Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra jakosti a spolehlivosti

Modely řízení zásob

Bakalářská práce

Autorka bakalářské práce: Adéla Sochůrková

Vedoucí bakalářské práce: prof.Ing.Josef Pošta, CSc.

Konzultantka bakalářské práce: Ing.Lucie Kašparová

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra jakosti a spol. strojů

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Sochůrková Adéla

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Modely řízení zásob

Anglický název

Logistic models

Cíle práce

Vypracovat přehled metod řízení zásob, popsat jejich principy a posoudit vhodnosti použití ve vybraných typech podniků

Metodika

Vyhledat literární prameny všech typů, prostudovat je a zpracovat literární rešerši. Porovnat a zhodnotit modely řízení zásob z hlediska vhodnosti pro různé typy podniků. Podle možnosti porovnat vybrané modely na příkladu vybraného podniku.

Osnova práce

1. Úvod
2. Podstata a význam modelů řízení zásob
3. Přehled modelů řízení zásob
4. Porovnání modelů
5. Závěr
6. Použitá literatura

Rozsah textové části

30 až 40 stran

Klíčová slova

řízení zásob, pojistná zásoba, objednací úroveň

Doporučené zdroje informací

1. JABLONSKÝ, J.: Operační výzkum. Praha, Profesional Publishing, 2002, ISBN 80-86419-42-8

2. EMMETT, S.: Řízení zásob: jak minimalizovat náklady a maximalizovat hodnotu. Brno, Computer Press, 2008, ISBN 978-80-251-1828-3

3. SIXTA, J., ŽIŽKA, M.: Logistika: metody používané pro řešení logistických projektů. Brno, Computer Press, 2009, ISBN 978-80-251-2563-2

4. LAMBERT, D. M.: Logistika: případová studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží. Praha, Computer Press, 2000, ISBN 80-7226-221-1

Vedoucí práce

Pošta Josef, prof. Ing., CSc.

Konzultant práce

Ing. Lucie Kašparová

Termín zadání

listopad 2010

Termín odevzdání

duben 2012

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
3.
TECHNICKÁ FAKULTA

prof. Ing. Josef Pošta, CSc.
Vedoucí katedry

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.
Děkan fakulty

V Praze dne 14.2.2011

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Modely řízení zásob vypracovala samostatně pod vedením Ing Lucie Kašparové a prof.Ing. Josefa Pošty, CSc, v seznamu použité literatury jsem uvedla všechny použité literární a odborné zdroje. Jako autorka uvedené bakalářské práce také prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob. Dále prohlašuji, že odevzdaná elektronická podoba této bakalářské práce se shoduje s její vytištěnou podobou.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědoma, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědoma že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne 6. dubna 2012 ______________________________

Adéla Sochůrková

Poděkování

Za cenné rady, velmi podnětné a přesné připomínky děkuji konzultantce bakalářské práce Ing. Lucii Kašparové a vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Josefu Poštovi,CSc.

Modely řízení zásob

Souhrn

Cílem této bakalářské práce je vypracování přehledu metod řízení zásob, popsat jejich principy a posoudit vhodnost jejich použití. V úvodní části práce „Podstata a význam řízení zásob“ je popsána stručná charakteristika řízení zásob, hlavní cíle a úkoly modelů řízení zásob, základní dělení druhů zásob a nákladů spojených se zásobováním. Následující kapitola „Přehled modelů řízení zásob“ obsahuje rozdělení modelů z různých pohledů a nadále se zabývá popisem jednotlivých typů modelů s regulovaným řízením zásob a základními výpočty s nimi spjatými. Kapitola „Porovnávání modelů“ popisuje vhodná využití těchto modelů v praxi a uvádí příkladové výpočty celkových nákladů a optimálního objednacího množství smyšleného výrobku na vybraných modelech.

Klíčová slova: řízení zásob, pojistná zásoba, objednací úroveň.

Logistic models

Summary

The aim of this thesis is the compilation of an inventory management methods, describe their principles and assess the appropriateness of their use. In the introductory part of the work, "The nature and importance of inventory management" are briefly described the inventory management, the main objectives of inventory control models, the basic division of inventory species and costs of supply. The following chapter "Overview of inventory control models" includes a breakdown of models from different perspectives and also explains the types of models with controlled inventory management and basic calculations with them knit. The chapter "Comparing models" describes the appropriate use of these models in practice and presents example calculations of the total costs and optimal quantity order within the fictional product on selected models.

Keywords: inventory management, safety stock, order levels.

Obsah

1 Úvod

Bakalářská práce popisuje problematiku řízení zásob, základní modely řízení zásob, základní formy vzorců s těmito modely spjaté a následná ukázka výpočtů na vybraných modelech.

