....	8
3.3 Teorie zásob	10
3.3.1 Klasifikace zásob dle funkce	10
3.3.2 Klasifikace zásob dle účelu.....	10
3.3.3 Rozdílné přístupy k zásobám.....	12
3.3.4 Logistické náklady	13
3.4 Řízení zásob	14
3.4.1 Rozdělení modelů řízení zásob	15
3.4.2 Dynamický model s pohybem zásob absolutně determinovaným.....	17
3.4.3 Dynamický model se stochastickou poptávkou.....	22
3.4.4 Diferenciované řízení zásob.....	26
4 Vlastní práce	31
4.1 Vstupní parametry	31
4.2 ABC analýza	32
4.3 XYZ analýza	35
4.4 Model řízení zásob	37

4.4.1	Výběr položky pro ukázkou aplikace modelu	37
4.4.2	Optimální velikost objednávky	39
4.4.3	Pojistná zásoba.....	40
4.4.4	Stanovení objednacích úrovně.....	41
4.4.5	Simulace dodávkových cyklů	41
4.4.6	Celkové náklady před zavedením systému	43
4.4.7	Celkové náklady po zavedení systému	43
4.5	Porovnání celkových nákladů na všechny položky	44
4.6	Analýza citlivosti	46
4.6.1	Citlivost celkových nákladů na odchylku od opt. velikosti objednávky ..	49
4.6.2	Citlivost celkových nákladů na změnu pojistné zásoby	51
4.6.3	Citlivost pojistné zásoby na změnu úrovně obsluhy.....	53
4.6.4	Vyhodnocení analýzy	55
5	Výsledky a doporučení.....	56
6	Závěr.....	57
7	Seznam použitých zdrojů	58
	Přílohy.....	61

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Fáze řešení problému	5
Obrázek 2 - Dělení logistiky	8
Obrázek 3 - Q – systém.....	16
Obrázek 4 - P – systém	17
Obrázek 5 - Dodávkové cykly v deterministickém modelu	18
Obrázek 6 - Grafické znázornění nákladových funkcí	19
Obrázek 7 - Citlivost funkce $N(q)$ v okolí optimální hodnoty q^*	21
Obrázek 8 - Cyklus doplnění zásob při stochastické poptávce.....	23
Obrázek 9 - Normální rozdělení poptávky	25
Obrázek 10 - Lorenzova křivka	27
Obrázek 11 - Klasifikace skupin XYZ	29
Obrázek 12 – Podíl kategorií ABC na celkových tržbách	34
Obrázek 13 - Vývoj poptávky po položce GLASTEK 40 MINERAL v roce 2017.....	38
Obrázek 14 - Rozdělení poptávky po položce	39
Obrázek 15 - Porovnání celkových nákladů	44
Obrázek 16 – Porovnání parametrů analýzy citlivosti.....	47
Obrázek 17 - Citlivost celkových nákladů na odchylku od opt. velikosti objednávky	49
Obrázek 18 - Odchylka od optimální pojistné zásoby	51
Obrázek 19 - Pojistná zásoba v závislosti na úrovni obsluhy.....	53

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Značení parametrů EOQ modelu.....	19
Tabulka 2 - Citlivost celkových nákladů na odchylku velikosti objednávky.....	21
Tabulka 3 - Matice ABC/XYZ	30
Tabulka 4 - ABC analýza.....	33
Tabulka 5 - Podíl kategorií ABC na celkových tržbách	34
Tabulka 6 - XYZ analýza.....	36
Tabulka 7 - Vstupní parametry simulace dodávkových cyklů	42
Tabulka 8 - Ukázka simulace.....	42
Tabulka 9 - Porovnání nákladů u ukázkové položky.....	44
Tabulka 10 - Porovnání celkových ročních nákladů u všech položek.....	45
Tabulka 11 - Analýza citlivosti celkových nákladů na změnu parametrů	46
Tabulka 12 - Odchylka od opt. velikosti objednávky	50
Tabulka 13 - Citlivost celkových nákladů na změnu pojistné zásoby	52
Tabulka 14 - Pojistná zásoba v závislosti na úrovni obsluhy	54

Seznam příloh

Příloha 1 - Položky vybrané k analýze	61
Příloha 2 - Prodej položek v roce 2017.....	62
Příloha 3 - Průměrné měsíční skladové zásoby položek a počet dodávek (2017).....	63
Příloha 4 - Náklady a pořizovací lhůta položek.....	64
Příloha 5 - Výpočty modelu pro všechny položky	65

1 Úvod

Řízení zásob je v současné době ve středu pozornosti managementu mnoha podniků. V zásobách podniku je často vázána značná část kapitálu a snížením objemu držených zásob lze dosáhnout značných finančních úspor. Velikost zásoby by měla však být zároveň dostatečná pro pokrytí výkyvů v poptávce. Z těchto důvodů patří řízení zásob mezi důležité manažerské disciplíny. Již v první polovině 20. století byly definovány první matematické modely řízení zásob, které byly dále rozšiřovány a přizpůsobovány pro použití v reálném prostředí. V současné době jsou v oblasti teorie zásob formalizovány různé modely na základě míry nejistoty v poptávce či dodací lhůtě. Lze se také setkat s pohledem na řízení zásob z hlediska teorie front, kdy příchozí požadavky mohou mít charakter Poissonova rozdělení. Pro určování pojistné zásoby jsou pak hojně využívány statistické metody. Tato diplomová práce je zaměřena na aplikaci kombinace statistických metod a matematických modelů z oblasti teorie zásob.

Teoretická část práce obsahuje teoretická východiska z oblasti operačního výzkumu, logistiky, teorie zásob, matematických modelů a metod řízení zásob. Na základě teoretických poznatků jsou vybrány vhodné metody pro řešení problému v praktické části práce.

Praktická část práce je zaměřena na návrh systému řízení zásob vybrané pobočky společnosti Stavebniny DEK a.s. za účelem snížení celkových logistických nákladů. Na začátku praktické části jsou analyzována data poskytnutá společností, která představují informace o prodeji a skladování vybraných položek. Položky jsou podle zvolených kritérií diferenciovány a pomocí vhodného modelu jsou vypočítány optimální hodnoty. Dále jsou vypočítány celkové náklady po zavedení navrhovaného systému a porovnány s náklady před zavedením systému. Pro vybranou položku je provedena analýza citlivosti celkových nákladů na změnu parametrů. Tato analýza slouží k určení klíčových parametrů modelu a vyjádření změny nákladů při odchylce od optimálních hodnot.

V závěru práce jsou shrnuty výsledky výpočtů a navržena doporučení pro společnost.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Hlavním cílem práce je návrh nového systému řízení zásob pro pobočku stavebnin v Liberci za účelem minimalizace nákladů spojených se skladovým hospodářstvím.

Hlavní cíl je dosažen pomocí dílčích cílů:

- Analýza dat poskytnutých od společnosti.
- Výpočet optimálních hodnot pomocí matematického modelu.
- Vyhodnocení výstupů modelu a porovnání nákladů.

Vedlejším cílem práce je analýza citlivosti celkových nákladů na změnu vybraných parametrů modelu.

2.2 Metodika

Teoretická část práce se zakládá na analýze vědeckých a odborných publikací zaměřených na logistiku a řízení zásob, především pak na řízení zásob jako disciplínu operačního výzkumu. V první části je definován operační výzkum a logistika obecně. Následně jsou popsány způsoby klasifikace zásob a logistické náklady na zásoby. Dále jsou popsány vybrané matematické modely a další kvantitativní způsoby řízení zásob.

Praktická část je zaměřena na řešení problému minimalizace nákladů spojených se zásobami na vybrané pobočce stavebnin. Pro řešení problému bylo nejprve nutné získat vhodná data od společnosti. Na základě konzultace s IT oddělením společnosti byla poskytnuta data o prodeji, průměrné zásobě, počtu dodávek a katalogové ceně 41 položek prodávaných na pobočce v Liberci. Pro účely práce jsou po konzultaci stanoveny pořizovací a skladovací náklady pro jednotlivé položky a příslušné dodací lhůty. Většina výpočtů je provedena prostřednictvím software Microsoft Excel, pro statistickou analýzu normality rozdělení byl použit statistický software SAS.

Položky jsou nejprve pomocí ABC analýzy kategorizovány dle podílu na celkových tržbách. Hlavním výstupem této analýzy je stanovení úrovně obsluhy pro každou kategorii. Pomocí XYZ analýzy jsou položky kategorizovány dle variačního koeficientu poptávky a jsou určeny položky vhodné k predikci poptávky v následujícím období. Následně je vybrán vhodný matematický model řízení zásob. S ohledem na charakteristiku poptávky a systém doplňování zásob je zvolen dynamický model se stochastickou poptávkou. Z důvodu

rozsáhlých výpočtů je v práci uvedena ukázka výpočtů na vybrané položce. Výpočty optimálních hodnot pro veškeré položky jsou přiloženy v přílohách práce. Výpočtem modelu jsou určeny optimální hodnoty a dále vypočítány celkové roční náklady v případě zavedení navrženého systému. Tyto náklady jsou následně komparovány s náklady před zavedením systému.

U vybrané položky je provedena analýza citlivosti celkových nákladů na změnu parametru modelu. Jednotlivé parametry modelu jsou zvýšeny o 1 % a je pozorována procentní změna celkových nákladů. Výstupy analýzy slouží k určení klíčových parametrů z hlediska minimalizace nákladů. Dále je vypočítána změna celkových nákladů při odchylce parametrů od výchozích hodnot ve zvoleném intervalu.

Na základě poznatků získaných pomocí provedených analýz a výpočtů jsou stanovena doporučení pro společnost.

3 Teoretická východiska

3.1 Operační výzkum

Dle Jablonského (2007, s. 9) lze operační výzkum charakterizovat jako vědní disciplínu, nebo spíše soubor relativně samostatných disciplín, které se zabývají analýzou různých typů rozhodovacích problémů. Operační výzkum nachází uplatnění tam, kde se jedná o analýzu a koordinaci provádění operací v rámci nějakého systému. Počátky operačního výzkumu spadají do 30. a 40. let minulého století a jsou spjaty s nositeli Nobelovy ceny za ekonomii G.B. Dantzingem a L. Kantorovičem. Faktorem, který ovlivnil rozvoj operačního výzkumu je rozvoj výpočetní techniky. Cílem operačního výzkumu je stanovit úroveň provádění operací v systému nebo jejich vzájemné vztahy tak, aby bylo zajištěno co možná nejlepší fungování celého systému.

Sharma (2008, s. 79) uvádí, že operační výzkum lze chápat jako vědu, která se vyvinula jako podpora při rozhodování. Značně se využívá v obchodních, průmyslových a vládních organizacích při řešení složitých problémů. Příčinou vzniku operačního výzkumu byla druhá světová válka. Strategická a taktická rozhodnutí během války jsou velmi komplikovaná, s velkým časovým horizontem. Bylo tedy nutné vyvinout metody s využitím především matematiky, ekonomie a statistiky.

Dle Ramamurthyho (2000, s. 142) patří operační výzkum do oboru aplikované matematiky a poskytuje vědecké základy pro efektivní rozhodování. Kvantitativní přístup k problémům vyžaduje, aby problémy byly definovány, analyzovány a řešeny racionálně, logicky, systematicky a vědecky. Rozhodování by mělo být založeno na datech, faktech, informacích a logice, proto je nutné používat objektivně měřitelná kritéria. Operační výzkum je zaměřen na podporu rozhodování vedoucích pracovníků. V komplexních a propojených systémech se konvenční metody rozhodování považují za velmi nedostatečné. Operační výzkum využívá logickou analýzu a analytické techniky k pochopení vlastností systému, které jsou výsledkem funkčně propojených omezení, jejichž parametry jsou identifikovány a kvantifikovány.

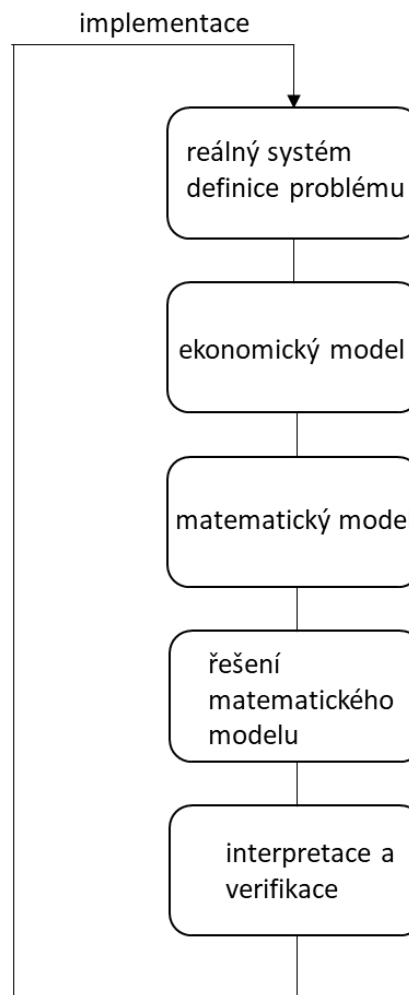
Mezi primární nástroje operačního výzkumu se řadí matematické modelování. Matematický model je zjednodušeným obrazem analyzovaného systému, při zachování podstatných vlastností a vazeb systému (Jablonský, 2007, s. 10).

Mezi základní výhody modelového přístupu lze uvést (Jablonský, 2007, s. 10):

- Strukturalizace systému a specifikace všech možných variant stavu systému.
- Analýza systémů ve zkráceném čase – procesy, které v reálném systému trvají dny, měsíce, roky lze pomocí počítače simulovat v rámci sekund.
- S modely lze provádět experimenty pomocí změn jejich parametrů.
- Náklady na modelování jsou zpravidla nižší než při experimentování s reálným systémem.

Na obrázku č. 1 jsou znázorněny fáze řešení problému pomocí operačního výzkumu.

Obrázek 1 - Fáze řešení problému



Zdroj: Jablonský, 2007

Řešení reálného rozhodovacího problému lze rozdělit na několik na sebe navazujících fází (Jablonský, 2007, s. 12):

1) Definice problému:

Rozpoznání problému v reálném systému je důležitou fází. Do této fáze je třeba zahrnout roli vedoucích pracovníků, kteří jsou schopni definovat problém a odhadnout potřebu modelového přístupu. Případně je možné sestavit tým příslušných odborníků, který se bude na řešení problému podílet.

2) Formulace ekonomického modelu:

Ekonomickým model zahrnuje pouze nejpodstatnější prvky a vazby mezi nimi s ohledem na analyzovaný problém. Důležité je definovat cíl analýzy, popis procesů, činitelů procesů a popis vzájemného vztahu prvků.

3) Formulace matematického modelu:

V této fázi je třeba převést ekonomický model na matematický, který je řešitelný standardními postupy. Cíl analýzy bývá zpravidla vyjádřen jako lineární či nelineární funkce n proměnných, procesy potom představují hodnoty těchto proměnných. Vztahy mezi procesy, cílem analýzy a činiteli jsou popsány pomocí neřiditelných parametrů.

4) Řešení matematického modelu:

Na řešení matematického modelu lze použít metody a postupy navržené pro jednotlivá odvětví operačního výzkumu. Jedná se spíše o technickou záležitost, většinu problémů lze řešit pomocí specializovaného software.

5) Interpretace a verifikace výsledků:

V rámci tohoto kroku jsou výsledky matematického modelu interpretovány a následně je ověřeno, zda byl ekonomický a matematický model sestaven správně. Pokud není vypočítané optimální řešení modelu použitelné v praxi, mohlo dojít k nezahrnutí důležité proměnné do modelu.

6) Implementace řešení:

Pokud došlo k úspěšné verifikaci výsledků, lze přejít k jejich implementaci v rámci reálného systému.

3.2 Logistika

3.2.1 Vymezení pojmu

Dle Štůska (2007, s. 1) existuje celá řada definic, které se vztahují k pojmu logistika. Stručně lze říci, že se logistika týká všech oblastí oběhového procesu jako řízení zásob, dopravy, distribuce, skladování, balení a manipulace s materiálem.

„Logistika představuje strategické řízení funkčnosti, účinnosti a efektivity hmotného toku surovin, polotovarů a zboží s cílem dodržet časové, místní, kvalitativní a hodnotové parametry požadované zákazníkem. Jeho nedílnou součástí je informační tok propojující vzájemně logistické články od poskytování produktů zákazníkům (zboží, služby, přeprava, dodávky) až po získání zdrojů.“ (Štůsek, 2007, s. 4)

Pernica (1998, s. 8) ve své definici zdůrazňuje optimalizaci, nezbytnou pružnost a synergický efekt: *„Logistika je disciplína, která se zabývá celkovou optimalizací, koordinací a synchronizací všech aktivit v rámci samoorganizujících se systémů, jejichž zřetězení je nezbytné k pružnému a hospodárnému dosažení daného konečného (synergického) efektu.“*

Systémový přístup v logistice

Dle Drahotského (2003, s. 2) má logistika za úkol tvorbu koncepce a strategie pohybu materiálu vedoucí ke zvýšení výkonů a hospodárnosti. Autor dále klade důraz na systémový přístup k logistice:

„Pro úspěšnost logistiky je zcela nezbytný systémový přístup. Pochopení vzájemných souvislostí hraje klíčovou roli při zvyšování efektivity systému jako celku.“

Podstatou systémového přístupu je pochopení vzájemných vztahů v logistice. Všechny funkce nebo činnosti je třeba chápat komplexně, vědět do jaké míry ovlivňují a jsou ovlivňovány ostatními prvky. Na prvky či akce v logistickém řetězci nelze pohlížet izolovaně, je důležité znát veškeré vztahy a vazby mezi nimi. V zásadě platí, že působení série činností je ve výsledku významější, než působení jednotlivých prvků izolovaně (Lambert, 2000, s. 9).

V systémovém pojetí lze logistiku chápat jako (Pražská, 2002, s. 610):

- **Materiálový systém:**
Zahrnuje všechny skladovací, manipulační, transformační, expediční procesy od nákupu zboží po prodej zákazníkovi.
- **Informační systém:**
Zjišťuje, pořizuje, zpracovává, ukládá a přenáší informace. Jedná se zejména o vystavování či zpracování objednávky, informace o stavu zásoby a další.
- **Řídící systém:**
Má za úkol rozhodování, plánování, organizování a kontrolu materiálového toku

3.2.2 Dělení logistiky

Logistické systémy lze členit podle různých pohledů odborníků, ale také z pohledu hospodářských zájmů. Příklad dělení dle Sixty (2009, s. 62) je uveden na obrázku č. 2.



Zdroj: Sixta, 2009

Makrologistika:

Makrologistika se zabývá celým logistickým řetězcem od těžby surovin až po prodej zákazníkovi. Pohled makrologistiky na logistický řetězec překračuje hranice jednotlivých podniků, v některých případech i států. Jinými slovy se logistika zabývá logistickými řetězci v maximálním možném rozsahu (Sixta, 2009, s. 21).

Mikrologistika:

Mikrologistika je zaměřena na logistický systém konkrétní organizace nebo pouze její části. Předmětem zájmu může být celý průmyslový závod, nebo pouze sklad v podniku (Sixta, 2009, s. 21). Zabývá se řešením ekonomických, informačních, technologických a rozhodovacích metod při řízení toku materiálu, zboží, nebo služeb uvnitř podniku. Dále optimalizací toku materiálu výrobním procesem nebo například automatizovaným řízením skladu (Málek, 2008, s. 12).

Logistický podnik:

Logistický podnik lze stručně popsat definicí: „*Logistický podnik realizuje převážnou část řetězců vně určité organizace, tj. realizuje propojení mezi dodavatelem a zákazníkem.*“ (Sixta, 2009, s. 21)

Podniková logistika:

Mezi základní činnosti podnikové logistiky patří (Sixta, 2009, s. 22):

- **Logistika zásobování:**
Zahrnuje úsek nákupu, který zajišťuje výběr dodavatelů pro zásobování materiálem, zbožím. Dále zajišťuje skladování a správu skladů, převážku a kontrolu zboží, řízení a plánování hmotných a informačních toků (Schulte, 1994, s. 31).
- **Vnitropodniková logistika,** která je zaměřena na řízení toků materiálů uvnitř podniku.
- **Logistika distribuce,** která zajišťuje spojení mezi výrobou a zákazníkem.

3.3 Teorie zásob

3.3.1 Klasifikace zásob dle funkce

Dělení zásob lze provést dle funkčního hlediska, z hlediska účelu, účetních předpisů nebo stupně zpracování. Z funkčního hlediska zásoby zastávají funkci geografickou, spekulativní, technologickou a vyrovnávací (Sixta, 2009, s. 62):

- **Geografická funkce:**
Plyne ze skutečnosti, že lokality výroby a spotřeba jsou většinou rozdílné. Pomocí existence zásob lze provést optimalizaci výrobních kapacit (zdrojů surovin, energií a pracovníků)
- **Spekulativní:**
Spočívá v nákupu zásob před očekávaným růstem ceny za účelem dosažení mimořádného zisku prodejem za vyšší cenu.
- **Vyrovňovací a technologickou:**
Zabezpečuje plynulost výrobního procesu, odstraňování kapacitních nesouladů mezi výrobními procesy. Dále zajišťuje výrobu a dopravu v ekonomicky optimálních dávkách a eliminaci nepředvídatelných vlivů kolísání poptávky a dodávek.