Zásoby významně ovlivňují finanční situaci a konkurenční schopnost každého podniku. Principy logistiky a na nich založené zásady a metody řízení zásob, napomáhají k co nejvýhodnějším průběhům řízení zásob, minimalizovat celkové náklady na pořízení, skladování a čerpání zásob, včetně minimalizace případných ztrát vznikajících s neexistencí potřebné zásoby. Je potřeba najít ekonomicky výhodný poměr mezi těmito aspekty.

Úkolem modelů řízení zásob je dát odpověď na otázky kdy zásoby objednávat a kolik se jich má objednat či vyrábět. Specifika zásob a to jejich potřeba, trvanlivost atd. napomohla k vytvoření základních modelů řízení zásob, na které je tato práce zaměřena.

Cílem této práce je vypracovat přehled metod řízení zásob, popsat jejich principy a posoudit vhodnost použití ve vybraných typech podniku.

2 Podstata a význam řízení zásob

Efektivní řízení zásob je pro prosperitu podniku důležité, jelikož zásoby v sobě obecně váží značné kapitálové prostředky. Plynulé a bezproblémové zásobování, výběr nejvhodnějších dodavatelů a reakce na požadavky zákazníků napomáhá účelnému řízení podniku, kde jsou veškeré činnosti vzájemně spjaté.

Teorie zásob

”Teorie zásob je souhrn matematických metod používaných k modelování a optimalizaci procesu hromadění různých položek zásob k zabezpečení plynulého chodu podniku.“ *[11]*

„Řízení stavu zásob a skladového hospodářství bylo jednou z prvních činností, kterými se logistika začala zabývat. Z hlediska teorie byla dokonce vypracována metodologie, obecně známá jako teorie zásob. Ta se klasifikuje jako jedna ze speciálních metod operačního výzkumu. Je shrnutím řešení problémů ekonomicko-matematických modelů, které popisují a řeší problematiku hromadění zásob, surovin a výrobků kvůli zachování plynulosti produkce či distribuce a odbytu. Jedná se o použití matematických metod a postupů z různých oblastí matematického modelování. Nejde tedy o jednotnou ucelenou teorii.

Regulaci zásob provádíme tak, že se snažíme optimalizovat:

- frekvence provádění objednávek
- velikosti objednávek“ *[1]*

2.1 Zásobování a zásobovací logistika

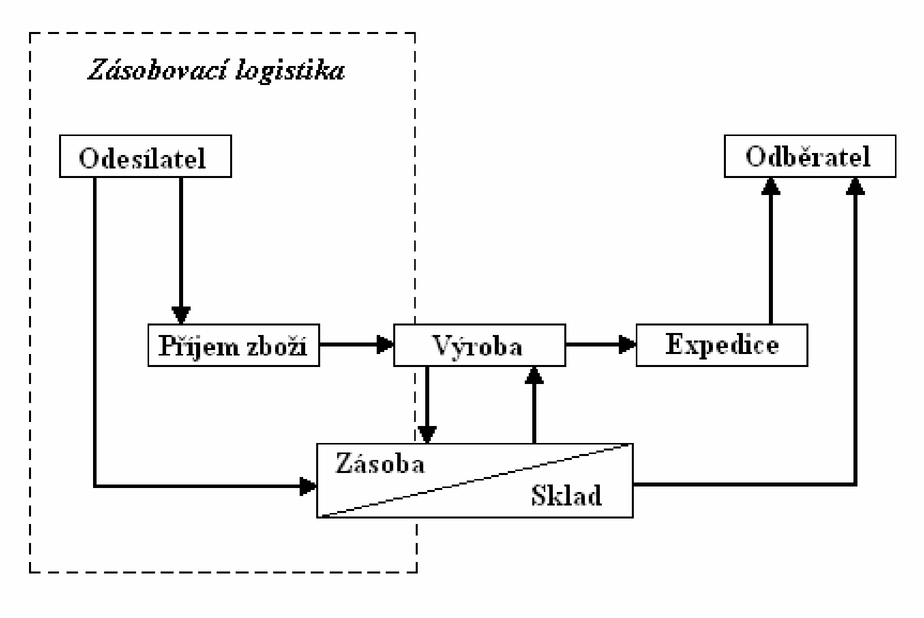
Jde o optimalizaci získávání materiálů či součástek pro výrobní proces. Lidé, působící v této oblasti, se starají nejenom o opatřování hmotných statků jako takových, ale i hledání optimálních dodavatelů, jednání s dodavateli a uzavírání dodavatelských smluv s nimi. Proto je k úspěšnému fungování zásobovací logistiky, a tedy i úspěšnému fungování podniku, zapotřebí dobrých znalostí situace na trhu a postavení dodavatelů i odběratelů na něm. *[1]*

Zásoby významně ovlivňují hospodářský výsledek každého podniku i jeho postavení na trhu. Kvalitnější řízení zásob přináší podniku konkurenční výhodu a tím může značně zlepšit jeho finanční situaci zejména cash-flow. Zásoby reálně existují v každém podniku a ovlivňují podnikové procesy tj. nákupní, výrobní a prodejní. Zásoby představují náklad, a tudíž ovlivňují konečný efekt podnikání.