Dle Kubáta (1994, s. 70) lze mezi funkce zásob zařadit také strategické zásoby, které se vytváří pro zajištění podniku při nepředvídatelných kalamitách v zásobování. Například při přírodních katastrofách, stávkách, válkách či bojkotech. Tato funkce zásob není dnes příliš obvyklá.

3.3.2 Klasifikace zásob dle účelu

Dle Lamberta (2000, s. 116) je zásoby možné klasifikovat podle účelu, pro který jsou udržovány. Z tohoto hlediska lze zásoby rozdělit do kategorií:

- běžné zásoby,
- pojistné zásoby,
- zásoby na cestě,
- sezónní zásoby,
- neprodejné zásoby.

Běžné zásoby:

Běžná zásoba (nazývána také jako obrátová) je část zásoby, která kryje potřebu v období mezi dvěma dodávkami. Z důvodu kolísání běžné zásoby během dodávkového cyklu je vhodné pracovat s průměrnou obrátovou zásobou, jejíž velikost je v ideálním případě rovna polovině velikosti dodávky (Plevný, 2005, s. 26). Dle Horákové (1998, s. 73) je vytváření běžné zásoby důsledkem výroby, dopravy nebo nákupu v dávkách.

Pojistné zásoby:

Pojistná zásoba se v podniku udržuje nad rámec běžné zásoby z důvodu nejistoty v poptávce (nekonstantní poptávka) nebo z důvodu nejistoty v trvání pořizovací lhůty (nekonstantní pořizovací lhůta). Průměrná zásoba u položky s nekonstantní poptávkou nebo nekonstantní pořizovací lhůtou je rovna součtu poloviny objednaného množství položky a pojistné zásoby (Lambert, 2000, s. 116). V některých procesech výroby se pojistná zásoba rovná minimální zásobě. Obecně se velikost pojistné zásoby pohybuje kolem relativně stejné výše a může být předmětem normování (Tomek, 2014, s. 14). Vysoká pojistná zásoba zajišťuje, že kolísání spotřeby či pořizovací lhůty lze zachytit, což vede k vysoké úrovni zákaznického servisu. Se zvyšováním úrovně zákanického servisu roste pojistná zásoba exponenciálně (Jurová, 2013, s. 89).

Dle Jirsáka (2012, s. 88) lze využít při určování výše pojistné zásoby intuitivní nebo kvantitativní přístup. Při intuitivním přístupu stanoví plánovač zásob na základě zkušeností a intuice počet dní nebo hodin poptávky, po které se má držet zásoba. Tuto metodu je vhodné použít pouze za předpokladu stabilní poptávky, dlouhého životního cyklu produktu a dostatečné kvalifikaci plánovače. Nevýhodou této metody je vysoká závislost podniku na znalostech pouze jedné osoby. V případě kvantitativního přístupu k určování pojistné zásoby se velikost spočítá pomocí standardní odchylky a koeficientu zajištěnosti.

Zásoby na cestě:

Jedná se o položky, které se nacházejí na cestě z jedné lokality do druhé. Ačkoliv nejsou fyzicky dostupné z hlediska prodeje nebo dodávky, lze je považovat za součást běžných zásob. V případě výpočtu udržovacích nákladů by se měly náklady na tyto zásoby zahrnout do příslušných míst své expedice z důvodu nedostupnosti z hlediska prodeje, použití ani další dodávky (Lambert, 2000, s. 116).

Sezónní zásoby:

Sezónní zásoba je specifickou formou spekulativní zásoby. Podstatou je akumulace zásoby před začátkem určitého období. Tento typ zásoby se využívá často u zemědělství a sezónního

zboží (Lambert, 2000, s. 119). Dle Tomka (2014, s. 147) může také sezónní zásoba znamenat, že spotřeba probíhá rovnoměrně po celý rok, ale její doplnění je možné jen v určitém období.

Neprodejné zásoby:

Jedná se o položky s minimální či nulovou spotřebou, u nichž je vysoce nepravděpodobný prodej obvyklými distribučními kanály za obvyklou cenu. Tato zásoba může vzniknout chybným rozhodnutím nákupu, případně při změně výrobního programu či inovací výrobku. Někdy se označuje jako zásoba bez funkce, nebo mrtvá zásoba (Horáková, 1998, s. 76).

Lambert (2000, s. 120) podotýká, že mrtvá zásoba může vzniknout pouze z hlediska pouze jednoho skladovacího místa. Pokud je možné a ekonomicky výhodné, lze položku přepravit do jiného skladovacího místa a následně prodat. Tím lze předejít zastarání a nutnému snížení ceny položky.

3.3.3 Rozdílné přístupy k zásobám

Přístup k řízení zásob lze dle Horákové (1998, s. 68) rozdělit na japonský a západní. Japonský přístup se zakládá na tvorbě pouze minimálních zásob. S nízkou hladinou stavu zásob se šetří náklady na skladovací prostory, zkracují se časy čekání a tím i průběžné doby ve výrobě. Nevýhodou malých zásob je nízká pružnost výroby, při poruše ve výrobě či logistickém řetězci je nutné okamžité odstranění problému. Pro fungování systému je nutné identifikovat problémové procesy a příčiny vzniku zmetků při výrobě.

Západní přístup spočívá v udržování velkých zásob, které umožňují konstantní vytížení výrobních kapacit a plynulou výrobu bez výpadků, promptní dodávky, překlenutí poruch, hospodárnou výrobu.

V současné době však tato teze o rozdělení přístupů není příliš aktuální. V západních průmyslových odvětvích jsou již principy založené na japonském přístupu hojně využívány.

3.3.4 Logistické náklady

Dle Sixty (2009, s. 88) se výrobní podnik nesmí zaměřovat na náklady spojené s jednotlivými logistickými činnostmi, ale usilovat o minimalizaci celkových logistických nákladů.

Mezi šest základních nákladových oblastí logistického systému patří (Sixta, 2009, s. 90):

- přepravní náklady,
- náklady na udržování zásob,
- úroveň zákaznického servisu,
- skladovací náklady,
- množstevní náklady,
- náklady na informační systém.

Dle Plevného (2005, s. 272) se při optimalizaci zásob pomocí matematických modelů uvažují pouze náklady na pořízení, na skladování a udržování a náklady spojené s nedostatkem zásob:

a) Náklady na pořízení zásob:

V nákladech na pořízení zásob jsou zahrnuty náklady na dopravu, kontrolu zboží před příjmem do skladu, přesun zboží do dočasného skladu (Roy, 2005, s. 104). Jedná se o náklady, které souvisí s každou objednávkou a nesouvisejí s velikostí objednávky. Proto se někdy označují jako fixní náklady (Jablonský, 2007, s. 211).

b) Náklady na skladování a udržování zásob:

Obecně představují hlavní složku logistických nákladů. Skládají se z různých nákladových položek jako například: podíl na pronájmu skladovacích prostor, mzdové náklady skladníků, náklady na údržbu skladovacích prostor, pojištění nebo náklady vyvolané znehodnocením zásob (Žižka, 2003, s. 30).

c) Náklady z nedostatku zásob:

Vznikají v případě předčasného vyčerpání zásob a neuspokojení zákazníka. Důsledkem neuspokojení zákazníka je okamžitá ztráta tržeb, zisku, nebo úplná ztráta zákazníka. Některé z položek lze vyčíslit, jiné je obtížné z principu jejich povahy určit, jako například goodwill (Viale, 1996, s. 39).

3.4 Řízení zásob

Dle Lamberta (2000, s. 120) patří zásoby mezi hlavní „konzumenty“ provozního kapitálu podniku. Kvalitní strategie řízení zásob umožňuje podniku zvyšovat rentabilitu a tím minimalizovat celkové náklady logistických činností při plnění požadavků na zákaznický servis. Snížení nákladů spojených se zásobami lze dosáhnout snížením počtu nevyřízených objednávek, zbavením se zastaralých položek, mrtvých zásob nebo zlepšení přesnosti predikce poptávky.

Výše vázaného kapitálu v zásobách se ve zpracovatelském průmyslu pohybuje okolo 15 % celkových aktiv, u obchodních podniků okolo 20 %. Proto i relativně malé snížení držených zásob může znamenat příznivý ekonomický efekt pro podnik. Z tohoto důvodu se stalo řízení zásob vyhledávanou disciplínou operačního výzkumu (Plevný, 2005, s. 263).

Dle Jurové (2013, s. 88) je v současnosti řízení zásob ve středu pozornosti managementu podniků. Nadměrné držení zásob v době, kdy není dostatečná poptávka, stejně tak i nedostatek zásob v případě kdy poptávka existuje, vede ke zvýšení nákladů a konkurenční nevýhodě. Dřívější důraz na dostupnost zásob se postupně změnil na strategii vedoucí ke snižování zásob za účelem snížení vázaného kapitálu v zásobách. Tato změna byla mimo jiné důsledkem růstu úrokové míry na kapitálovém trhu, recese a mezinárodní konkurence.

Dle Drahotského (2003, s. 16) je zásobování jednou z nejdůležitějších podnikových aktivit. Zásoby mají pro podniky pozitivní i negativní význam. Mezi pozitivní význam patří řešení časového, místního, kapacitního a sortimentního nesouladu mezi výrobou a spotřebou. Dále zásoby zajišťují nepředvídatelné výkyvy ve spotřebě a plynulost výrobního procesu. Negativní význam spočívá ve výši vázaného kapitálu v zásobách, riziku znehodnocení, nepoužitelnosti a neprodejnosti. Řízením zásob lze dosáhnout zlepšení cash-flow a rentability podniku při současném uspokojování požadavků na zákaznický servis.

V oblasti zásob je dle Štůska (2007, s. 82) největší rezerva ke snižování nákladů. Mezi základní činnosti spojenými s řízením zásob patří prognózování, analyzování, plánování a operativní řízení zásob za účelem dosažení minimálních nákladů na hospodaření se zásobami. Pro kvalitní řízení zásob musí mít management podniku relevantní znalosti a informace o nákladech na pořizování a skladování zásob, úrovni zákaznického servisu, hladině zásob a výrobním programu. Cílem řízení zásob je udržování takové úrovně a struktury zásob, aby byla zajištěna plynulost a úplnost dodávek při minimalizaci celkových nákladů. Ke splnění cíle se s ohledem na charakteristiku podniku používají různé systémy a metody, jimiž lze určit optimální výši zásob, frekvenci a velikost dodávek.

Při volbě systému má zásadní vliv:

- charakter poptávky, která může být závislá či nezávislá, stejnoměrná či nárazová
- systém toku materiálu v logistickém řetězci (princip tahu nebo tlaku)

3.4.1 Rozdělení modelů řízení zásob

a) Dle typu poptávky:

Mezi základní charakteristiky modelů zásob patří charakter poptávky. Poptávku lze rozdělit na deterministickou a stochastickou. Deterministická poptávka se vyznačuje tím, že je za určité časové období pevně daná. S tímto typem poptávky se můžeme často setkat ve výrobě, kde lze přesně určit spotřebu materiálu pro předem známý objem výroby. Stochastická poptávka se na rozdíl od deterministické vyznačuje tím, že její velikost za určité časové období lze pouze odhadovat s určitou pravděpodobností. Mezi příklady tohoto typu poptávky můžeme zařadit i poptávku po nově zavedeném produktu na trhu (Jablonský, 2007, s. 209).

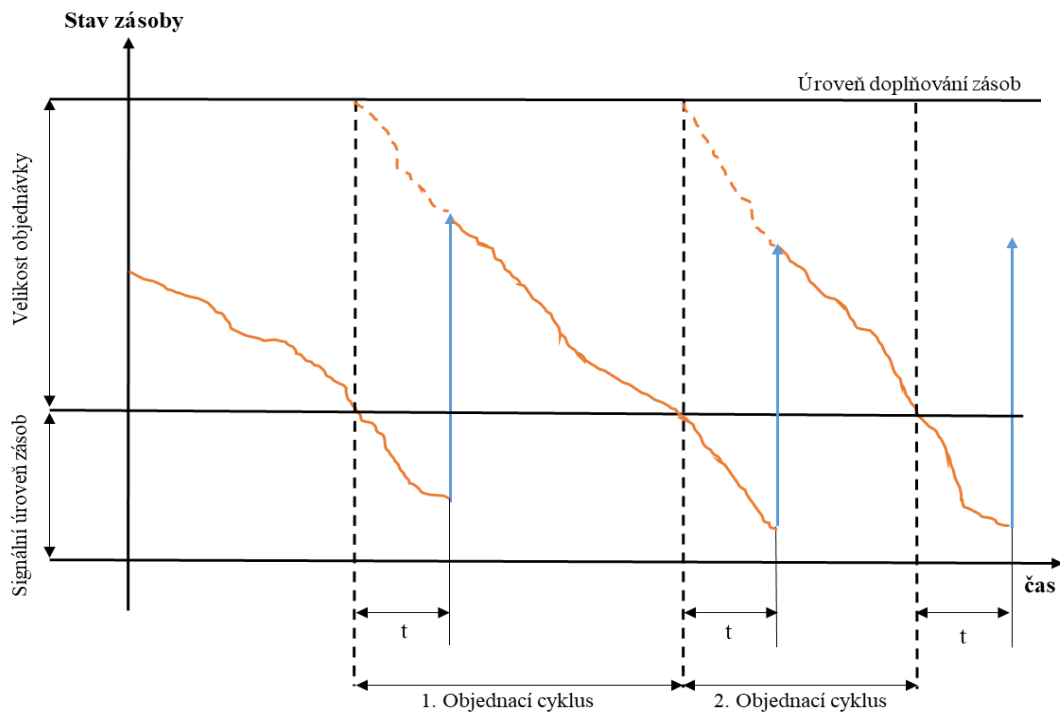
b) Dle způsobu doplňování zásob:

Dle způsobu doplňování lze rozdělit modely řízení zásob na statické a dynamické. V případě statických modelů počítáme s jednou objednávkou, která nemůže být v následujícím období znovu doplněna. Pokud je zásoba nedostatečná, vznikají náklady spojené s jejich nedostatkem. Naopak v případě příliš vysoké zásoby vznikají náklady spojené s přebytkovým stavem. Dynamické modely připouští možnost zásoby v čase opakovaně doplňovat, případně měnit okamžik objednání a velikost objednávky (Plevný, 2005, s. 273).

c) Dle způsobu řízení:

Při rozhodování o způsobu řízení zásob je možné rozlišovat dva základní systémy. První se nazývá **Q – systém** (viz obrázek č. 3), který pracuje s konstantními velikostmi objednávek a variabilitu ve spotřebě vyrovnává změnou frekvence vystavování objednávek. Je založen na stanovení úrovně signální výše zásoby, která slouží k pokrytí spotřeby během pořizovací lhůty. V případě, že stav zásoby dosáhne této úrovně, je vystavena objednávka (Ter Manuelianc, 1980, s. 90).

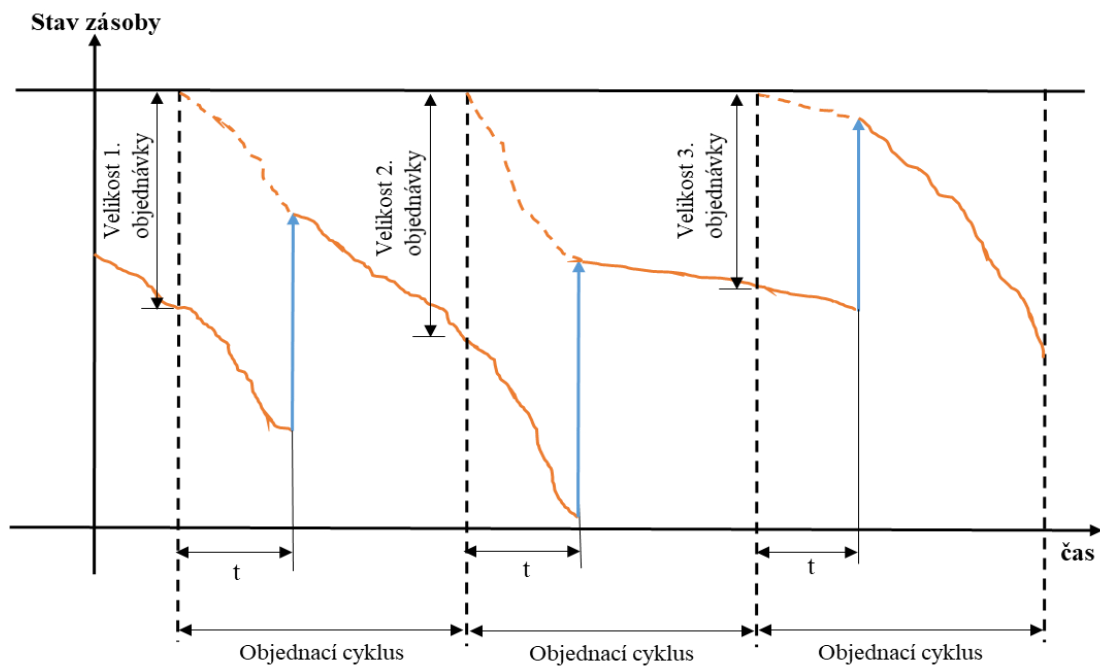
Obrázek 3 - Q – systém



Zdroj: Ter-Manuelianc, 1980

Druhým systémem je **P – systém** (viz. obrázek č. 4), který je založen na konstantních objednacích termínech a variabilní velikosti objednávky. Variabilita ve spotřebě je tedy vyrovnávána pomocí změny velikosti objednávky. Výhodou tohoto systému je, že na rozdíl od Q – systému nevyžaduje permanentní, ale pouze periodickou kontrolu stavu zásob. Nevýhodou tohoto systému je nutné udržování vyšší úrovně pojistné zásoby z důvodu pokrytí kolísající poptávky v celém objednacím cyklu (Ter-Manuelianc, 1980, s. 91).

Obrázek 4 - P – systém



Zdroj: Ter-Manuelianc, 1980

3.4.2 Dynamický model s pohybem zásob absolutně determinovaným

Základní a často používaný deterministický model označujeme jako EOQ (Economic Order Quantity), který byl formulován již v roce 1915 (Jablonský, 2007, s. 211). Dle Pratera (2012, s. 66) je cílem tohoto modelu najít optimální objednávkové množství při kterém je kombinace nákladů na objednání a skladování minimální. Pomocí tohoto modelu lze také vypočítat objednávací úroveň, délku objednávacího cyklu a pojistnou zásobu. Některá zahraniční literatura označuje tento model jako FOQ (Fixed order Quantity).

Při samotném výpočtu je nutné dodržet jeho základní předpoklady (Bhat, 2009, s. 150):

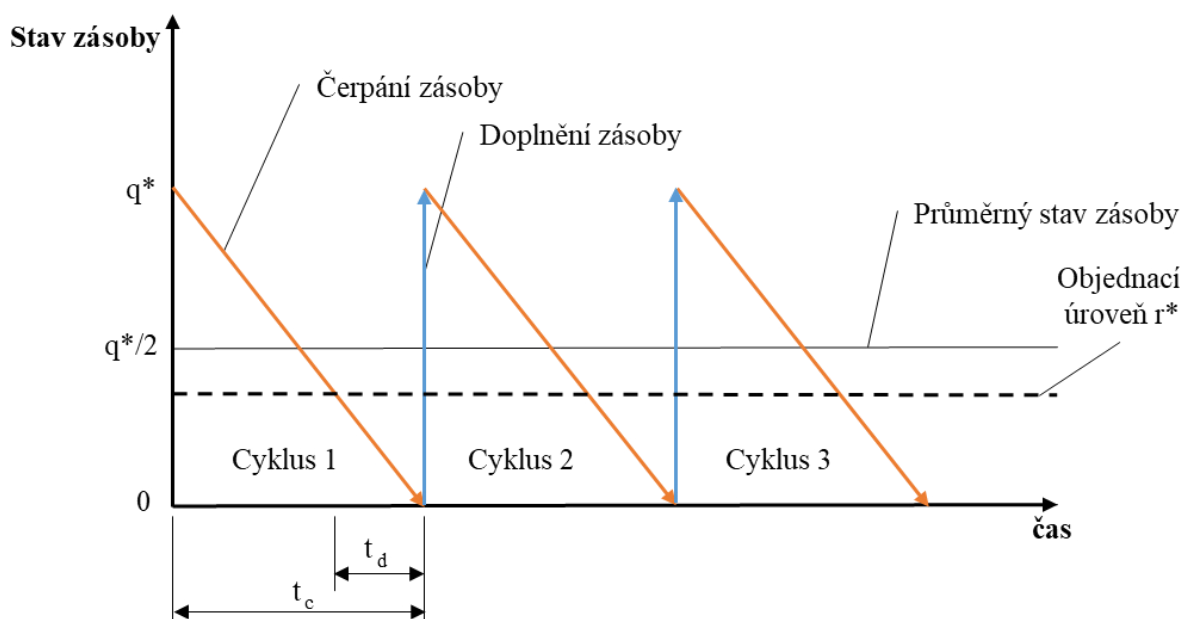
- poptávka je známá a je konstantní,
- pořizovací lhůta dodávek je známá a konstantní,
- čerpání zásob ze skladu je rovnoměrné,
- konstantní velikost dodávek,
- nákupní cena není závislá na velikosti objednávky,
- není připuštěn vznik nedostatku zásoby,
- k doplnění skladu dochází v jednom časovém okamžiku, celá dodávka je dodávána najednou.

V tomto modelu dochází k pravidelným cyklům doplňování skladu o zásobu velikosti optimální objednávky q^* při konstantní době trvání cyklu (viz obrázek č. 5). Objednací úroveň r^* nám udává, kdy je nutné vystavit objednávku, aby došlo k doplnění zásob v požadovaném okamžiku (tj. při vyčerpání zásob ve skladu). Z uvedeného vyplývá, že objednávací úroveň r^* je závislá na pořizovací lhůtě objednávky a výši optimální objednávky q^* (Jablonský, 2007, s. 215).

Další parametry modelu (Synek, 2011, s. 215):

- **Dodávkový cyklus**
je časový úsek mezi dvěma následujícími dodávkami, označujeme t_c
- **Pořizovací lhůta**
je časový úsek od okamžiku vytvoření nové objednávky do doby jejího přijetí na sklad, označujeme t_d

Obrázek 5 - Dodávkové cykly v deterministickém modelu

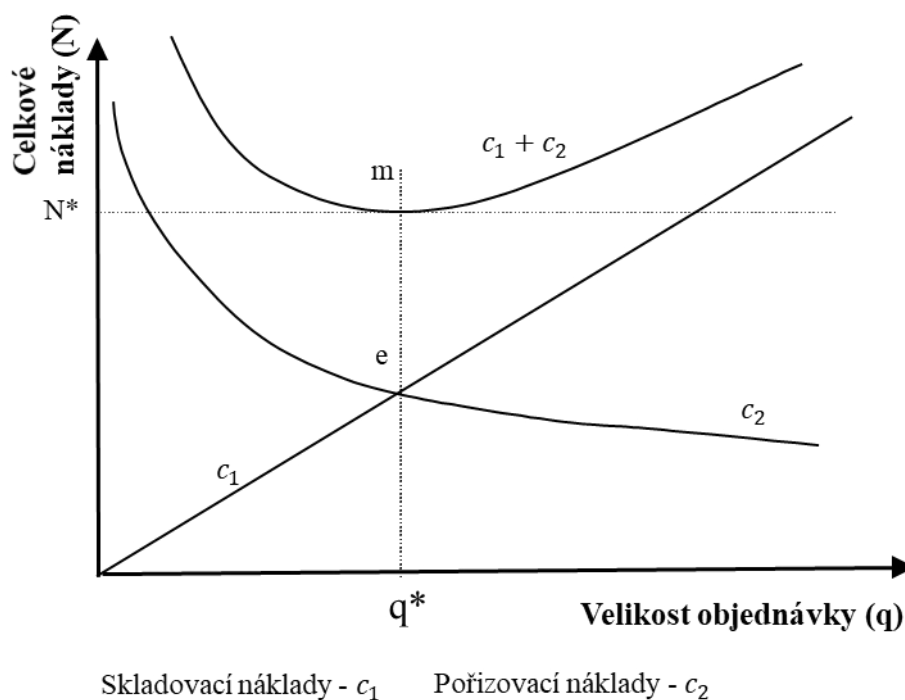


Zdroj: Jablonský, 2007

Model počítá s bipolární nákladovou strukturou, kde jedním pólem jsou náklady na skladování zásob, které rostou s velikostí skladované zásoby. Druhým pólem jsou náklady na pořízení zásob, které s rostoucí velikostí skladové zásoby klesají (Plevný, 2005, s. 278). Vzhledem k dopředu známé poptávce se neuvažují náklady z nedostatku. Celkové náklady se tedy skládají ze součtu pořizovacích (nelineární složka) a skladovacích (lineární složka) nákladů. Z obrázku č. 6 je patrné, že v bodě e se nachází průsečík funkce pořizovacích

a funkce skladovacích nákladů. Tomuto bodu odpovídá optimální velikost objednávky q^* a bod m , ve kterém má funkce celkových nákladů své minimum (Alhabeeb, 2015, s. 247).

Obrázek 6 - Grafické znázornění nákladových funkcí



Zdroj: Alhabeeb, 2015

Tabulka 1 - Značení parametrů EOQ modelu

Celkové roční náklady	N
Celková roční poptávka	Q
Optimální velikost objednávky	q^*
Jednotkové skladovací náklady	c_1
Pořizovací náklady (fixní)	c_2
Objednací úroveň	r^*
Délka objednáčeho cyklu	t_c
Délka pořizovací lhůty	t_d

Zdroj: vlastní zpracování

Odvození optimální velikosti objednávky:

Optimální velikost objednávky nalezneme pomocí výpočtu extrému funkce celkových nákladů (Bhat, 2009, s. 152):

Funkce celkových nákladů:

$$N(q) = \frac{q}{2}c_1 + \frac{Q}{q}c_2 \quad (1)$$

První derivace funkce položena nule:

$$\frac{dN}{dq} = \frac{c_1}{2} - \frac{c_2Q}{q^2} = 0 \quad (2)$$

Optimální velikost objednávky:

$$q^* = \sqrt{\frac{2Qc_2}{c_1}} \quad (3)$$

Pokud dosadíme optimální hodnotu q^* do funkce celkových nákladů, dostáváme po úpravě optimální (minimální) **hodnotu celkových optimálních nákladů**:

$$N^*(q^*) = \sqrt{2Qc_1c_2} \quad (4)$$

Podíl Q/q^* určuje počet dodávek o optimální velikosti objednávky. Převrácená hodnota potom určuje **optimální délku jednoho cyklu** vzhledem k optimální velikosti objednávky (Kropáč, 2008, s. 51):

$$t_c = \frac{q^*}{Q} = \sqrt{\frac{2c_2}{Qc_1}} \quad (5)$$

Dále je třeba určit okamžik, kdy je nutné vystavit novou objednávku, aby přišla do skladu včas. Stav zásob, při kterém se vystavuje nová objednávka se nazývá **objednací úroveň** (Sixta, 2009, s. 81).

Vzorec pro výpočet **objednací úrovně** lze odvodit na základě principu podobnosti trojúhelníků:

$$r^* = \frac{q^*t_d}{t_c} \quad (6)$$

Dle Plevného (2005, s. 279) lze vypočítat také **citlivost funkce** $N(q)$ na změnu velikosti dodávky q , zejména v okolí optimální hodnoty q^* .

$$\frac{N(q)}{N^*(q^*)} = \frac{1}{2} \left(\frac{q^*}{q} + \frac{q}{q^*} \right) \quad (7)$$

V tabulce č. 2 jsou znázorněny odchylky od velikosti optimální objednávky. V případě, že je objednané množství o 50 % menší, než optimální velikost objednávky, náklady se zvýší o 25 %. Pokud je objednané množství o 50 % vyšší, než optimální velikost objednávky, náklady se zvýší pouze o 8,3 %.

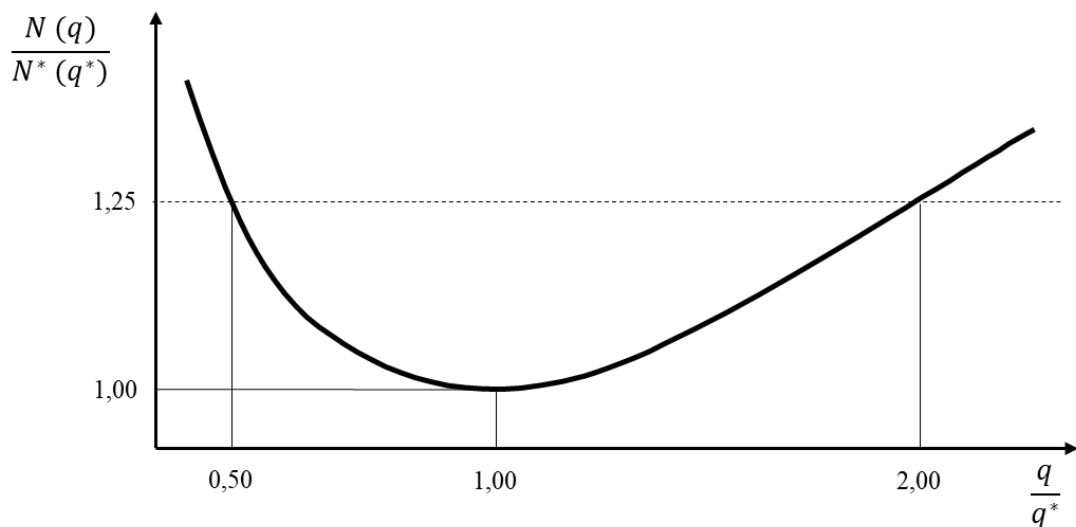
Tabulka 2 - Citlivost celkových nákladů na odchylku velikosti objednávky

q/q^*	0,25	0,50	0,80	1,00	1,10	1,20	1,50	2,00	2,50	3,00
$N(q)/N^*(q^*)$	2,125	1,250	1,025	1,000	1,005	1,017	1,083	1,250	1,450	1,667

Zdroj: Plevný, 2005

Z obrázku č. 7 je patrné, že hledaný poměr $N(q)/N^*(q^*)$ není závislý na velikosti skladovacích či pořizovacích nákladů.

Obrázek 7 - Citlivost funkce $N(q)$ v okolí optimální hodnoty q^*



Zdroj: Plevný, 2005

V praxi tento deterministický model naráží na mnoho problémů. Mezi hlavní problémy lze zařadit (Plevný, 2005, s. 282):

- Spotřeba (poptávka) musí být známá a konstantní.
- Odběr zásob nesmí vykazovat žádné sezónní výkyvy.
- Náklady musí být stabilizovány.
- Nákupní cena musí být nezávislá na velikosti objednávky.
- Optimální velikost dodávky se počítá pro každou skladovou položku samostatně.
- Nebere se v úvahu využití kapacity dopravních prostředků.
- Výpočet optimální velikosti objednávky nemá vztah ke skladové kapacitě (může být omezená).
- Nehledí se na možnou lhůtu spotřeby zásob.
- Jedná se o dílčí optimalizaci, nejsou brány v úvahu potřeby navazujících a předcházejících článků v dodavatelském řetězci.

3.4.3 Dynamický model se stochastickou poptávkou

Modely se stochastickým charakterem poptávky se vyznačují určením poptávky pouze jistým pravděpodobnostním rozdělením. S takovým charakterem poptávky se můžeme setkat u většiny položek s pravidelnou spotřebou, např. u potravin, textilního zboží, drobného průmyslového zboží (Ter-Manuelianc, 1980, s. 113).

V tomto modelu je objednávka vystavována v okamžiku, kdy zásoba na skladu klesne na stanovenou objednávací úroveň r^* . Velikost skladové zásoby je doplněna o pojistnou zásobu w , která je rovna rozdílu objednávací úrovně a střední hodnoty poptávky v pořizovací lhůtě. Předpoklady modelu (Dömeová, 2004, s. 29):

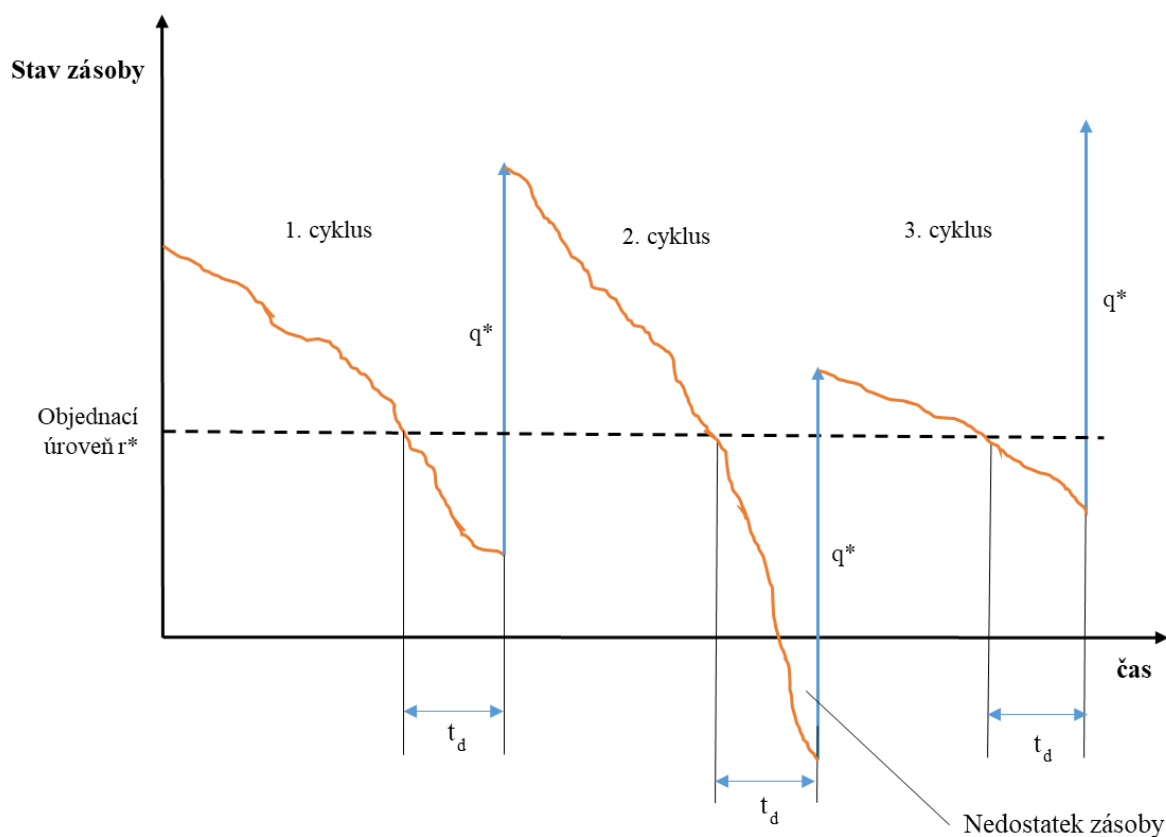
- Pořizovací lhůta je konstantní.
- Náklady z nedostatku se rovnají ztrátě zisku na jedné jednotce, bez ohledu na trvání stavu nedostatku.
- Poptávka během pořizovací lhůty má normální rozdělení.
- Optimální objednávací úroveň je vyšší než střední hodnota poptávky v pořizovací lhůtě.
- Pojistná zásoba je kladná.

Pro výpočet modelu je nutné mít informaci o příslušném pravděpodobnostním rozdělení poptávky, její střední hodnoty a směrodatné odchylky.

Dle Jablonského (2007, s. 228) může dojít vzhledem k variabilitě poptávky během pořizovací lhůty dojít ke dvěma případům:

- 1) Poptávka bude během pořizovací lhůty nižší, než je objednávací úroveň. V tomto případě je stav zásoby v době příchodu další dodávky kladný (nedochází k neuspokojení poptávky). Tento případ reprezentuje 1. cyklus na obrázku č. 8.
- 2) Poptávka bude během pořizovací lhůty vyšší, než je objednávací úroveň. Během pořizovací lhůty je objednávka vyčerpána a dochází k častému neuspokojení poptávky. Tento případ reprezentuje 2. cyklus na obrázku č. 8.

Obrázek 8 - Cyklus doplnění zásob při stochastické poptávce



Zdroj: Jablonský, 2007

Výpočet optimální velikosti objednávky

Pro výpočet optimální velikosti objednávky je použit stejný vzorec jako u deterministických modelů s tím, že se místo deterministické poptávky Q v příslušných vztazích použije střední hodnota poptávky μ_Q (Jablonský, 2007, s. 229).

$$q^* = \sqrt{\frac{2\mu_Q c_2}{c_1}} \quad (8)$$

Úroveň obsluhy

Není možné vytvořit dostatečnou pojistnou zásobu, která by s absolutní jistotou zabezpečovala uspokojení poptávky. Této vlastnosti by z teoretického hlediska bylo možné dosáhnout pouze s nekonečnou zásobou. Z tohoto důvodu je vhodné určit pravděpodobnost, s jakou by měla být poptávka v uspokojena. Úroveň obsluhy se označuje symbolem γ a je pravděpodobností, že poptávka bude v rámci jednoho cyklu uspokojena (Žižka, 2003, s. 74).

Objednací úroveň

Je taková úroveň zásob, při které je optimální vystavit další objednávku. Množství skladové zásoby o velikosti objednávací úrovně má za úkol uspokojit poptávku v době pořizovací lhůty (tj. do doby příchodu objednávky na sklad) (Alhabeeb, 2015, s. 255).

Dle Jablonského (2007, s. 229) lze zvýšením objednávací úrovně zvýšit pravděpodobnost uspokojení uspokojení požadavků (úroveň obsluhy).

Objednací úroveň r^* odpovídá zvolené úrovni obsluhy a platí:

$$r^* = \mu_d + w \quad (9)$$

kde hodnota w představuje pojistnou zásobu a hodnota μ_d je rovna střední hodnotě poptávky během pořizovací lhůty.

Určování pojistné zásoby

Dle Sixty (2009, s. 108) existuje celá řada metod stanovení pojistné zásoby. Je obtížné nalézt univerzální metodu, která by pokrývala všechny zdroje nejistoty a zároveň byla použitelná z hlediska dostupných dat v podniku. Z tohoto důvodu je vhodné určit hlavní zdroje nejistoty v zásobování a ostatní zdroje považovat za nevýznamné.

Jablonský (2007, s. 230) uvádí jednu z metod výpočtu pojistné zásoby, která předpokládá konstantní objednávací lhůtu a normální rozdělení poptávky.

Určení výše pojistné zásoby je řešeno pomocí úlohy:

$$P\{Q_d \leq \mu_d + w\} \geq \gamma \quad (10)$$

Tj. pravděpodobnost, že skutečná poptávka bude v době pořizovací lhůty nižší, než objednávací úroveň, by měla být vyšší než nebo rovna γ .

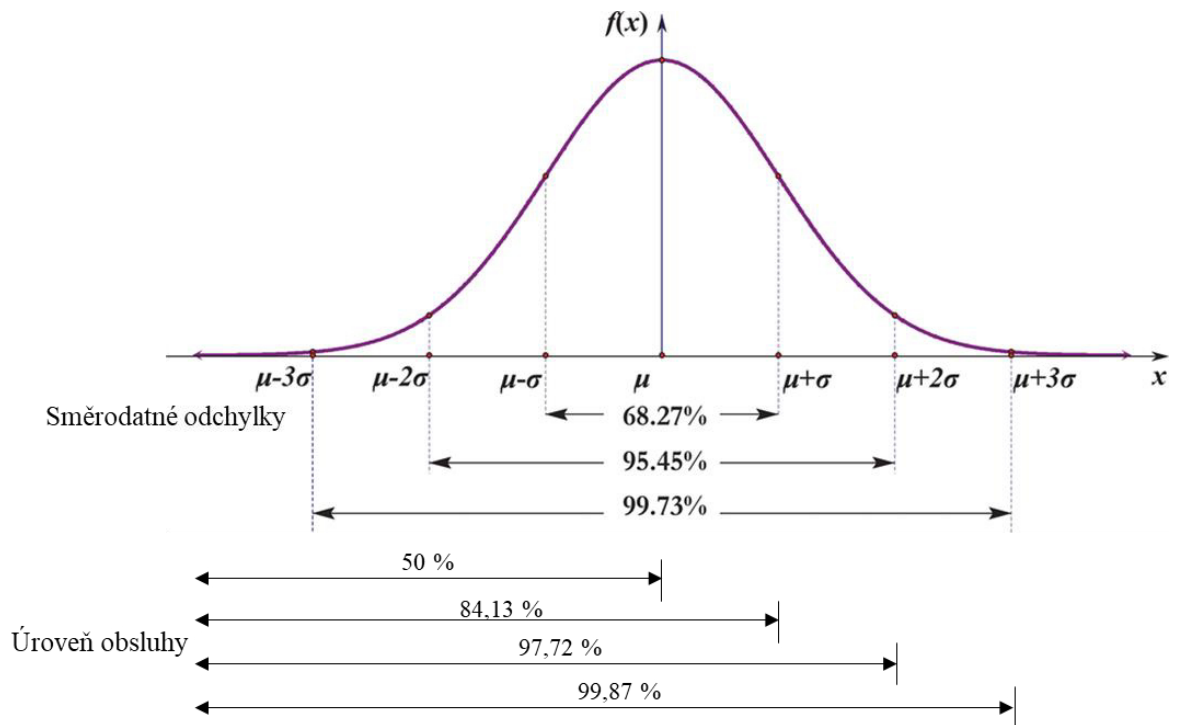
Pro požadovanou úroveň obsluhy je třeba pojistnou zásobu vytvářet v takové výši, aby platil následující vztah:

$$w \geq z_\gamma \sigma_d \quad (11)$$

kde w je pojistná zásoba, σ_d je rovna směrodatné odchylce v době pořizovací lhůty a koeficient zajištění z_γ odpovídá příslušné hodnotě distribuční funkce normálního rozdělení (kvantilu normálního rozdělení).

Z obrázku č. 9 je zřejmé, že pojistná zásoba ve výši jedné směrodatné odchylky pokryje poptávku v 84,13 % případů cyklů (tj. $z_{84,13} = 1$). Pro uspokojení poptávky v 99,87 % cyklech je třeba udržovat trojnásobek směrodatné odchylky (tj. $z_{99,87} = 3$) (Sixta, 2009, s. 107).

Obrázek 9 - Normální rozdělení poptávky



Zdroj: Sixta, 2009

Dömeová (2004, s. 33) uvádí, že koeficient z_γ pro příslušnou úroveň obsluhy γ je také možné vypočítat pomocí funkce NORMSINV v software Microsoft Excel.