Zásobovací logistika v podniku je orientovaná na dva směry:

1. orientace na trh (výzkum nákupního trhu, výběr dodavatele);
2. a orientace na správu a fyzické úkoly materiálů a zboží *[9]*

Do podnikové logisticky spadá řada aktivit od volby dodavatele k distribuci. Na *obrázku č. 1* jsou popsané hlavní části zásobovací logistiky, do které spadají činnosti spojené s objednáním zásob, a následným příjmem na sklad popřípadě s výrobou, po skladování (výrobě) se tyto zásoby dopravují až k odběrateli.



Obrázek č. 1: Zásobovací logistika [2]

„Do zásobovací logistiky zařazujeme přejímku a kontrolu zboží, skladování a správu skladů, vnitropodnikovou dopravu, ale také plánování, řízení a kontrolu hmotných a informačních toků.“*[1]*

2.2 Cíle řízení zásob

Strategické cíle řízení zásobování jsou odvozeny z podnikových cílů (prosperita, snižování nákladů atd.). Zásobovací strategie spočívá ve stanovení dílčích cílů např. zajištění plynulých zásobovacích toků, což předpokládá např. zlepšení informačních toků apod. Při vytváření zásobovací strategie je nutné mít na zřeteli tyto hlavní cíle:

- snižování nákladů
- zlepšování výkonů
- zlepšování služeb zákazníkům

Zde jsou uvedeny základní úkoly, které by mělo účelné řízení splňovat: *[3][4][5]*

- zajištění dostatečného množství zásob v odpovídající kvalitě;
- zabezpečení plynulosti výroby, to znamená vyrovnávat časový nebo množstevní nesoulad mezi procesem výroby u dodavatele a spotřeby u odběratele;
- minimalizovat celkové náklady spojené se zásobami;
- stanovování frekvence a velikosti dodávek;
- tlumit či zcela zachycovat nepředvídané výkyvy v poptávce nebo poruch v distribučním systému;
- na nejnižší míru omezit zásoby tak, aby kapitálová vázanost v zásobách byla co nejmenší a kapitál mohl být vkládán do obchodních aktivit;
- individuální inovace výrobních programů a investování do perspektivních projektů;
- zajistit možnost nákupu zásob z více různých zdrojů, tedy zachování autonomie podniku.

Dobře fungující zásobováním by mělo být založeno zejména na těchto aspektech:

- co možná nejlepší orientaci na trhu, což znamená neustále sledovat vývoj na trhu a předpokládané trendy do budoucna;
- výhodné uzavírání smluv s dodavateli nejenom s ohledem na finanční podmínky nákupu, ale i s ohledem na termínové zajištění i kvalitu dodávek;
- možnosti profitovat z nákupu většího množství surovin nebo zboží;
- účelnou organizaci a výkon správných fyzických činností spojených s materiálovými toky (např. dobře propracovaný systém pro správné načasování a velikosti objednávek).

Snižování nákladů a zajištění dostatku zásob jsou značně protichůdné cíle. Pro zajištění dostatku surovin pro výrobu, je nezbytné mít dostatečnou zásobu (např. kvůli výkyvům na straně poptávky), která je ale zároveň nákladná a proto snižuje zisk podniku. Mezi těmito dvěma cíly je tedy nutné najít kompromis, který bude nejlépe vyhovovat strategickým cílům celého podniku.

Úspěšnost v plnění těchto úkolů spočívá ve správném vymezení a naplnění zásobovací politiky a stanovení zásobovací strategie. *[6]*

„Zásoby obecně vážou finanční prostředky podniku a jsou tedy z ekonomického hlediska nežádoucí. Zároveň však není možné se bez nich ve většině podniků obejít. Důvody vytváření zásob jsou následující:

- zabezpečení kolísání spotřeby, požadavků;
- zabezpečení před výpadkem dodávky (např. porucha v dopravě);
- ochrana před očekávaným zdražením, inflací (časté u obilí, ropy);
- prospěch z větších množství (rabat při odběru velkého množství);
- prvotní základna pro obchod (plný sortiment v prodejnách);
- úspory na objednacích nákladech (menší počet větších objednávek);
- sezónní vlivy (tzv. sezónní zásoby);
- zvýšení racionality distribučního systému;
- stabilizace zaměstnanosti;
- potřeba přípravy surovin, materiálu pro výrobu (např. homogenizace rud pro vysokopecní, případně aglomerační procesy);
- ochrana před výpadky výroby vlivem poruch, stávek apod.;
- k dosažení synchronizace navazujících procesů probíhajících s rozdílným rytmem (tzv. vyrovnávací zásoby)."*[20]*