Celkové náklady

Střední hodnotu celkových nákladů lze vyčíslit následovně (Jablonský, 2007, s. 230):

$$\mu_N = \sqrt{2\mu_Q c_1 c_2} + c_1 w \quad (12)$$

3.4.4 Diferenciované řízení zásob

V praxi je účelné věnovat pozornost především položkám, které mají rozhodující vliv na strukturu spotřeby. V této souvislosti je vhodné rozdělit skladové položky na skupiny dle jejich důležitosti a řídit je diferenciovaným způsobem. Mezi metody diferenciacce se řadí ABC analýza (Synek, 2011, s. 219).

ABC analýza

Vychází z Paretova pravidla, podle kterého je 80 % důsledků často způsobeno přibližně 20 % možných příčin. V kontextu řízení zásob to znamená, že například 20 % počtu položek se podílí na 80 % spotřeby, nebo prodeje (Sixta, 2009, s. 66).

Dle Plevného (2005, s. 267) nelze při analýze zásob chápat hodnoty 80 % a 20 % příliš dogmaticky. Tyto hodnoty vyjadřují spíše zjištění, malá část položek představuje většinu spotřeby. V praxi se lze setkat s různými poměry počtu položek k podílu na celkové spotřebě.

Analýza spočívá v seřazení položek sestupně dle sledovaného statistického znaku (např. podíl na celkovém obratu). Z důvodu možného zkreslení sezónními vlivy by mělo být analyzované období dlouhé 12 až 24 měsíců. Následně jsou položky rozřazeny do kategorií A, B, C a některých případech D.

Dalšími kritérii klasifikace může být (Pražská, 2002, s. 618):

- obtížnost zásobování (spolehlivost dodávek),
- důsledky nedostatku,
- zastupitelnost.

Kategorie A

Do kategorie A jsou zařazeny položky, které se podílí z 80 % na spotřebě, či prodeji. Jsou to nejdůležitější položky, které je potřeba sledovat permanentně. Pro tyto položky je vhodné zvolit Q – systém řízení zásob a optimalizační výpočty často aktualizovat. Tyto položky váží značný objem kapitálu. Je tedy žádoucí vytvářet pouze malé objednávky za cenu vyšší frekvence dodávek (Sixta, 2009, s. 67).

Kategorie B

Do kategorie B jsou zařazeny středně důležité položky, které se podílí z dalších cca 15 % na spotřebě, či prodeji. To znamená, že v součtu s kategorií A se podílí z cca 95 % na celkové spotřebě, či prodeji. Pro položky této kategorie je vhodné použít řídicí systém založený na pevných termínech objednání P – systém (Sixta, 2009, s. 67).

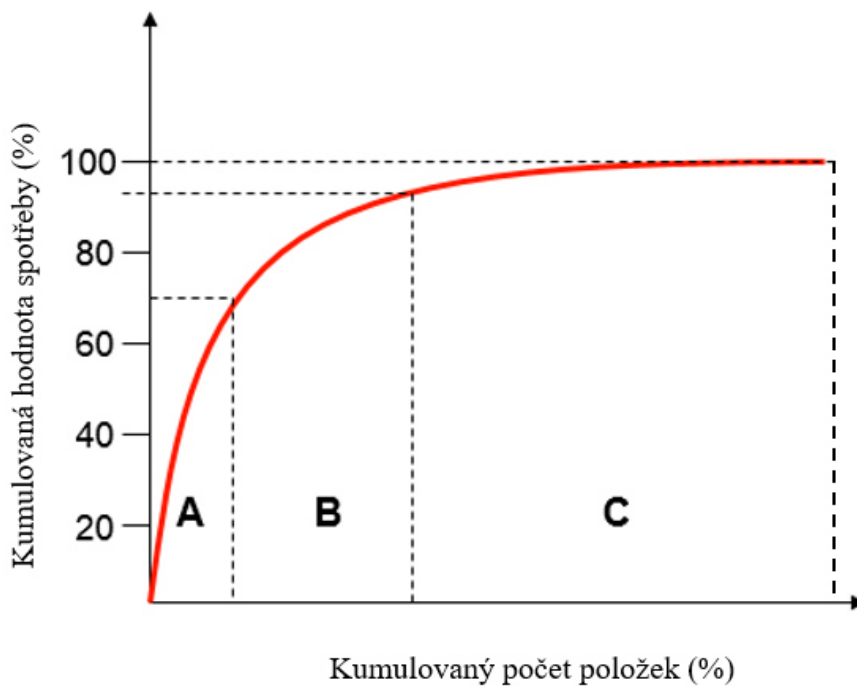
Kategorie C

Do kategorie C jsou zařazeny málo důležité položky, které se na celkové spotřebě či prodeji podílí pouze z cca 5 %. Naopak z hlediska počtu položek se jedná o nejširší kategorii. Do této kategorie spadá běžný spotřební materiál a k řízení se používají jednoduché metody založené na odhadu nebo průměrné spotřebě v minulém období (Sixta, 2009, s. 67).

Kategorie D

Do kategorie D jsou zařazeny položky s dlouhodobě nulovou spotřebou. Jedná se o nepoužitelnou, „mrtvou“ zásobu, kterou je třeba odepsat nebo prodat za sníženou cenu. Tato kategorie se uvažuje pouze v některých případech. (Sixta, 2009, s. 67).

Obrázek 10 - Lorenzova křivka



Zdroj: Sixta, 2009

Využití ABC analýzy pro řízení zásob dle Vaněčka (1998, s. 53):

Kategorie A

- Provádět častěji inventury
- Pravidelně a často vyhodnocovat predikci poptávky
- U každé objednávky prověřovat její velikost a pojistnou zásobu

Kategorie B

- Velikost objednávek i pojistná zásoba větší než u položek A
- Používat stejná opatření jako pro kategorii A, ale méně často

Kategorie C

- Objednávat velké množství a tím zajišťovat úroveň dodavatelských služeb
- Inventury provádět nahodile nebo s větším časovým intervalem, např. ročně

Teunter (2010, s. 62) uvádí jako nevýhody metody řízení ABC:

- V odborné literatuře není žádné jednoznačné doporučení pro stanovení úrovně obsluhy.
- Vzhledem k tomu, že metoda v žádném kroku nezohledňuje dostupný rozpočet, není jisté, zda budou rozhodnutí o úrovni obsluhy proveditelná.

XYZ analýza

Metoda ABC může být v praxi použita v kombinaci s metodou nazvanou XYZ. Pomocí této metody jsou rozděleny materiálové položky do skupin podle toho, s jakou přesností lze předpovídat jejich spotřebu (Synek, 2011, s. 219). Pro provedení této analýzy je nutné mít k dispozici data o spotřebě položky za minulé období. Ke klasifikaci každé položky se používá variační koeficient (Macurová, 2014, s. 160).

Variační koeficient se vypočítá dle vzorce:

$$V_i = \frac{\sigma_i}{\bar{x}_i} * 100 \quad (13)$$

Kde V_i je variační koeficient i -té položky, σ_i je směrodatná odchylka od průměrné spotřeby u i -té položky, \bar{x}_i je aritmetický průměr spotřeby i -té položky.

Směrodatná odchylka se vypočítá dle vzorce:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2} \quad (14)$$

Kde x_{ij} je spotřeba i -té položky v j -tém období a n je počet období.

Klasifikace skupin:

Dle Petropoulos (2018, s. 2) jsou položky zařazeny dle míry přesnosti predikce ve spotřebě (viz obrázek č. 11):

Skupina X:

Do skupiny X jsou zařazeny položky s hodnotou variačního koeficientu nižší než zhruba 50 %. Tyto položky mají příležitostné výkyvy, nebo konstantní spotřebu. U položek je možné provést relativně přesnou predikci spotřeby. Z tohoto důvodu není nutné vytvářet vysokou pojistnou zásobu.

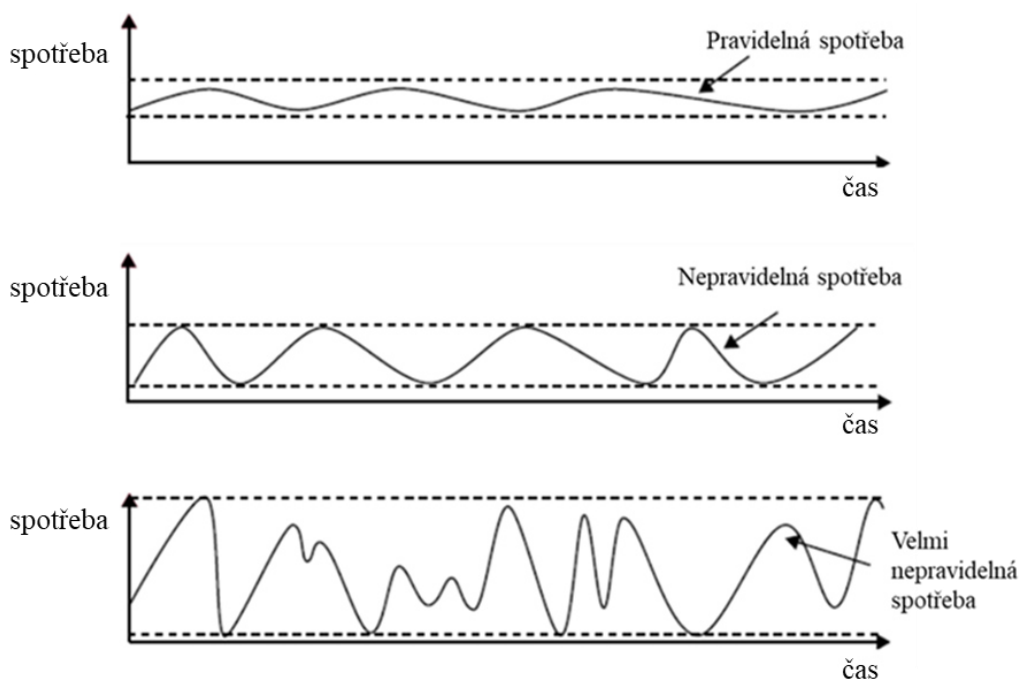
Skupina Y:

Do skupiny Y jsou zařazeny položky s hodnotou variačního koeficientu zhruba od 51 % do 90 %. Položky v této skupině se vyznačují silnějšími výkyvy ve spotřebě a mají střední predikční schopnost.

Skupina Z:

Ve skupině Z jsou položky se zcela nepravidelnou spotřebou. Na vysoké výkyvy ve spotřebě je vhodné reagovat vysokou pojistnou zásobou, nebo doplňovat zásobu až v případě potřeby.

Obrázek 11 - Klasifikace skupin XYZ



Zdroj: Wong, 2015

ABC/XYZ analýza

Kombinací ABC a XYZ analýzy lze získat hlubší analýzu. Skladové položky jsou řazeny do skupin AX, AB, AC, AY, BY, BC, CX, CY, CZ podle podílu na tržbách (ABC analýza) a pravidelnosti spotřeby (XYZ analýza). Pro každou kategorii položek je vhodné zvolit odlišnou nákupní politiku a strategii (Bulinski, 2013, s. 90).

Výstupem analýzy je dvoudimenzionální matice znázorněná v tabulce č. 3.

Tabulka 3 - Matice ABC/XYZ

Materiálová položka	A	B	C
X	Vysoká hodnota spotřeby	Střední hodnota spotřeby	Nízká hodnota spotřeby
	Pravidelné požadavky bez výrazných výkyvů	Pravidelné požadavky bez výrazných výkyvů	Pravidelné požadavky bez výrazných výkyvů
Y	Vysoká hodnota spotřeby	Střední hodnota spotřeby	Nízká hodnota spotřeby
	Průměrné kolísání požadavků	Průměrné kolísání požadavků	Průměrná kvalita prognózy
Z	Vysoká hodnota spotřeby	Střední hodnota spotřeby	Nízká hodnota spotřeby
	Obtížná předvídatelnost požadavků	Obtížná předvídatelnost požadavků	Obtížná předvídatelnost požadavků

Zdroj: Jurová, 2016

4 Vlastní práce

Praktická část práce je zaměřena na aplikaci kvantitativních metod řízení zásob ve společnosti DEK, a.s. Jedná se o společnost, která se zabývá obchodem se stavebním materiálem, se sítí poboček pokrývají celou ČR. Hlavním podkladem pro tuto práci jsou data a údaje získané od společnosti.

S cílem minimalizace celkových nákladů spojených se skladovým hospodářstvím pobočky v Liberci je proveden návrh nového systému řízení zásob. Pro účely této práce bylo po konzultaci s IT oddělením společnosti vybráno 41 skladovaných položek.

4.1 Vstupní parametry

Podkladová data přísluší k roku 2017 a pro každou položku udávají (viz příloha č. 2 a č. 3):

- statistiku prodeje položky za jednotlivé měsíce v roce,
- průměrnou skladovou zásobu za jednotlivé měsíce v roce,
- katalogovou cenu,
- počet dodávek položek.

Pro výpočet modelu je dále nutné znát jednotkové roční skladovací náklady, pořizovací náklady a pořizovací lhůtu pro všechny položky (viz příloha č. 4):

- **Jednotkové roční skladovací náklady**

Skladovací náklady zahrnují podíl na pronájmu skladovacích prostor, mzdové náklady skladníků, náklady na údržbu skladovacích prostor. V praxi je teoretický předpoklad stanovení skladovacích nákladů velmi komplikovaný. Z tohoto důvodu jsou roční jednotkové skladovací náklady učeny parametricky, jako 10 % z katalogové ceny jednotky položky.

- **Pořizovací náklady**

Pořizovací náklady zahrnují především náklady na dopravu a kontrolu zboží před příjmem do skladu. Vzhledem k tomu, že při dopravě z centrálního skladu je běžně přepravováno více položek najednou, je obtížné určit jejich přesnou výši. Po konzultaci s vedením pobočky jsou pořizovací náklady pro každou položku odhadnuty. Ohlad nákladů je proveden na základě ceníku nákladní dopravy (28 Kč/km), délky trasy z centrálního skladu (100 km) a obvyklého využití

nákladového prostoru příslušné položky. Při dalších výpočtech budou z důvodu podmínek modelu tyto náklady považovány za fixní.

- **Pořizovací lhůta**

U většiny položek se pořizovací lhůta liší v závislosti na kapacitě výrobce a vytížení dopravy z centrálního skladu. Vzhledem k tomu, že přesná data o délce pořizovací lhůty nejsou dostupná, byla pořizovací lhůta pro jednotlivé položky určena na základě odhadu zástupce společnosti.

4.2 ABC analýza

Vzhledem k velkému množství prodávaných položek je vhodné využít ABC analýzu pro rozdělení položek do kategorií podle podílu na tržbách. Na základě analýzy je možné společnosti doporučit, kterým položkám je vhodné věnovat větší míru pozornosti. Dále bude tato analýza také využita pro určení úrovně obsluhy.

Tržby za jednotlivé položky byly vypočítány jako součin celkového roční prodeje položky a ceny položky. Následně byly položky sestupně seřazeny dle podílu na tržbách a dle kumulativního podílu na tržbách řazeny do kategorií (viz tabulka č. 4). Hranice pro zařazení položky do příslušné kategorie dle kumulativního podílu jsou stanoveny následovně (kumulativní podíl označen jako KP):

- **Kategorie A**

$KP < 70 \%$

- **Kategorie B**

$70 \% \leq KP \leq 95 \%$

- **Kategorie C**

$95 \% < KP$

Tabulka 4 - ABC analýza

Položka	Objem tržeb [Kč]	% z obrátu	% kumul.	Kategorie
DEKPLAN 76 kotvený 1,5mm š.1,60m	4 403 678	14,92	14,92	A
GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	4 356 396	14,76	29,67	A
VIPLANYL 60/712 šedý	1 504 476	5,10	34,77	A
FILTEK 300g/m ² , š.2m	1 451 714	4,92	39,68	A
ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL	1 348 001	4,57	44,25	A
XPS DEK 300kPa 100mm (FIBRAN ETICS GF I)	1 188 619	4,03	48,28	A
Polystyren EPS 100 100mm 500x1000 DEK Isover	1 109 956	3,76	52,04	A
DEKWOOL G 039r 160mm	1 101 710	3,73	55,77	A
Polystyren 70F 100mm 500x1000 DEK Isover	1 054 166	3,57	59,34	A
XPS DEK 300kPa 50mm (FIBRAN ETICS GF I)	888 303	3,01	62,35	A
FILTEK 200g/m ² , š.2m	864 823	2,93	65,28	A
DEKWOOL G 039r 120mm	756 468	2,56	67,84	A
Polystyren EPS 100 60mm 500x1000 DEK Isover	695 107	2,35	70,19	B
Polystyren EPS 100 50mm 500x1000 DEK Isover	676 002	2,29	72,48	B
DEKWOOL G 039r 140mm	675 363	2,29	74,77	B
ISOVER UNI 100mm	666 507	2,26	77,03	B
Polystyren EPS 100 80mm 500x1000 DEK Isover	602 680	2,04	79,07	B
ISOVER UNI 80mm	540 717	1,83	80,90	B
XPS DEK 200kPa 20mm (FIBRAN ETICS GF I)	532 631	1,80	82,70	B
Polystyren 70F 80mm 500x1000 DEK Isover	520 946	1,76	84,47	B
XPS DEK 250kPa 30mm (FIBRAN ETICS GF I)	456 864	1,55	86,02	B
Polystyren EPS 100 40mm 500x1000 DEK Isover	421 217	1,43	87,44	B
XPS DEK 250kPa 40mm (FIBRAN ETICS GF I)	378 930	1,28	88,73	B
DEKWOOL G 039r 80mm	325 551	1,10	89,83	B
ISOVER UNI 60mm	319 185	1,08	90,91	B
DEKWOOL G 039r 50mm	313 822	1,06	91,97	B
Polystyren 70F 50mm 500x1000 DEK Isover	313 360	1,06	93,03	B
ISOVER UNI 50mm	311 458	1,05	94,09	B
DEKWOOL DW r plate 100mm	212 738	0,72	94,81	B
Polystyren 70F 60mm 500x1000 DEK Isover	200 102	0,68	95,49	C
PE fólie tl. 0,2mm 50m x 2m	166 320	0,56	96,05	C
Polystyren 70F 40mm 500x1000 DEK Isover	163 317	0,55	96,60	C
Polystyren EPS 100 20mm 500x1000 DEK Isover	162 284	0,55	97,15	C
Polystyren 70F 20mm 500x1000 DEK Isover	158 048	0,54	97,69	C
Polystyren 70F 30mm 500x1000 DEK Isover	147 327	0,50	98,19	C
PE fólie tl. 0,1mm 50m x 2m	140 420	0,48	98,66	C
Propan (33 kg) - náplň TEPLA	116 946	0,40	99,06	C
Vnější roh DEKPLAN	92 664	0,31	99,37	C
Propan-butan Flaga Český Plyn	70 224	0,24	99,61	C
Polystyren 70F 10mm 500x1000 Dek Isover	59 685	0,20	99,81	C
Vnitřní roh DEKPLAN	54 984	0,19	100,00	C
Suma	29 523 709			

Zdroj: vlastní zpracování

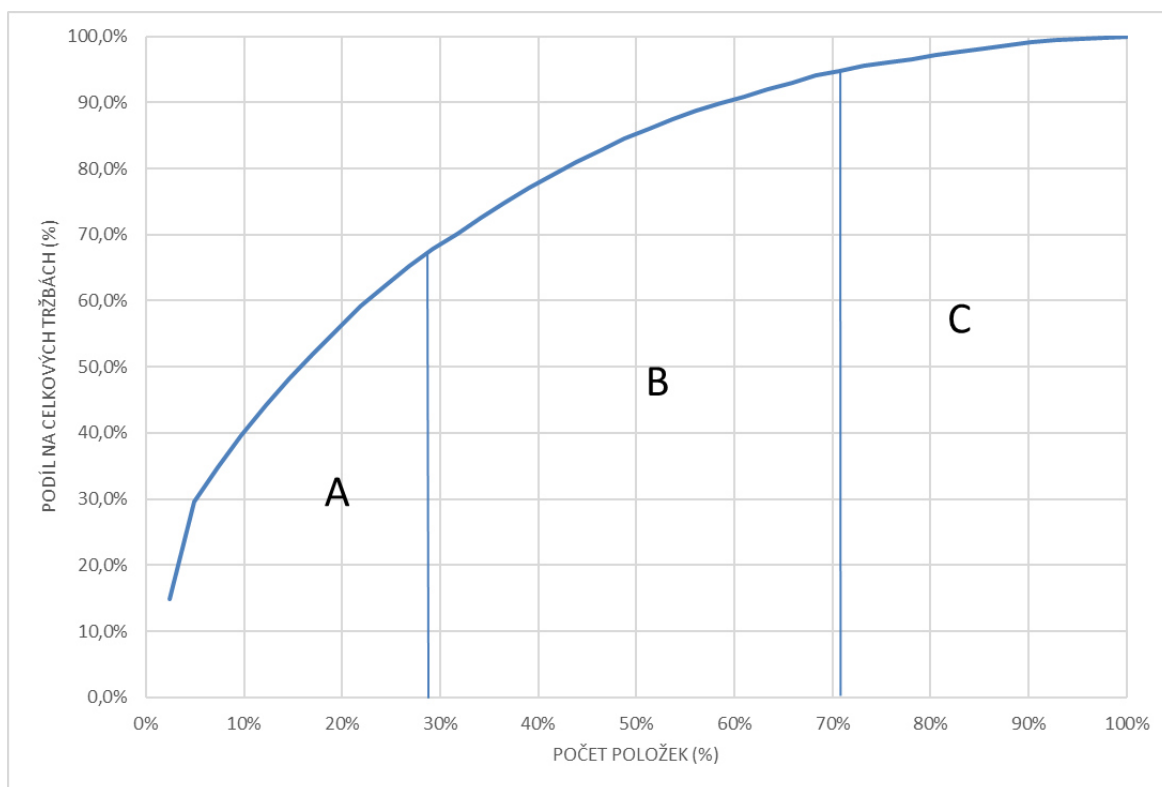
Celkový objem tržeb je 29 523 709 Kč. Kategorie A obsahuje položky, které v součtu tvoří tržbu 20 028 310 Kč (12 položek), kategorie B pak položky se součtem tržeb 7 963 078 Kč (17 položek) a kategorie C položky se součtem 1 532 321 Kč (12 položek). Počet položek a podíl na celkových tržbách kategorií je vyjádřen v tabulce č. 5 a zobrazen na obrázku č. 12.

Tabulka 5 - Podíl kategorií ABC na celkových tržbách

Kategorie	Podíl na celkových tržbách [%]	Hodnota [Kč]	Počet položek	Podíl položek z celkového počtu [%]
A	67,84	20 028 310	12	29,27
B	26,97	7 963 078	17	41,46
C	5,19	1 532 321	12	29,27
Suma	100,00	29 523 709	41	100,00

Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 12 – Podíl kategorií ABC na celkových tržbách



Zdroj: vlastní zpracování

Stanovení úrovně obsluhy pro kategorie ABC:

Na základě kategorií ABC je stanovena úroveň obsluhy, což je jeden z parametrů výpočtu pojistné zásoby. Pokud je zisk z prodeje jednotky vyšší, než jednotkové skladovací náklady je výhodné udržovat vyšší pojistnou zásobu i za cenu zvýšení skladovacích nákladů. Pro položky s vyšším podílem na celkových tržbách bude na základě tohoto předpokladu stanovena vyšší úroveň obsluhy. Pro položky s nízkým podílem na celkových tržbách bude naopak stanovena nižší úroveň obsluhy, což povede ke snížení průměrné zásoby a tím celkových nákladů. Hodnoty parametru úrovně obsluhy jsou stanoveny na základě doporučení v odborné literatuře.

- **Kategorie A**

$$\gamma=0,95$$

- **Kategorie B**

$$\gamma=0,90$$

- **Kategorie C**

$$\gamma=0,85$$

4.3 XYZ analýza

Pomocí XYZ analýzy jsou položky řazeny do kategorií dle variability v poptávce. U položek s nízkými výkyvy poptávky lze předpokládat vyšší spolehlivost predikce. Z tohoto důvodu je možné udržovat nižší pojistnou zásobu. Pro položky s vysokou variabilitou ve spotřebě je vhodné udržovat vyšší pojistnou zásobu pro pokrytí výkyvů v poptávce. Pomocí XYZ analýzy lze také určit položky vhodné k predikci poptávky. Řazení jednotlivých položek do kategorií je uvedeno v tabulce č. 6.

Položky jsou řazeny do kategorií dle variačního koeficientu poptávky:

- **Kategorie X**

Položky s variačním koeficientem $V_i < 0,46$ (relativně přesná predikce)

- **Kategorie Y**

Položky s variačním koeficientem $0,46 \leq V_i \leq 0,8$ (středně přesná predikce)

- **Kategorie Z**

Položky s variačním koeficientem $V_i > 0,8$ (nevhodné k predikci)

Tabulka 6 - XYZ analýza

Položka	Variační koeficient	Kategorie
Polystyren EPS 100 50mm 500x1000 DEK Isover	0,34	X
PE fólie tl. 0,2mm 50m x 2m	0,35	X
ISOVER UNI 100mm	0,36	X
XPS DEK 200kPa 20mm (FIBRAN ETICS GF I)	0,40	X
Polystyren EPS 100 60mm 500x1000 DEK Isover	0,41	X
DEKWOOL G 039r 160mm	0,41	X
Polystyren 70F 20mm 500x1000 DEK Isover	0,42	X
VIPLANYL 60/712 šedý	0,42	X
GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	0,43	X
Polystyren 70F 10mm 500x1000 Dek Isover	0,44	X
Polystyren EPS 100 100mm 500x1000 DEK Isover	0,45	X
ISOVER UNI 50mm	0,46	Y
Polystyren 70F 30mm 500x1000 DEK Isover	0,46	Y
ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL	0,47	Y
DEKWOOL G 039r 120mm	0,49	Y
DEKWOOL DW r plate 100mm	0,49	Y
XPS DEK 250kPa 30mm (FIBRAN ETICS GF I)	0,50	Y
XPS DEK 300kPa 50mm (FIBRAN ETICS GF I)	0,51	Y
FILTEK 200g/m ² , š.2m	0,51	Y
Polystyren 70F 80mm 500x1000 DEK Isover	0,52	Y
Propan-butan Flaga Český Plyn	0,53	Y
ISOVER UNI 60mm	0,54	Y
Polystyren 70F 40mm 500x1000 DEK Isover	0,54	Y
Polystyren EPS 100 20mm 500x1000 DEK Isover	0,56	Y
FILTEK 300g/m ² , š.2m	0,58	Y
PE fólie tl. 0,1mm 50m x 2m	0,58	Y
Propan (33 kg) - náplň TEPLO	0,59	Y
Polystyren 70F 100mm 500x1000 DEK Isover	0,59	Y
DEKWOOL G 039r 140mm	0,59	Y
Polystyren 70F 50mm 500x1000 DEK Isover	0,61	Y
DEKWOOL G 039r 50mm	0,61	Y
DEKWOOL G 039r 80mm	0,62	Y
ISOVER UNI 80mm	0,62	Y
XPS DEK 250kPa 40mm (FIBRAN ETICS GF I)	0,62	Y
Polystyren EPS 100 80mm 500x1000 DEK Isover	0,63	Y
Polystyren EPS 100 40mm 500x1000 DEK Isover	0,63	Y
XPS DEK 300kPa 100mm (FIBRAN ETICS GF I)	0,71	Y
Vnější roh DEKPLAN	0,74	Y
Vnitřní roh DEKPLAN	0,75	Y
Polystyren 70F 60mm 500x1000 DEK Isover	0,82	Z
DEKPLAN 76 kotvený 1,5mm š.1,60m	0,84	Z

Zdroj: vlastní zpracování

Do kategorie X bylo zařazeno celkem 11 položek, do kategorie Y 28 položek a 2 položky do kategorie Z. Variabilita poptávky bude v modelu zohledněna již v podobě směrodatné odchylky poptávky při výpočtu pojistné zásoby. Z tohoto důvodu není nutné na základě této analýzy dále navyšovat pojistnou zásobu. Jelikož se podkladová data vztahují pouze k roku 2017, nejsou dostatečná k provedení kvalitní predikce poptávky. Výsledky analýzy v tomto případě slouží k doporučení vhodných položek k predikci poptávky. Pro položky kategorie X lze provést poměrně přesnou predikci poptávky. Pro položky kategorie Y lze provést predikci pouze se střední přesností a pro položky kategorie Z není predikci vhodné provádět.

4.4 Model řízení zásob

Na základě charakteristiky poptávky byl zvolen dynamický model se stochastickou poptávkou. Výpočty optimální hodnoty velikosti objednávky, úrovně obsluhy, pojistné zásoby a celkových nákladů jsou provedeny u všech 41 položek (viz příloha č. 5). Vzhledem k velkému množství výpočtů je v této kapitole uvedena ukázka aplikace modelu na vybrané položce.

4.4.1 Výběr položky pro ukázkou aplikace modelu

Pro ukázkou výpočtů byla vybrána položka GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL, která má rámci podkladových údajů druhý nejvyšší podíl na celkových tržbách. GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL je asfaltový pás vyrobený z SBS modifikovaného asfaltu vhodný pro provádění pojistné hydroizolační vrstvy plochých střeš.

Doplňující údaje:

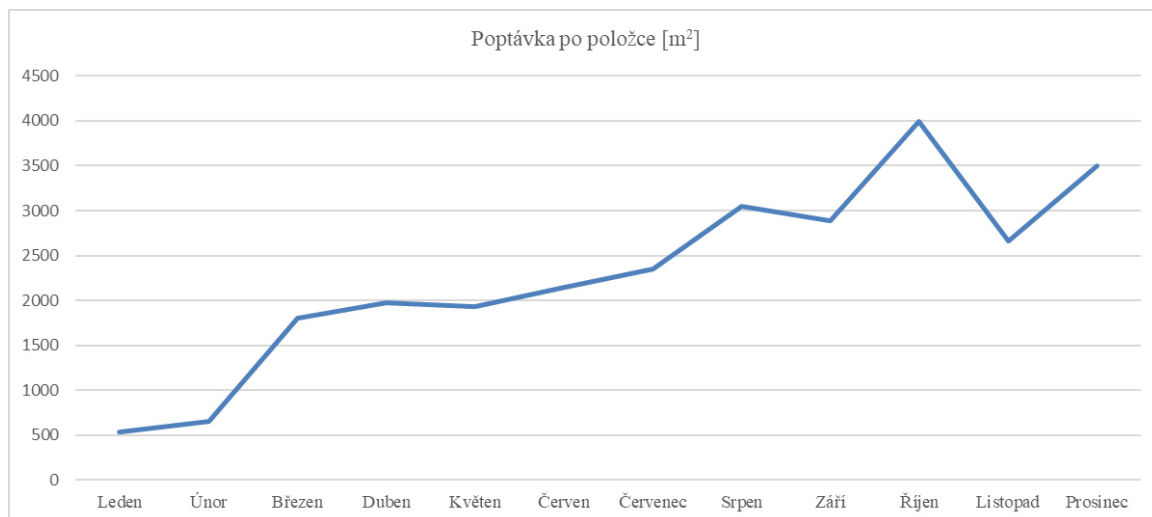
Ceníková cena (2017): 158,40 Kč/m²

Hmotnost: 4,54 kg/m²

Skladování: skladuje se po 7,5 m² rolích, místo skladování musí být chráněno proti povětrnostním podmínkám a UV zářením.

Na obrázku č. 13 je pro vybranou položku zobrazen vývoj poptávky v roce 2017.

Obrázek 13 - Vývoj poptávky po položce GLASTEK 40 MINERAL v roce 2017



Zdroj: vlastní zpracování

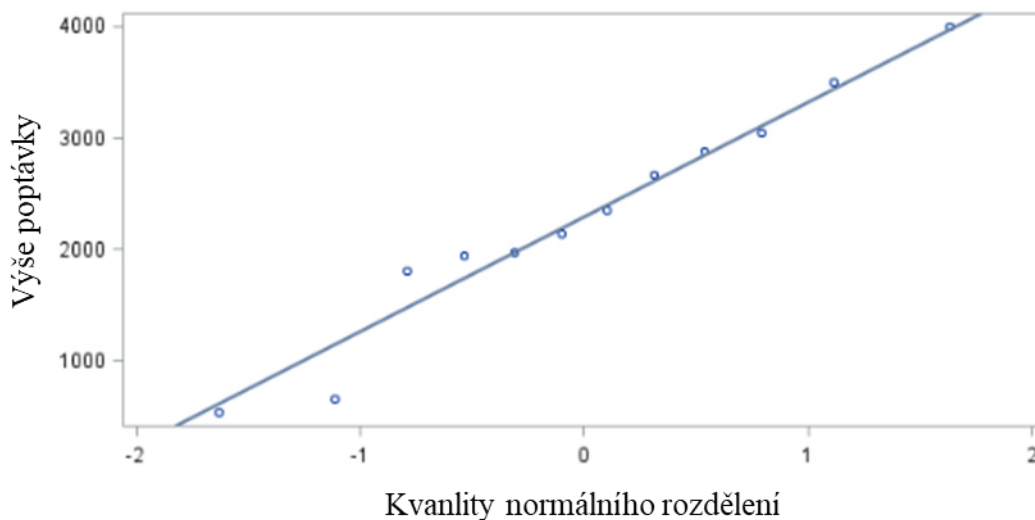
Základní statistické charakteristiky poptávky:

- **Suma:** 27502,5
- **Aritmetický průměr:** 2291,88
- **Směrodatná odchylka:** 986,49
- **Minimální hodnota:** 532,5
- **Maximální hodnota:** 3997,5

Test normality rozdělení:

Jednou z podmínek výpočtu dynamického modelu se stochastickou poptávkou je normalita rozdělení poptávky. Pro určení normality byl použit Shapiro-Wilk test ve statistickém software SAS. Dle Shapiro-Wilk testu má soubor normální rozdělení (p-hodnota 0,83 je významně vyšší, než hodnota obvyklé referenční hladiny významnosti $\alpha=0,05$). Normalita rozdělení poptávky je také patrná z obrázku č. 14.

Obrázek 14 - Rozdělení poptávky po položce



Zdroj: vlastní zpracování

4.4.2 Optimální velikost objednávky

K výpočtu optimální velikosti objednávky je nutné znát roční jednotkové skladovací náklady (c_1), fixní pořizovací náklady (c_2) a střední hodnotu roční poptávky (μ_Q).

a) Roční jednotkové skladovací náklady (c_1)

Jsou určeny jako 10 % katalogové ceny jednotky položky. Cena položky GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL je 158,40 Kč/m². Roční náklady na skladování jednotky položky jsou tedy 15,84 Kč.

b) Fixní pořizovací náklady (c_2)

Jelikož podstatnou složkou pořizovacích nákladů tvoří náklady na dopravu, jsou pořizovací náklady určeny dle obvyklého poměrného zastoupení položky v nákladním vozu a ceny dopravy. Pro výpočet modelu bude však dále uvažována fixní velikost těchto nákladů. V případě položky GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL jsou pořizovací náklady učeny ve výši 409 Kč za objednávku.

c) Střední hodnota roční poptávky (μ_Q)

Vzhledem k nedostatku dat o prodeji položky za delší časový úsek, je jako střední hodnota roční poptávky uvažována poptávka za rok 2017. Celkový roční objem poptávky po položce GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL za rok 2017 činil 27 502,5 m².

Optimální velikost objednávky je stanovena dle vztahu č. 8:

$$q^* = \sqrt{\frac{2\mu_Q c_2}{c_1}}$$

$$q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot 27502,5 \cdot 409}{15,84}} = 1191,75$$

Optimální velikost objednávky pro položku GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL je 1191,75 m².

4.4.3 Pojistná zásoba

Pojistná zásoba se vypočítá jako součin směrodatné odchylky v pořizovací lhůtě (σ_d) a koeficientu zajištění (z_γ), který odpovídá příslušné hodnotě distribuční funkce normálního rozdělení (kvantilu normálního rozdělení). Položka GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL je zařazena do kategorie A, přísluší jí tedy úroveň obsluhy $\gamma = 0,95$. To znamená, že pravděpodobnost uspokojení poptávky v jednom cyklu je 95 % a maximálně 5 % poptávky nebude uspokojeno.

Nejprve je třeba určit směrodatnou odchylku v pořizovací lhůtě (σ_d), která je vypočítána z celkové roční směrodatné odchylky (σ_q). Dodací lhůta položky (t_d) je 10 dní. Celkový počet pracovních dní v roce je 250.

Výpočet směrodatné odchylky v pořizovací lhůtě:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_q}{250} * t_d$$

$$\sigma_d = \frac{986,5}{250} * 10 = 39,46$$

Směrodatná odchylka poptávky v pořizovací lhůtě je 39,46 m².

Výpočet pojistné zásoby:

Následně je možné vypočítat pojistnou zásobu dle vztahu č. 11. Koeficient zajištění (z_γ) je vypočítán prostřednictvím software Microsoft Excel pomocí funkce NORMSINV $z_{95}=1,6449$. Směrodatná odchylka v pořizovací lhůtě je $39,46 \text{ m}^2$.

$$w = z_{95} \sigma_d$$

$$w = 1,6449 * 39,46 = 64,91$$

Pojistná zásoba položky je $64,91 \text{ m}^2$.

4.4.4 Stanovení objednacích úrovně

Dále se dle vztahu č. 9 stanoví objednacích úroveň pro požadovanou úroveň obsluhy jako součet střední hodnoty během poptávky a pojistné zásoby.

Výpočet střední hodnoty během poptávky:

Nejprve je třeba vypočítat střední hodnotu poptávky během pořizovací lhůty dle vzorce:

$$\mu_d = \frac{Q}{250} * t_d$$

$$\mu_d = \frac{27502,5}{250} * 10 = 1100,10$$

Střední hodnota poptávky během pořizovací lhůty je $1100,10 \text{ m}^2$.

Výpočet objednacích úrovně:

$$r^* = \mu_d + w$$

$$r^* = 1100,10 + 64,91 = 1165,01$$

Dle výpočtů by se optimálně měla vystavovat objednávka o velikosti $1191,75 \text{ m}^2$ položky vždy, když hladina zásoby klesne na úroveň $1165,01 \text{ m}^2$.

4.4.5 Simulace dodávkových cyklů

Cílem simulace dodávkových cyklů je ověřit, zda vypočítaná velikost pojistné zásoby zaručuje požadovanou úroveň obsluhy pro položku GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL.

Pro vybranou položku byla na základě předchozí analýzy určena požadovaná úroveň obsluhy $\gamma=0,95$. Simulace byla provedena v Microsoft Excel a celkem bylo simulováno 1000 dodávkových cyklů. U každého cyklu bylo pozorováno, zda náhodně vygenerovaná poptávka přesáhla hodnotu objednáací úrovně (tj. během cyklu došlo k nedostatku zásoby). Výstupem simulace je ověření, zda stanovená objednáací úroveň zaručuje požadovanou úroveň obsluhy. Úroveň obsluhy se vypočítá jako podíl počtu cyklů s neuspokojenou poptávkou na celkovém počtu simulovaných dodacích cyklů.

Pro generování variabilní poptávky byla použita funkce NORM. INV, která má parametry: pravděpodobnost, střední hodnota, směrodatná odchylka. Pro parametr pravděpodobnosti je generováno pseudonáhodné číslo pomocí funkce NÁHČÍSLO v intervalu $\langle 0;1 \rangle$. Parametry průměr a směrodatná odchylka jsou stanoveny na základě předchozích výpočtů. Vstupní parametry simulace jsou zobrazeny v tabulce č. 7.

Tabulka 7 - Vstupní parametry simulace dodávkových cyklů

Vstupní parametry	
Průměrná spotřeba v pořizovací lhůtě (μ_d)	1100,10
Směrodatná odchylka v pořizovací lhůtě (σ_d)	39,46
Pojistná zásoba (w)	64,91
Objednáací úroveň (r^*)	1165,01
Náh. číslo	$\langle 0;1 \rangle$

Zdroj: vlastní zpracování

Vyhodnocení

Při simulaci 1000 dodávkových došlo k nedostatku zásoby v 48 případech, což odpovídá úrovni obsluhy $\gamma=0,9520$. Výsledek simulace splňuje požadavek stanovené minimální úrovně obsluhy $\gamma=0,95$. Ukázka simulace je zobrazena v tabulce č. 8.

Tabulka 8 - Ukázka simulace

Dodávkový cyklus	Spotřeba v pořizovací lhůtě	Objednáací úroveň	Vznik nedostatku
1	1183,50	1165,01	1
2	1086,26	1165,01	0
3	1151,44	1165,01	0
⋮	⋮	⋮	⋮
1000	1142,84	1165,01	0
			Σ 48

Zdroj: vlastní zpracování

4.4.6 Celkové náklady před zavedením systému

Pro vyčíslení úspor po zavedení nového systému řízení zásob je nutné nejprve vypočítat náklady na položku před zavedením systému. Výpočet celkových nákladů je proveden na základě vztahu č. 1. Pro dosažení přesnějšího výpočtu bude do vzorce dosazena skutečná roční průměrná zásoba položky, která byla dle dat od společnosti 1775,69 m² (viz příloha č. 3). Dále je pro výpočet nutné znát počet realizovaných objednávek. Dle podkladových dat bylo za celý rok 2017 realizováno celkem 12 objednávek (viz příloha č. 3). Celková poptávka po vybrané položce činila 27 502,5 m². Roční skladovací náklady položky se rovnají 15,84 Kč, pořizovací náklady jedné objednávky 409 Kč.

Výpočet celkových nákladů:

$$N = 1775,69 * 15,84 + 12 * 409 = 33034,9$$

Celkové roční náklady před zavedením systému řízení zásob činily 33 034,90 Kč.

4.4.7 Celkové náklady po zavedení systému

Optimální celkové náklady po zavedení systému řízení zásob se vypočítají na základě vztahu č. 1. Do vzorce je dosazena vypočtená optimální velikost objednávky q^* a průměrná zásoba je navýšena o velikost pojistné zásoby w .

$$N^*(q^*) = \left(\frac{q^*}{2} + w\right) c_1 + \frac{Q}{q^*} c_2$$
$$N^*(q^*) = \left(\frac{1191,75}{2} + 64,91\right) * 15,84 + \frac{27502,5}{1191,75} * 409$$
$$N^*(q^*) = 19905,42$$

Při optimální velikosti objednávky 1191,75 m² a pojistné zásobě 64,91 m² činí optimální celkové náklady 19 905,42 Kč.

Vyhodnocení

Celkové roční náklady na položku GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL činily před zavedením navrhovaného systému 33 034,90 Kč. Při použití navrhovaného systému by bylo možné tyto náklady snížit o 13 129,48 Kč. Tuto úsporu lze vysvětlit snížením průměrné zásoby, která způsobí snížení celkových ročních nákladů na skladování o cca 37 %. S nižší udržovanou zásobou je však spojeno také zvýšení pořizovacích nákladů o cca 92 % z důvodu

vyšší frekvence dodávek. Porovnání skladovacích a pořizovacích nákladů je zobrazeno v tabulce č. 9.

Tabulka 9 - Porovnání nákladů u ukázkové položky

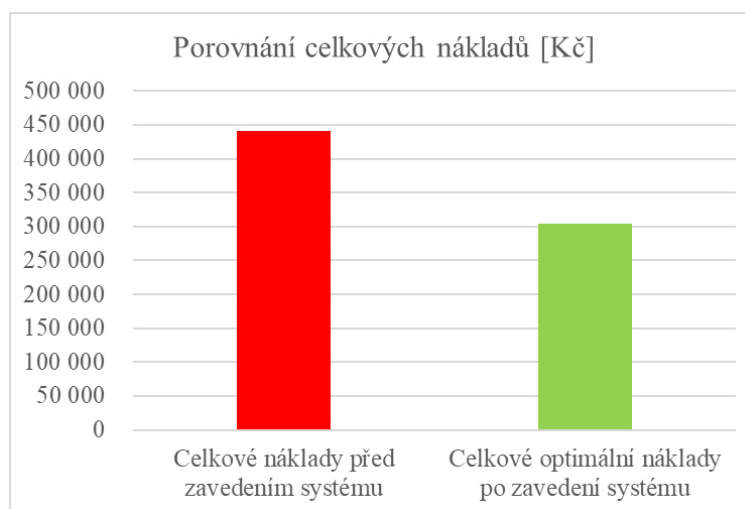
	Průměrná zásoba [m ²]	Počet dodávek	Skladovací náklady [Kč]	Pořizovací náklady [Kč]	Náklady celkem [Kč]
Před zavedením systému	1775,69	12,00	28 126,90	4 908,00	33 034,90
Po zavedení systému	660,78	23,08	10 466,75	9 438,67	19 905,42
Změna	-1114,91	11,08	-17 660,15	4 530,67	-13 129,48

Zdroj: vlastní zpracování

4.5 Porovnání celkových nákladů na všechny položky

Pro vyčíslení změny celkových nákladů u všech 41 položek je nutné pro každou položku vypočítat optimální velikost objednávky a pojistné zásoby (viz příloha č. 5). Následně jsou vypočítány a porovnány celkové roční náklady před a po zavedení systému. Celkové roční náklady před zavedením systému činily 440 213,10 Kč. Celkové roční náklady po zavedení systému činí 304 061,63 Kč. Společnost může zavedením systému ušetřit 136 151,47 Kč ročně. U některých položek došlo k navýšení celkových nákladů, a to z důvodu zvýšení průměrné zásoby. Zvýšení průměrné zásoby může být vysvětleno tím, že společnost neudržovala dostatečnou zásobu pro pokrytí poptávky. Porovnání nákladů celkových nákladů je znázorněno na obrázku č. 15. Změna celkových ročních nákladů u všech 41 položek je zobrazena v tabulce č. 10.

Obrázek 15 - Porovnání celkových nákladů



Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 10 - Porovnání celkových ročních nákladů u všech položek

	Celkové optimální náklady po zavedení systému [Kč]	Celkové náklady před zavedením systému [Kč]	Úspora [Kč]
DEKPLAN 76 kotvený 1,5mm š.1,60m	22 156,61	38 333,39	16 176,79
GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	19 905,42	33 034,90	13 129,48
VIPLANYL 60/712 šedý	13 524,55	16 001,97	2 477,43
FILTEK 300g/m2, š.2m	12 769,94	15 495,32	2 725,38
ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL	10 899,70	21 193,59	10 293,90
XPS DEK 300kPa 100mm (FIBRAN ETICS GF I)	11 589,14	14 612,69	3 023,55
Polystyren EPS 100 100mm 500x1000 DEK Isover	10 320,92	8 986,34	-1 334,58
DEKWOOL G 039r 160mm	10 704,06	11 669,40	965,34
Polystyren 70F 100mm 500x1000 DEK Isover	10 755,77	9 224,03	-1 531,74
XPS DEK 300kPa 50mm (FIBRAN ETICS GF I)	8 298,71	11 682,59	3 383,88
FILTEK 200g/m2, š.2m	10 134,19	13 295,87	3 161,68
DEKWOOL G 039r 120mm	9 000,82	12 561,75	3 560,93
Polystyren EPS 100 60mm 500x1000 DEK Isover	7 647,14	9 353,32	1 706,18
Polystyren EPS 100 50mm 500x1000 DEK Isover	7 780,97	7 831,40	50,43
DEKWOOL G 039r 140mm	8 923,44	14 646,86	5 723,42
ISOVER UNI 100mm	8 257,88	7 236,67	-1 021,21
Polystyren EPS 100 80mm 500x1000 DEK Isover	7 313,01	10 750,36	3 437,35
ISOVER UNI 80mm	7 526,63	8 753,76	1 227,13
XPS DEK 200kPa 20mm (FIBRAN ETICS GF I)	6 858,08	10 346,51	3 488,43
Polystyren 70F 80mm 500x1000 DEK Isover	6 944,39	10 267,87	3 323,48
XPS DEK 250kPa 30mm (FIBRAN ETICS GF I)	6 785,08	9 462,19	2 677,11
Polystyren EPS 100 40mm 500x1000 DEK Isover	6 054,90	7 960,17	1 905,27
XPS DEK 250kPa 40mm (FIBRAN ETICS GF I)	5 925,88	10 206,29	4 280,41
DEKWOOL G 039r 80mm	5 642,06	10 274,68	4 632,62
ISOVER UNI 60mm	4 951,17	6 314,59	1 363,42
DEKWOOL G 039r 50mm	5 491,92	9 023,32	3 531,39
Polystyren 70F 50mm 500x1000 DEK Isover	6 120,67	9 373,09	3 252,42
ISOVER UNI 50mm	5 927,31	8 053,32	2 126,00
DEKWOOL DW r plate 100mm	4 990,34	9 166,51	4 176,17
Polystyren 70F 60mm 500x1000 DEK Isover	4 579,65	10 014,53	5 434,88
PE fólie tl. 0,2mm 50m x 2m	3 426,89	3 719,18	292,29
Polystyren 70F 40mm 500x1000 DEK Isover	3 944,65	7 086,98	3 142,33
Polystyren EPS 100 20mm 500x1000 DEK Isover	4 179,83	8 012,74	3 832,91
Polystyren 70F 20mm 500x1000 DEK Isover	4 059,19	6 883,48	2 824,29
Polystyren 70F 30mm 500x1000 DEK Isover	3 340,30	6 465,79	3 125,49
PE fólie tl. 0,1mm 50m x 2m	4 054,87	5 834,94	1 780,07
Propan (33 kg) - náplň TEPLO	3 181,57	5 615,58	2 434,01
Vnější roh DEKPLAN	3 066,69	5 371,73	2 305,03
Propan-butan Flaga Český Plyn	2 417,73	3 680,14	1 262,41
Polystyren 70F 10mm 500x1000 Dek Isover	2 343,74	6 054,91	3 711,17
Vnitřní roh DEKPLAN	2 265,83	6 360,18	4 094,35
SUMA	304 061,63	440 213,10	136 151,47

Zdroj: vlastní zpracování

4.6 Analýza citlivosti

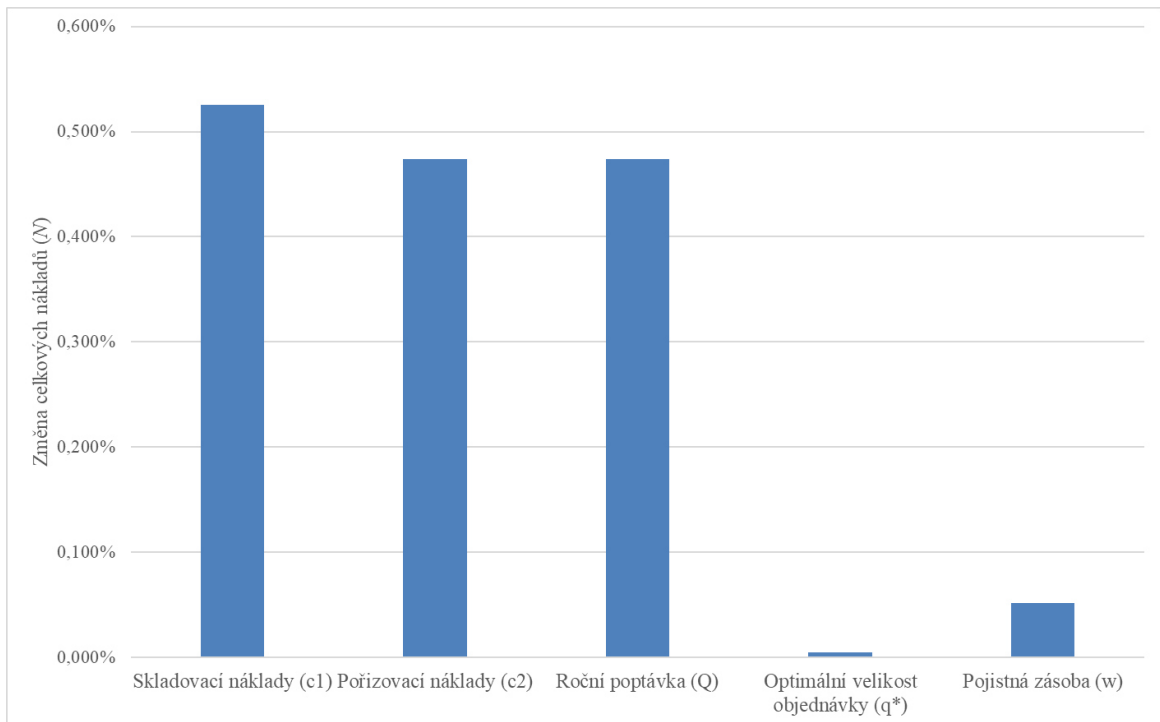
V této kapitole je provedena analýza citlivosti celkových ročních nákladů na změnu vybraných parametrů aplikovaného modelu. Analýza bude provedena pro položku GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL. Cílem analýzy je určit, které parametry modelu jsou klíčové a nejvíce ovlivňují celkové roční náklady. Je analyzována citlivost celkových nákladů na změnu velikosti optimální objednávky, pojistné zásoby, roční poptávky, jednotkových skladovacích a pořizovacích nákladů. Každý z těchto parametrů je zvýšen o 1 % a je pozorována procentuální změna velikosti celkových ročních nákladů. Ostatní parametry zůstávají při výpočtu konstantní. Je nutno dodat, že parametry optimální velikosti objednávky a pojistné zásoby jsou závislé na roční poptávce a nákladových parametrech. V případě změny nákladových parametrů nebo roční poptávky by bylo vhodné vypočítat novou optimální velikost objednávky. V praxi však nemusí vždy docházet k časté aktualizaci optimálních hodnot a z tohoto důvodu budou optimální hodnoty považovány za konstantní. Výsledky analýzy jsou zaznamenány v tabulce č. 11. Porovnání vlivu parametrů je znázorněno na obrázku č. 16.

Tabulka 11 - Analýza citlivosti celkových nákladů na změnu parametrů

	Výchozí hodnota	Zvýšení o 1 %	Celkové náklady (N) [Kč]	Optimální celkové náklady ($N^*(q^*)$) [Kč]	Změna celkových nákladů [%]
Skladovací náklady (c_1)	15,84	16,00	20 010,08	19 905,42	0,523
Pořizovací náklady (c_2)	409,00	413,09	19 999,80	19 905,42	0,472
Roční poptávka (Q)	27 502,50	27 777,53	19 999,80	19 905,42	0,472
Optimální velikost objednávky (q^*)	1 191,75	1 203,67	19 906,35	19 905,42	0,005
Pojistná zásoba (w)	64,91	65,56	19 915,78	19 905,42	0,052

Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 16 – Porovnání parametrů analýzy citlivosti



Zdroj: vlastní zpracování

Interpretace:

- **Skladovací náklady**

Z výsledků analýzy vyplývá, že celkové náklady jsou nejvíce citlivé na změnu skladovacích nákladů. To je předpokládaný výsledek, neboť se jedná o změnu nákladového parametru spojeného s každou jednotkou skladované položky. Pokud se roční jednotkové skladovací náklady zvýší o 1 %, celkové roční náklady se zvýší o 0,523 % (při zachování ostatních parametrů modelu konstantních).

- **Pořizovací náklady**

Pořizovací náklady jsou spojeny s každou objednávkou, jsou tedy důležitou nákladovou složkou. Při zvýšení pořizovacích nákladů o 1 % se celkové roční náklady zvýší o 0,472 % (při zachování ostatních parametrů modelu konstantních).

- **Roční poptávka**

S rostoucí poptávkou roste počet objednávek o konstantní velikosti. Při zvýšení roční poptávky o 1 % se celkové roční náklady zvýší o 0,472 % (při zachování ostatních parametrů modelu konstantních).

- **Optimální velikost objednávky**

Celkové náklady jsou velmi málo citlivé na změnu optimální velikosti objednávky. Při zvýšení velikosti optimální objednávky o 1 % se celkové roční náklady zvýší o 0,005 % (při zachování ostatních parametrů modelu konstantních). V praxi je možné optimální velikost objednávky považovat za orientační hodnotu, drobná úprava této hodnoty nebude mít z hlediska celkových nákladů příliš velký vliv.

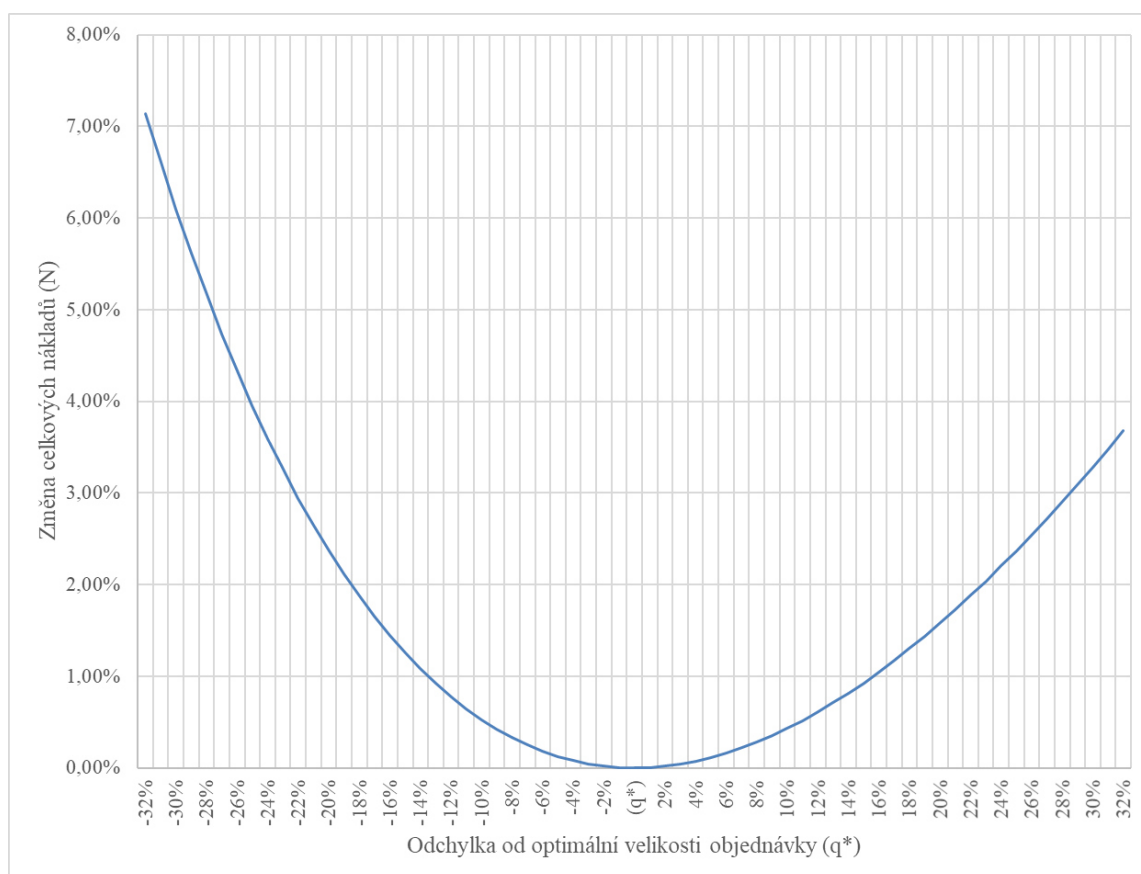
- **Pojistná zásoba**

Pojistná zásoba zvyšuje průměrnou velikost zásoby na skladu a tím skladovací náklady. Při zvýšení pojistné zásoby o 1 % se celkové roční náklady zvýší o 0,052 % (při zachování ostatních parametrů modelu konstantních).

4.6.1 Citlivost celkových nákladů na odchytku od opt. velikosti objednávky

Pokud je při vystavování každé objednávky dodržována její optimální velikost, budou celkové náklady optimální (minimální). V praxi však může dojít k situaci, kdy z různých důvodů nebude možné dodržet optimální velikost objednávky. Na obrázku č. 17 je zobrazen průběh funkce celkových nákladů při odchylce od optimální velikosti objednávky.

Obrázek 17 - Citlivost celkových nákladů na odchytku od opt. velikosti objednávky



Zdroj: vlastní zpracování

Z průběhu funkce celkových nákladů je patrné, že překročení optimální velikosti objednávky vyvolá nižší růst celkových nákladů než nedostatečná velikost objednávky. Pokud je objednané množství vyšší než q^* o 10 %, celkové náklady se zvýší o 0,431 %. V případě, že je objednané množství nižší než q^* o 10 %, celkové náklady se zvýší o 0,527 %. Pokud v praxi nastane situace, kdy nebude možné vystavit objednávku o optimální velikosti, lze doporučit tuto velikost spíše překročit. V tabulce č. 12 je vypočítána změna celkových nákladů pro změnu velikosti objednávky v intervalu $\langle -20 \% ; +20 \% \rangle$.

Tabulka 12 - Odchylka od opt. velikosti objednávky

Odchylka od opt. velikosti [%]	Velikost objednávky (q) [m ²]	Celkové náklady (N) [Kč]	Změna celkových nákladů [%]
-20%	953,40	20 377,35	2,371
-19%	965,32	20 326,08	2,113
-18%	977,23	20 278,36	1,874
-17%	989,15	20 234,06	1,651
-16%	1 001,07	20 193,07	1,445
-15%	1 012,99	20 155,26	1,255
-14%	1 024,90	20 120,53	1,081
-13%	1 036,82	20 088,76	0,921
-12%	1 048,74	20 059,87	0,776
-11%	1 060,66	20 033,74	0,645
-10%	1 072,57	20 010,29	0,527
-9%	1 084,49	19 989,43	0,422
-8%	1 096,41	19 971,08	0,330
-7%	1 108,33	19 955,15	0,250
-6%	1 120,24	19 941,56	0,182
-5%	1 132,16	19 930,25	0,125
-4%	1 144,08	19 921,15	0,079
-3%	1 156,00	19 914,17	0,044
-2%	1 167,91	19 909,27	0,019
-1%	1 179,83	19 906,37	0,005
0%	1 191,75	19 905,42	0,000
1%	1 203,67	19 906,35	0,005
2%	1 215,58	19 909,12	0,019
3%	1 227,50	19 913,66	0,041
4%	1 239,42	19 919,94	0,073
5%	1 251,34	19 927,89	0,113
6%	1 263,25	19 937,47	0,161
7%	1 275,17	19 948,64	0,217
8%	1 287,09	19 961,35	0,281
9%	1 299,01	19 975,56	0,352
10%	1 310,92	19 991,22	0,431
11%	1 322,84	20 008,31	0,517
12%	1 334,76	20 026,77	0,610
13%	1 346,68	20 046,58	0,709
14%	1 358,59	20 067,69	0,815
15%	1 370,51	20 090,09	0,928
16%	1 382,43	20 113,72	1,046
17%	1 394,35	20 138,56	1,171
18%	1 406,26	20 164,58	1,302
19%	1 418,18	20 191,75	1,438
20%	1 430,10	20 220,04	1,581

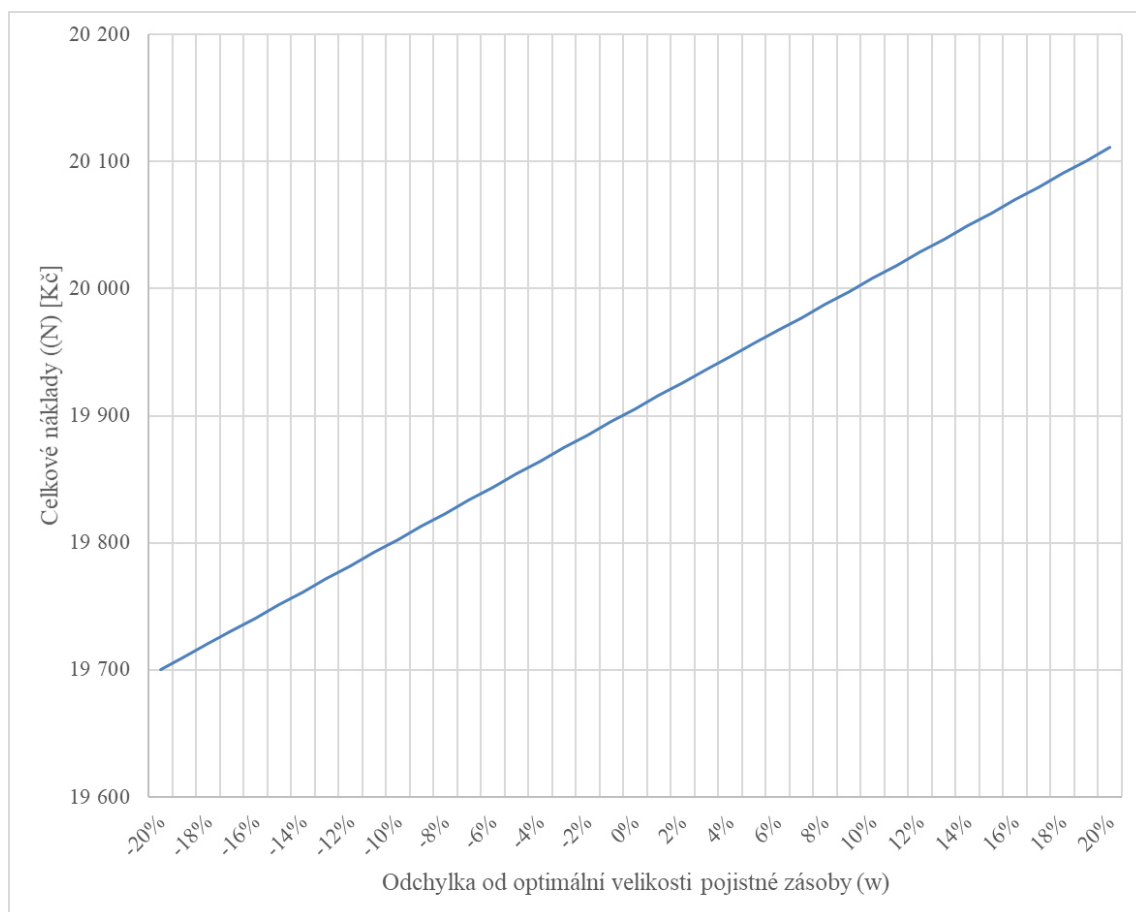
Zdroj: vlastní zpracování

4.6.2 Citlivost celkových nákladů na změnu pojistné zásoby

Účel udržování pojistné zásoby je vyrovnání výkyvů v poptávce či dodací lhůtě. Udržování pojistné zásoby zvyšuje pravděpodobnost uspokojení poptávky, ale také zvyšuje velikost průměrné zásoby. S rostoucí průměrnou zásobou rostou skladovací náklady.

Výchozí velikost pojistné zásoby je 64,91 m² při celkových nákladech 19 905,42 Kč. Na obrázku č. 18 je zobrazena funkce celkových nákladů v závislosti na změně parametru pojistné zásoby. V tabulce č. 13 jsou vypočítané celkové roční náklady při změně velikosti pojistné zásoby v intervalu <-20 %; +20 %>.

Obrázek 18 - Odchylka od optimální pojistné zásoby



Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 13 - Citlivost celkových nákladů na změnu pojistné zásoby

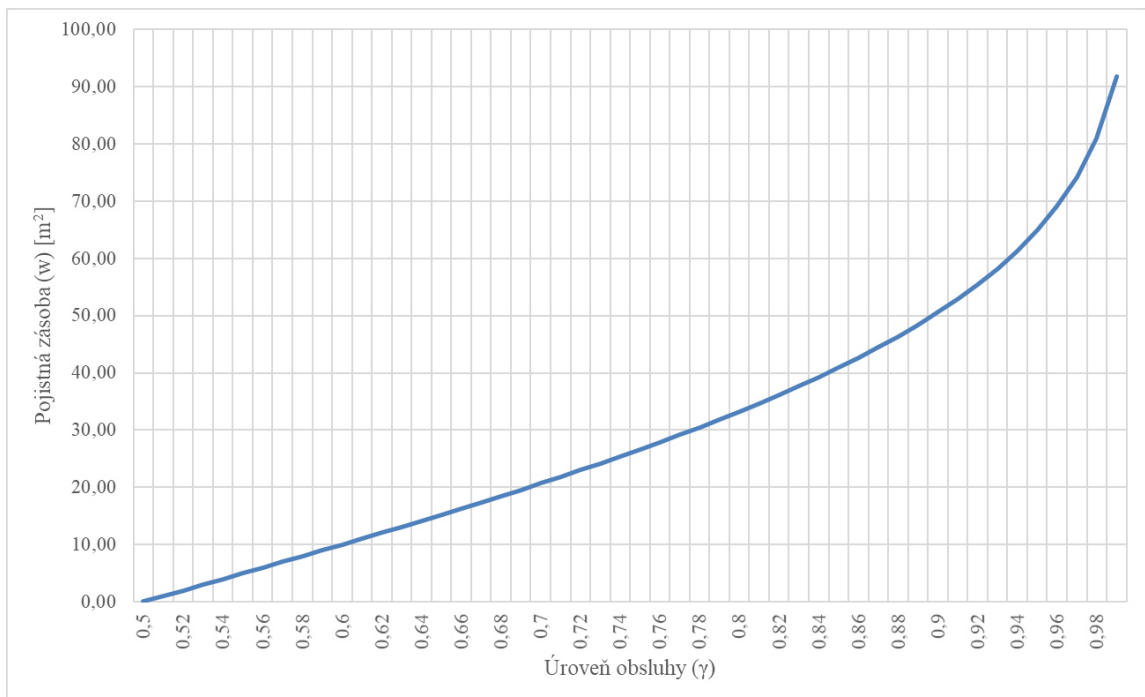
Změna velikosti pojistné zásoby [%]	Pojistná zásoba (w) [m²]	Celkové náklady (N) [Kč]	Změna celkových nákladů [%]
-20%	51,93	19 699,86	-1,033
-19%	52,58	19 710,14	-0,981
-18%	53,23	19 720,42	-0,930
-17%	53,88	19 730,70	-0,878
-16%	54,52	19 740,99	-0,826
-15%	55,17	19 751,27	-0,775
-14%	55,82	19 761,55	-0,723
-13%	56,47	19 771,83	-0,671
-12%	57,12	19 782,11	-0,620
-11%	57,77	19 792,40	-0,568
-10%	58,42	19 802,68	-0,517
-9%	59,07	19 812,96	-0,465
-8%	59,72	19 823,24	-0,413
-7%	60,37	19 833,52	-0,362
-6%	61,02	19 843,80	-0,310
-5%	61,66	19 854,09	-0,258
-4%	62,31	19 864,37	-0,207
-3%	62,96	19 874,65	-0,155
-2%	63,61	19 884,93	-0,103
-1%	64,26	19 895,21	-0,052
0%	64,91	19 905,42	0,000
1%	65,56	19 915,78	0,052
2%	66,21	19 926,06	0,103
3%	66,86	19 936,34	0,155
4%	67,51	19 946,62	0,207
5%	68,16	19 956,90	0,258
6%	68,80	19 967,18	0,310
7%	69,45	19 977,47	0,362
8%	70,10	19 987,75	0,413
9%	70,75	19 998,03	0,465
10%	71,40	20 008,31	0,517
11%	72,05	20 018,59	0,568
12%	72,70	20 028,88	0,620
13%	73,35	20 039,16	0,671
14%	74,00	20 049,44	0,723
15%	74,65	20 059,72	0,775
16%	75,30	20 070,00	0,826
17%	75,94	20 080,28	0,878
18%	76,59	20 090,57	0,930
19%	77,24	20 100,85	0,981
20%	77,89	20 111,13	1,033

Zdroj: vlastní zpracování

4.6.3 Citlivost pojistné zásoby na změnu úrovně obsluhy

Na obrázku č. 19 je zobrazena závislost pojistné zásoby na úrovni obsluhy. Například pro úroveň obsluhy $\gamma = 0,5$ není udržována žádná pojistná zásoba. Při této úrovni obsluhy je poptávka uspokojena pouze v 50 % případů objednacích cyklů. Při úrovni obsluhy $\gamma = 0,99$ je udržováno 91,80 m² pojistné zásoby a poptávka uspokojena z 99 %. Výchozí hodnota úrovně obsluhy je pro zvolenou položku $\gamma = 0,95$ s velikostí pojistné zásoby 64,91 m². Kompletní výpočty pojistné zásoby pro příslušné úrovně obsluhy jsou zobrazeny v tabulce č. 14.

Obrázek 19 - Pojistná zásoba v závislosti na úrovni obsluhy



Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 14 - Pojistná zásoba v závislosti na úrovni obsluhy

Úroveň obsluhy (γ)	Pojistná zásoba (w) [m ²]
0,50	0,00
0,51	0,99
0,52	1,98
0,53	2,97
0,54	3,96
0,55	4,96
0,56	5,96
0,57	6,96
0,58	7,97
0,59	8,98
0,60	10,00
0,61	11,02
0,62	12,05
0,63	13,09
0,64	14,14
0,65	15,20
0,66	16,28
0,67	17,36
0,68	18,46
0,69	19,57
0,70	20,69
0,71	21,84
0,72	23,00
0,73	24,18
0,74	25,39
0,75	26,62
0,76	27,87
0,77	29,15
0,78	30,47
0,79	31,82
0,80	33,21
0,81	34,64
0,82	36,12
0,83	37,65
0,84	39,24
0,85	40,90
0,86	42,63
0,87	44,45
0,88	46,36
0,89	48,40
0,90	50,57
0,91	52,91
0,92	55,44
0,93	58,23
0,94	61,35
0,95	64,91
0,96	69,08
0,97	74,22
0,98	81,04
0,99	91,80

Zdroj: vlastní zpracování

4.6.4 Vyhodnocení analýzy

Cílem analýzy bylo určit, které parametry modelu jsou z hlediska celkových nákladů klíčové. Bylo zjištěno, že nejmenší vliv na celkové náklady má změna **optimální velikosti objednávky**. V případě, že se objednané množství nebude výrazně (v řádu několika desítek procent) lišit od optimální hodnoty objednávky, budou mít drobné změny ve velikosti objednávky minimální dopady na celkové náklady. Důvodem je, že změna velikosti objednávky vyvolá pouze nepatrnou změnu v průměrné zásobě a tím ve skladovacích nákladech. Pořizovací náklady jsou touto změnou také ovlivněny minimálně. Při vystavování objednávky není nutné se příliš striktně řídit optimální vypočtenou hodnotou, ale je vhodné tuto hodnotu znát a přiblížit se ní.

V pořadí druhým nejméně ovlivňujícím parametrem je **velikost pojistné zásoby**, která v případě navýšení pouze mírně navyšuje průměrnou zásobu a tím skladovací náklady.

Roční poptávka a nákladové proměnné mají nejvyšší vliv na změnu nákladů. Tyto parametry se na rozdíl od optimální objednávky či pojistné zásoby řadí k obtížně říditelným. Vzhledem k závislosti optimální velikosti objednávky na těchto parametrech, lze míru vlivu těchto parametrů na celkové náklady chápat jako míru potřeby výpočtu nového modelu. Případná změna těchto parametrů by měla v ideálním případě vést k výpočtu nových optimálních hodnot.

5 Výsledky a doporučení

Z výsledků práce vyplývá, že při zavedení navrhovaného systému řízení zásob lze dosáhnout snížení ročních logistických nákladů u analyzovaných položek o 30 %. Této teoretické finanční úspory bylo dosaženo pomocí provedených analýz a modelu řízení zásob. Nejprve byla provedena ABC analýza pro kategorizaci položek z hlediska celkových tržeb. Dále byla provedena XYZ analýza pro kategorizaci položek z hlediska variability poptávky a určení položek vhodných pro predikci poptávky. Poté byl na jednotlivé položky aplikován dynamický model se stochastickou poptávkou a byly určeny optimální hodnoty pro vystavování objednávky. Celkové roční logistické náklady před zavedením systému činily 440 213 Kč. Po zavedení navrhovaného systému by činily 304 062 Kč. Společnost může zavedením systému řízení zásob ušetřit 136 152 Kč ročně. Z výsledků analýzy citlivosti vyplývá, že není nutné striktně dodržovat vypočítané optimální hodnoty pro vystavování objednávek, ale je žádoucí tyto hodnoty znát a co nejvíce se jim přiblížit. Malé odchylky od optimální velikosti objednávky nepovedou k výraznému zvýšení celkových nákladů.

Na základě výsledků a zjištění lze pro společnost Stavebniny DEK a.s. stanovit některá doporučení. Z hlediska zavádění systému řízení zásob ve společnosti je důležité co nejpřesněji vyčíslit skladovací a pořizovací náklady skladovaných položek. Dále shromažďovat přesná data o pořizovací lhůtě a poptávce jednotlivých položek a následně je statisticky vyhodnocovat. Pomocí ABC analýzy lze vyhodnocovat, které položky jsou důležité a navrhnout vhodná pravidla pro kontrolu stavu a strategii objednávání. U položek, které vykazují nízkou variabilitu v poptávce je možné použít statistické metody pro predikci poptávky. Kvalitní predikce celkové poptávky po položce zvýší přesnost výpočtu optimální velikosti objednávky a tím sníží celkové náklady.

6 Závěr

Tato diplomová práce byla zaměřena na téma využití kvantitativních metod v oblasti řízení zásob v praxi. Hlavním cílem této práce byl návrh nového systému řízení zásob pro pobočku Stavebniny DEK a.s. za účelem minimalizace nákladů spojených se skladovým hospodářstvím, vedlejším cílem bylo provedení analýzy citlivosti celkových nákladů na změnu vybraných parametrů.

V teoretické části práce byla popsána teoretická východiska problematiky řízení zásob. Nejprve byl definován vědní obor zvaný operační výzkum. Poté byl vymezen pojem logistika a popsán systémový přístup k logistice. Následně byly klasifikovány logistické náklady, blíže pak byly popsány náklady důležité z hlediska matematických modelů. Dále byly popsány matematické modely z oblasti operačního výzkumu a další vybrané kvantitativní metody. Na základě poznatků teoretické části práce byly zvoleny vhodné metody k řešení praktické části práce.

V praktické části byl navrhnout nový systém řízení zásob pomocí ABC, resp. XYZ analýzy a dynamického modelu se stochastickou poptávkou. Po provedených analýzách a výpočtech byly vyčísleny celkové roční náklady v případě použití navrhovaného systému a byly porovnány s předchozím stavem. Bylo zjištěno, že v případě zavedení systému by společnost mohla snížit celkové roční náklady u analyzovaných položek o 30 %. Dále byla provedena analýza citlivosti a určeny klíčové parametry modelu. Na základě provedených analýz a výsledků byla v závěru práce stanovena doporučení pro společnost.

Na závěr lze konstatovat, že použití matematických modelů řízení zásob naráží při aplikaci v reálné prostředí na některé problémy. Například určení nákladových parametrů pro výpočet optimální velikosti objednávky může být v praxi velmi komplikované, do modelu je také obtížné zahrnout vytíženost dopravních prostředků. Navzdory těmto limitům je však žádoucí provádět výpočty matematických modelů se snahou dosáhnout co největší přesnosti při určování parametrů modelu a znát optimálního řešení problému. V reálném prostředí pak lze s takto získanými znalostmi volit řešení alespoň blízké optimálnímu a tím dosáhnout finančních úspor.

7 Seznam použitých zdrojů

Tištěné dokumenty

ALHABEEB, M. J., 2015. *Entrepreneurial finance: fundamentals of financial planning and management for small business*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 9781118691519.

BHAT, K. Shridhara, 2009. *Materials management*. 4th ed. Mumbai, India: Himalaya Pub. House. ISBN 9788184886429.

DÖMEOVÁ, Ludmila a Martina BERÁNKOVÁ, 2004. *Modely řízení zásob I*. Vyd. 1. Praha: Credit. ISBN 8021311401.

DRAHOTSKÝ, Ivo a Bohumil ŘEZNÍČEK, 2003. *Logistika - procesy a jejich řízení*. Vyd. 1. Brno: Computer Press. Praxe manažera (Computer Press). ISBN 8072265210.

HORÁKOVÁ, Helena a Jiří KUBÁT, 1998. *Řízení zásob: logické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy*. 3. přeprac. vyd. Praha: Profess. Poradce controllingu. ISBN 8085235552.

JABLONSKÝ, Josef, 2007. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 3. vyd. Praha: Professional Publishing. ISBN 9788086946443.

JIRSÁK, Petr, Michal MERVART a Marek VINŠ, 2012. *Logistika pro ekonomy - vstupní logistika*. Vyd. 1. Praha: Wolters Kluwer Česká republika. ISBN 9788073579586.

JUROVÁ, Marie, 2013. *Výrobní procesy řízené logistikou*. 1. vyd. Brno: BizBooks. ISBN 9788026500599.

KROPÁČ, Jiří, 2008. *Statistika C: statistická regulace, indexy způsobilosti, řízení zásob, statistické přejímky*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská. ISBN 9788021435919.

KUBÁT, Jiří a Vladimír LÍBAL, 1994. *ABC logistiky v podnikání*. Praha: Nakladatelství dopravy a turistiky. ISBN 8085884119.

LAMBERT, Douglas M. a Lisa M. ELLRAM, 2000. *Logistika: příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží*. Vyd. 1. Praha: Computer Press. Business books (Computer Press). ISBN 8072262211.

MACUROVÁ, Pavla, Naděžda KLABUSAYOVÁ a Leo TVRDOŇ, 2014. *Logistika*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava. ISBN 9788024837918.

MÁLEK, Zdeněk a Zdeněk ČUJAN, 2008. *Základy logistiky*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 9788073187293.

PERNICA, Petr, 1998. *Logistický management: teorie a podniková praxe*. Vyd. 1. Praha: Radix. ISBN 8086031136.

PLEVNÝ, Miroslav a Miroslav ŽIŽKA, 2005. *Modelování a optimalizace v manažerském rozhodování*. 1. vyd. V Plzni: Západočeská univerzita. ISBN 807043435x.

PRATER, Edmund a Kim WHITEHEAD, 2012. *An Introduction to Supply Chain Management: A Global Supply Chain Support Perspective*. USA: Business Expert Press. ISBN 9781606493755.

PRAŽSKÁ, Lenka a Jiří JINDRA, 2002. *Obchodní podnikání*. 2. přeprac. vyd. Praha: Management Press. ISBN 8072610597.

RAMAMURTHY, P., 2000. *Operations Research*. Daryaganj: New Age International. ISBN 9788122420692.

ROY, Ram Naresh, 2005. *Modern Approach to Operations Management*. New Age International. ISBN 9788122416275.

SHARMA, Anand, 2008. *Operations Research*. New Delhi: Global Media. ISBN 9788178668949.

SCHULTE, Christof, 1994. *Logistika*. 1. vyd. Praha: Victoria Publishing. ISBN 8085605872.

SIXTA, Josef a Miroslav ŽIŽKA, 2009. *Logistika: metody používané pro řešení logistických projektů*. Vyd. 1. Brno: Computer Press. Praxe manažera (Computer Press). ISBN 9788025125632.

SYNEK, Miloslav, 2011. *Manažerská ekonomika*. 5., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada. Expert (Grada). ISBN 9788024734941.

ŠTŮSEK, Jaromír, 2007. *Řízení provozu v logistických řetězcích*. Vyd. 1. V Praze: C.H. Beck. C.H. Beck pro praxi. ISBN 9788071795346.

TER-MANUELIANC, Antonín, 1980. *Matematické modely řízení zásob*. 1. vyd. Praha: Institut řízení.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2014. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. 1. vyd. Praha: Grada. Expert (Grada). ISBN 9788024744865.

VANĚČEK, Drahoš, 1998. *Logistika*. 2. vyd., přeprac. České Budějovice: Jihočeská univerzita. ISBN 8070403233.

VIALE, J. David, 1996. *Inventory management: from warehouse to distribution center*. Lanham, MD: Distribution to the U.S. trade, National Book Network. Fifty-Minute series. ISBN 9781560523611.

ŽIŽKA, Miroslav, 2003. *Vybrané statě z operačního výzkumu*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita. ISBN 8070836911.

Elektronické dokumenty

BULINSKI, Jerzy, Czesław WASZKIEWICZ a Piotr BURACZEWSKI, 2013. Utilization of ABC/XYZ analysis in stock planning in the enterprise. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Agriculture* [online]. 2013(61 Agric. Forest Eng.), 8 [cit. 2019-02-18]. ISSN 02085712. Dostupné z: <http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-2a922d29-522b-4730-8cff-9aaeace68191/c/14.pdf>

PETROPOULOS, Fotios, Nikolaos KOURENTZES, Konstantinos NIKOLOPOULOS a Enno SIEMSEN, 2018. Judgmental selection of forecasting models. *Journal of Operations Management* [online]. 60, 34-46 [cit. 2018-10-15]. DOI: 10.1016/j.jom.2018.05.005. ISSN 02726963. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0272696318300251>

TEUNTER, Ruud, M. BABAI a Aris SYNTETOS, 2010. ABC Classification: Service Levels and Inventory Costs. *Production and Operations Management* [online]. 2019(3), 343-352 [cit. 2018-10-15]. DOI: 10.1111/j.1937-5956.2009.01098.x. ISSN 10591478. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1937-5956.2009.01098.x>

WONG, Carlos, 2015. XYZ analysis in Dynamics AX. In: *InventOps* [online]. [cit. 2019-01-28]. Dostupné z: <https://inventops.wordpress.com/2015/10/10/xyz-analysis-in-dynamics-ax/>

Přílohy

Příloha 1 - Položky vybrané k analýze

č.p.	Název
1	DEKPLAN 76 kotvený 1,5mm š.1,60m
2	GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL
3	VIPLANYL 60/712 šedý
4	FILTEK 300g/m ² , š.2m
5	ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL
6	XPS DEK 300kPa 100mm (FIBRAN ETICS GF I)
7	Polystyren EPS 100 100mm 500x1000 DEK Isover
8	DEKWOOL G 039r 160mm
9	Polystyren 70F 100mm 500x1000 DEK Isover
10	XPS DEK 300kPa 50mm (FIBRAN ETICS GF I)
11	FILTEK 200g/m ² , š.2m
12	DEKWOOL G 039r 120mm
13	Polystyren EPS 100 60mm 500x1000 DEK Isover
14	Polystyren EPS 100 50mm 500x1000 DEK Isover
15	DEKWOOL G 039r 140mm
16	ISOVER UNI 100mm
17	Polystyren EPS 100 80mm 500x1000 DEK Isover
18	ISOVER UNI 80mm
19	XPS DEK 200kPa 20mm (FIBRAN ETICS GF I)
20	Polystyren 70F 80mm 500x1000 DEK Isover
21	XPS DEK 250kPa 30mm (FIBRAN ETICS GF I)
22	Polystyren EPS 100 40mm 500x1000 DEK Isover
23	XPS DEK 250kPa 40mm (FIBRAN ETICS GF I)
24	DEKWOOL G 039r 80mm
25	ISOVER UNI 60mm
26	DEKWOOL G 039r 50mm
27	Polystyren 70F 50mm 500x1000 DEK Isover
28	ISOVER UNI 50mm
29	DEKWOOL DW r plate 100mm
30	Polystyren 70F 60mm 500x1000 DEK Isover
31	PE fólie tl. 0,2mm 50m x 2m
32	Polystyren 70F 40mm 500x1000 DEK Isover
33	Polystyren EPS 100 20mm 500x1000 DEK Isover
34	Polystyren 70F 20mm 500x1000 DEK Isover
35	Polystyren 70F 30mm 500x1000 DEK Isover
36	PE fólie tl. 0,1mm 50m x 2m
37	Propan (33 kg) - náplň TEPLO
38	Vnější roh DEKPLAN
39	Propan-butan Flaga Český Plyn
40	Polystyren 70F 10mm 500x1000 Dek Isover
41	Vnitřní roh DEKPLAN

Zdroj: data společnosti Stavebniny DEK a.s.

Příloha 2 - Prodej položek v roce 2017

Prodej 2017														
Položka	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	m.j.	cena
1	72,00	48,00	888,00	1464,00	3096,00	792,00	1680,00	2808,00	1752,00	5208,72	1584,00	624,00	m2	220
2	532,50	660,00	1800,00	1980,00	1935,00	2145,00	2355,00	3052,50	2887,50	3997,50	2662,50	3495,00	m2	158,4
3	48,00	188,00	94,00	210,00	256,00	264,00	386,00	202,00	296,00	412,00	284,00	204,00	m2	529
4	400,00	600,00	1300,00	2900,00	5300,00	4400,00	5300,00	3201,00	4200,00	7200,00	5200,00	2200,00	m2	34,4
5	330,00	712,50	330,00	577,50	960,00	1065,00	1110,00	825,00	615,00	772,50	645,00	15,00	m2	169,4
6	0,08	0,45	12,08	30,60	41,40	26,63	15,75	36,68	32,10	51,83	31,73	0,38	m3	4250
7	4,15	38,20	27,40	62,45	71,95	23,55	38,60	53,25	32,10	30,90	32,70	39,65	m3	2440
8	111,90	84,52	33,33	70,23	79,76	97,61	75,00	134,52	46,43	124,99	82,14	22,62	m3	1144
9	10,25	26,65	47,70	100,70	46,30	83,60	63,25	40,55	59,00	27,80	33,40	7,00	m3	1930
10	1,95	8,78	16,31	16,39	19,43	18,34	10,58	34,09	30,04	25,58	17,69	9,86	m3	4250
11	400,00	1201,00	2340,00	3660,00	4100,00	4900,00	1800,00	3800,00	5100,00	4200,00	4900,00	1200,00	m2	23
12	81,48	25,98	61,40	57,86	17,71	55,50	57,86	5,90	102,73	85,02	62,58	47,23	m3	1144
13	19,86	25,80	27,12	22,26	5,04	39,54	20,70	36,30	28,02	33,48	12,60	14,16	m3	2440
14	9,15	32,05	20,15	15,00	21,25	34,63	18,05	36,55	24,23	27,00	16,63	22,38	m3	2440
15	44,69	21,17	5,88	25,87	22,34	38,81	82,32	35,28	68,21	107,02	83,50	55,27	m3	1144
16	219,60	295,20	306,00	428,40	482,40	273,60	424,80	54,00	428,40	347,04	219,60	396,00	m2	172
17	7,20	10,56	21,32	10,16	14,00	14,40	37,04	27,28	20,40	39,76	43,20	1,68	m3	2440
18	116,64	56,16	207,36	241,92	375,84	306,72	401,76	211,68	777,60	354,24	207,36	660,96	m2	138
19	3,95	7,31	6,33	12,78	6,99	12,38	9,50	10,73	16,86	14,55	17,04	6,93	m3	4250
20	17,04	22,00	15,72	37,52	17,28	32,40	13,84	44,12	9,32	37,84	15,68	7,16	m3	1930
21	1,17	5,15	6,53	18,72	7,90	13,49	9,18	8,53	11,68	9,79	11,34	4,03	m3	4250
22	2,64	12,88	12,14	29,42	30,56	5,38	5,33	23,40	15,72	19,48	8,40	7,28	m3	2440
23	0,33	0,93	4,68	9,60	7,62	10,26	7,89	8,28	8,40	17,64	10,89	2,64	m3	4250
24	28,34	27,16	11,81	5,90	37,79	2,36	59,04	25,98	24,80	10,63	23,62	27,16	m3	1144
25	92,16	97,92	120,96	339,84	161,28	362,88	80,64	305,28	288,00	322,56	403,20	524,16	m2	103
26	49,68	18,36	8,64	46,44	28,08	18,36	6,48	33,48	21,60	23,76	15,12	4,32	m3	1144
27	1,50	6,10	11,25	3,98	17,75	21,73	14,65	10,86	29,63	24,98	11,30	8,65	m3	1930
28	324,00	201,60	201,60	388,80	72,00	352,80	482,40	151,20	417,60	244,80	568,80	216,00	m2	86
29	168,84	37,52	56,28	225,12	131,32	196,98	206,36	46,90	196,98	131,32	225,12	65,66	m2	126
30	0,21	0,24	7,14	1,23	19,05	4,50	13,65	18,93	5,82	17,64	13,05	2,22	m3	1930
31	800,00	1600,00	1400,00	1400,00	2100,00	1800,00	800,00	1700,00	1300,00	800,00	1000,00	700,00	m2	10,8
32	2,36	1,80	7,20	3,76	13,44	11,54	4,44	9,98	10,94	7,96	8,36	2,84	m3	1930
33	2,22	5,52	4,19	10,45	8,76	4,05	0,50	3,63	11,12	7,16	3,49	5,42	m3	2440
34	2,70	2,76	3,72	5,74	10,63	7,27	6,40	12,71	8,08	8,34	7,02	6,52	m3	1930
35	3,57	0,63	3,30	9,41	8,19	7,74	5,76	10,95	6,60	8,37	8,54	3,29	m3	1930
36	400,00	300,00	2800,00	1800,00	3800,00	2500,00	1700,00	900,00	1700,00	3300,00	3500,00	1100,00	m2	5,9
37	6,00	2,00	7,00	7,00	15,00	4,00	11,00	15,00	3,00	7,00	2,00	10,00	ks	1314
38	88,00	21,00	66,00	23,00	161,00	24,00	28,00	55,00	215,00	63,00	128,00	181,00	ks	88
39	310,00	270,00	200,00	120,00	140,00	120,00	110,00	100,00	110,00	180,00	70,00	30,00	kg	39,9
40	0,88	1,19	3,02	2,86	5,06	2,87	3,47	3,24	2,22	2,95	2,05	1,15	m3	1930
41	58,00	15,00	26,00	87,00	111,00	9,00	15,00	54,00	14,00	76,00	155,00	76,00	ks	79

Zdroj: data společnosti Stavebniny DEK a.s.

Příloha 3 - Průměrné měsíční skladové zásoby položek a počet dodávek (2017)

Průměrné měsíční skladové zásoby položek (2017)													Počet dodávek (2017)
č.p.	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	
1	932,90	1611,31	1642,84	908,80	1680,77	2852,80	2392,26	2219,61	1464,00	1171,35	784,80	738,58	10
2	229,05	321,18	364,00	358,32	290,48	83,79	95,62	114,68	89,11	104,39	53,47	8,77	12
3	48,53	59,33	65,29	52,07	118,54	98,60	98,35	102,96	55,69	46,93	39,71	46,43	10
4	63,77	70,11	89,11	120,97	112,48	89,49	61,57	105,61	79,93	35,05	85,61	18,47	11
5	69,81	50,04	77,38	84,12	97,00	61,94	66,20	83,87	110,98	53,64	39,56	3,23	10
6	28,22	24,73	44,87	19,91	36,48	35,21	33,62	32,78	29,38	14,35	24,26	28,57	9
7	38,05	41,25	51,61	49,59	56,72	57,50	43,23	47,31	53,45	33,52	39,87	11,81	11
8	695,81	807,41	1299,44	1071,25	828,15	1017,25	936,77	937,26	877,75	1026,53	991,75	1576,94	8
9	2132,26	3141,38	2903,87	2787,33	2690,32	2456,67	3687,10	3700,00	3283,33	2393,55	2130,00	1938,71	8
10	2425,81	3241,38	3319,35	3106,67	2196,77	2720,00	3145,16	3264,52	4026,67	3048,39	2383,33	1145,16	12
11	1067,66	1654,40	2281,69	1777,25	1599,68	1950,00	1825,89	1621,69	1500,50	1629,44	1447,00	2953,06	12
12	109,74	121,16	264,43	148,56	121,47	152,40	106,14	114,50	85,92	112,30	105,36	90,58	9
13	142,14	110,48	468,93	455,28	331,90	323,28	187,90	131,69	184,32	94,53	125,28	132,15	12
14	196,58	145,19	354,70	387,46	406,17	376,13	273,69	106,47	76,80	69,12	51,26	107,40	9
15	142,84	129,60	283,73	427,10	251,95	214,42	155,38	155,66	286,13	107,30	98,35	37,77	10
16	974,19	1672,41	1261,29	730,00	1419,35	1743,33	867,74	106,45	910,00	883,87	1170,00	951,61	10
17	800,00	641,38	554,84	573,33	1045,16	1636,67	1103,23	874,19	1366,67	306,45	590,00	632,26	8
18	26,45	27,35	39,54	26,40	39,08	17,76	30,69	26,18	32,44	5,33	22,26	22,38	12
19	2,53	3,34	4,13	2,89	2,91	3,47	3,14	3,23	2,95	2,44	2,46	2,01	9
20	4,15	7,08	9,67	8,73	7,39	7,96	7,40	4,99	6,25	4,49	3,45	3,52	11
21	10,18	12,61	15,75	12,39	13,99	12,43	12,86	11,06	15,46	12,67	7,23	8,21	10
22	12,22	16,50	19,61	21,66	16,57	16,92	18,47	18,62	19,61	17,40	13,02	15,27	11
23	17,85	22,18	32,05	24,63	25,01	20,70	19,80	22,46	7,23	11,02	7,40	10,59	8
24	25,72	29,20	34,29	33,76	29,48	31,10	26,57	25,53	35,83	27,82	15,21	19,96	11
25	28,67	22,07	40,77	27,85	38,51	33,71	34,59	20,33	28,03	18,42	16,46	21,91	11
26	18,05	28,23	26,20	12,51	19,40	21,94	15,57	9,43	15,86	8,03	13,37	3,44	12
27	5,45	5,98	9,09	6,57	7,79	9,38	9,55	9,45	5,34	1,74	5,93	4,43	10
28	16,46	16,92	19,01	14,05	13,28	18,77	19,84	13,20	8,67	7,37	7,72	9,53	11
29	17,00	14,07	18,26	20,20	21,28	22,39	20,05	11,16	12,86	11,77	10,71	10,22	12
30	18,48	15,83	24,80	21,76	30,97	25,06	18,49	12,49	11,48	9,73	10,34	16,26	9
31	23,96	28,71	30,48	42,64	42,06	36,91	27,51	34,57	26,18	15,12	33,30	18,08	8
32	18,16	25,52	26,87	22,17	22,26	23,30	13,26	7,97	9,50	12,32	11,13	8,42	8
33	41,29	73,45	30,97	74,67	117,42	158,00	85,48	130,32	144,00	166,77	79,33	5,48	12
34	142,77	187,52	219,74	242,07	236,77	323,60	88,97	206,58	238,20	194,90	153,80	72,52	11
35	32,87	46,66	78,97	82,00	91,39	140,20	143,39	100,81	100,73	122,39	157,17	67,61	11
36	79,10	105,45	94,39	68,27	92,68	141,80	128,90	97,87	94,60	127,39	135,47	92,10	9
37	7,32	15,66	17,39	19,76	20,71	17,53	11,38	12,82	20,70	17,78	14,78	7,04	8
38	10,38	13,14	15,20	16,13	10,88	8,95	8,61	12,08	11,59	9,11	6,02	6,44	9
39	16,87	21,37	24,05	27,07	17,48	16,87	12,73	13,85	14,60	8,31	4,06	8,37	8
40	17,00	32,82	31,92	30,56	25,05	16,73	40,88	24,37	24,89	12,69	9,89	12,41	12
41	18,19	29,31	24,53	29,24	16,30	18,40	22,07	14,23	14,60	11,38	5,68	2,27	12

Zdroj: data společnosti Stavebniny DEK a.s.

Příloha 4 - Náklady a pořizovací lhůta položek

č.p.	Skladovací náklady [Kč]	Pořizovací náklady [Kč]	Pořizovací lhůta [dny]
1	22,00	460,00	10
2	15,84	409,00	10
3	52,90	583,00	8
4	3,44	522,00	10
5	16,94	416,00	9
6	425,00	525,00	9
7	244,00	462,00	7
8	114,40	508,00	5
9	193,00	518,00	9
10	425,00	365,00	10
11	2,30	577,00	6
12	114,40	514,00	9
13	244,00	414,00	5
14	244,00	441,00	6
15	114,40	576,00	6
16	17,20	504,00	6
17	244,00	430,00	7
18	13,80	510,00	7
19	425,00	430,00	10
20	193,00	449,00	9
21	425,00	491,00	9
22	244,00	419,00	10
23	425,00	454,00	6
24	114,40	480,00	6
25	10,30	375,00	8
26	114,40	472,00	6
27	193,00	582,00	10
28	8,60	557,00	6
29	12,60	579,00	6
30	193,00	515,00	7
31	1,08	351,00	5
32	193,00	472,00	6
33	244,00	531,00	9
34	193,00	516,00	9
35	193,00	376,00	5
36	0,59	579,00	8
37	131,40	427,00	9
38	8,80	502,00	7
39	3,99	414,00	5
40	193,00	457,00	9
41	7,90	461,00	10

Zdroj: data společnosti DEK a.s.

Příloha 5 - Výpočty modelu pro všechny položky

č.p.	Celková roční poptávka (μ_D)	Směrodatná odchylka (σ_D)	p-value (0,05)	Skladovací náklady (c_1) [Kč]	Požizovací náklady (c_2) [Kč]	Požizovací lhůta (t_d)	Úroveň obsluhy (γ)	Hodnota distribuční funkce normálního rozdělení ($z(\gamma)$)	Optimální velikost objednávky (q^*)	Pojistná zásoba (w)	Objednávací úroveň (r^*)	Celkové náklady ($N^*(q^*)$) [Kč]
1	20 016,72	1 401,45	0,11	22,00	460,00	10	0,95	1,6449	914,91	92,21	892,88	22 156,61
2	27 502,50	986,49	0,83	15,84	409,00	10	0,95	1,6449	1 191,75	64,91	1 165,01	19 905,42
3	2 844,00	100,51	0,83	52,90	583,00	8	0,95	1,6449	250,37	5,29	96,30	13 524,55
4	42 201,00	2 028,05	0,73	3,44	522,00	10	0,95	1,6449	3 578,76	133,43	1 821,47	12 769,94
5	7 957,50	308,48	0,80	16,94	416,00	9	0,95	1,6449	625,16	18,27	304,74	10 899,70
6	279,68	16,59	0,32	425,00	525,00	9	0,95	1,6449	26,29	0,98	11,05	11 589,14
7	454,90	17,24	0,67	244,00	462,00	7	0,95	1,6449	41,50	0,79	13,53	10 320,92
8	963,03	33,00	0,88	114,40	508,00	5	0,95	1,6449	92,48	1,09	20,35	10 704,06
9	546,20	26,72	0,80	193,00	518,00	9	0,95	1,6449	54,15	1,58	21,25	10 755,77
10	209,01	8,80	0,89	425,00	365,00	10	0,95	1,6449	18,95	0,58	8,94	8 298,71
11	37 601,00	1 587,82	0,16	2,30	577,00	6	0,95	1,6449	4 343,49	62,68	965,11	10 134,19
12	661,25	26,92	0,79	114,40	514,00	9	0,95	1,6449	77,08	1,59	25,40	9 000,82
13	284,88	9,70	0,99	244,00	414,00	5	0,9	1,2816	31,09	0,25	5,95	7 647,14
14	277,05	7,91	0,91	244,00	441,00	6	0,9	1,2816	31,65	0,24	6,89	7 780,97
15	590,35	29,25	0,68	114,40	576,00	6	0,9	1,2816	77,10	0,90	15,07	8 923,44
16	3 875,04	115,88	0,40	17,20	504,00	6	0,9	1,2816	476,55	3,56	96,57	8 257,88
17	247,00	12,98	0,38	244,00	430,00	7	0,9	1,2816	29,51	0,47	7,38	7 313,01
18	3 918,24	202,17	0,15	13,80	510,00	7	0,9	1,2816	538,15	7,25	116,97	7 526,63
19	125,33	4,13	0,50	425,00	430,00	10	0,9	1,2816	15,92	0,21	5,22	6 858,08
20	269,92	11,76	0,13	193,00	449,00	9	0,9	1,2816	35,44	0,54	10,26	6 944,39
21	107,50	4,44	0,99	425,00	491,00	9	0,9	1,2816	15,76	0,20	4,07	6 785,08
22	172,63	9,09	0,27	244,00	419,00	10	0,9	1,2816	24,35	0,47	7,37	6 054,90
23	89,16	4,60	0,48	425,00	454,00	6	0,9	1,2816	13,80	0,14	2,28	5 925,88
24	284,57	14,67	0,24	114,40	480,00	6	0,9	1,2816	48,87	0,45	7,28	5 642,06
25	3 098,88	138,34	0,25	10,30	375,00	8	0,9	1,2816	475,02	5,67	104,84	4 951,17
26	274,32	13,94	0,39	114,40	472,00	6	0,9	1,2816	47,58	0,43	7,01	5 491,92
27	162,36	8,21	0,77	193,00	582,00	10	0,9	1,2816	31,29	0,42	6,92	6 120,67
28	3 621,60	139,69	0,95	8,60	557,00	6	0,9	1,2816	684,93	4,30	91,21	5 927,31
29	1 688,40	69,56	0,07	12,60	579,00	6	0,9	1,2816	393,92	2,14	42,66	4 990,34
30	103,68	7,10	0,08	193,00	515,00	7	0,85	1,0364	23,52	0,21	3,11	4 579,65
31	15 400,00	443,16	0,34	1,08	351,00	5	0,85	1,0364	3 163,86	9,19	317,19	3 426,89
32	84,62	3,79	0,45	193,00	472,00	6	0,85	1,0364	20,34	0,09	2,13	3 944,65
33	66,51	3,12	0,63	244,00	531,00	9	0,85	1,0364	17,01	0,12	2,51	4 179,83
34	81,89	2,86	0,66	193,00	516,00	9	0,85	1,0364	20,93	0,11	3,05	4 059,19
35	76,34	2,95	0,59	193,00	376,00	5	0,85	1,0364	17,25	0,06	1,59	3 340,30
36	23 800,00	1 145,89	0,55	0,59	579,00	8	0,85	1,0364	6 834,66	38,00	799,60	4 054,87
37	89,00	4,35	0,21	131,40	427,00	9	0,85	1,0364	24,05	0,16	3,37	3 181,57
38	1 053,00	64,75	0,08	8,80	502,00	7	0,85	1,0364	346,61	1,88	31,36	3 066,69
39	1 760,00	77,28	0,31	3,99	414,00	5	0,85	1,0364	604,35	1,60	36,80	2 417,73
40	30,93	1,12	0,43	193,00	457,00	9	0,85	1,0364	12,10	0,04	1,16	2 343,74
41	696,00	43,57	0,18	7,90	461,00	10	0,85	1,0364	285,01	1,81	29,65	2 265,83

Zdroj: vlastní zpracování