Časté chyby, kterým je důležité, se při řízení zásob vyvarovat jsou:

  - v zásobách jsou zbytečně vázané prostředky;
  - vznik příliš velkých nákladů z nedostatku zásoby;
  - příliš časté objednávky. *[7]*

2.3 Druhy zásob

Zásoby se dělí podle funkcí, které v logistickém respektive zásobovacím systému zastávají. Jejich členění má pak značný vliv na jejich řízení. Zásoby se mohou vyskytovat ve formě:

- surovin;
- matriálů;
- součástek;
- polotovarů;
- výrobků. *[5]*

Je zřejmé, že zásoby existují na různých místech materiálového toku a nemůžeme tedy sledovat pouze zásoby uložené ve skladu, ale i veškerou nedokončenou výrobu atd. Podle tohoto hlediska lze členit zásoby do pěti základních skupin.

1. Zásoby rozpojovací

Rozpojovací zásoby vznikají jako důvod rozpojení hmotného toku mezi jednotlivými články logistického řetězce. Existují čtyři druhy rozpojovacích zásob:

- Běžná (obratová) zásoba

Je ta část zásob, která pokrývá potřebu v období mezi dvěma dodávkami. Její stav v průběhu dodávkového cyklu kolísá, a proto se při výpočtech pracuje s průměrnou obratovou zásobou, jejíž velikost je v ideálním případě rovna polovině velikosti dodávky.

- Pojistná zásoba

Má za úkol tlumit náhodné výkyvy na straně vstupu do podniku (tedy ve velikosti a intervalu dodávek). Obvykle se dá stanovit na základě statisticky zjištěného rizika výkyvu hmotného toku vnějšími vlivy. V následujícím textu bude pojistná zásoba více rozvedena, jelikož je důležitým komponentem ve většině modelů řízení zásob.

- Vyrovnávací zásoba

Slouží zejména k zachycení nerovnoměrností ze strany odběratelů nebo ve výrobě, tedy na straně výstupu. Patří sem i vyrovnávací zásobníky, které slouží k řešení nesouladu průměrné výkonnosti navazujících pracovišť v krátkodobém cyklu.

Pojistné či vyrovnávací zásoby se v podniku udržují nad rámec běžných (cyklických) zásob z důvodu nejistoty v poptávce nebo v celkové době plnění zásob.

- Zásoba pro předzásobení

Zásoba pro předzásobení má tlumit předvídané větší výkyvy na vstupu nebo na výstupu obvykle v souvislosti se sezónními vlivy v poptávce, v dopravních omezeních atd.

2. Zásoby na logistickém řetězci

Tyto zásoby tvoří materiály, komponenty nebo výrobky, které mají konkrétní určení, avšak dosud nedorazili na určené místo. Označují se též jako zásoby nepravé, nebo zásoby na cestě. Jejich charakteristickým rysem je, že během přemístění jsou jakkoliv nepoužitelné do doby, kdy dosáhnou místa určení, avšak váží kapitálové prostředky. Tyto zásoby se dělí do dvou skupin.

- Zásoba dopravní

Ta představuje „zboží na cestě“, tedy v procesu přemístění (v dopravních prostředcích, v překladištích atd.).

- Zásoba rozpracované výroby

Zahrnuje materiály a polotovary, které byly zadány do výroby, ale výroba nebyla dosud dokončena. Zásoba nedokončené výroby zahrnuje obvykle i řadu vyrovnávacích zásob mezi pracovišti nebo v mezioperačních skladech.

3. Technologická zásoba

Tvoří ji materiály, komponenty a výrobky, které vyžadují před dalším zpracováním nebo expedicí z technologických důvodů určitou dobu skladovat, aby získali požadované vlastnosti. Jde například o zrání sýrů, piva, vína nebo některých chemikálií, vysušení dřeva před jeho použitím atd.

4. Strategická zásoba

Vytváří se z důvodu zabezpečení podniku při kalamitách v zásobování, například v důsledku přírodních katastrof, bojkotu nebo embarga na některé suroviny, materiály a výrobky.

5. Spekulativní zásoby

Vznikají za účelem zvýšení zisku při nákupu za nízké ceny a prodejem v době, kdy ceny vzrostou. S výhodou se tyto zásoby využívají i pro vlastní výrobu, kdy do ceny výrobku zakalkulujeme aktuální (tedy vyšší cenu) dříve zakoupeného materiálu nebo polotovaru, tedy zásoby předvýroby.*[4][21][22]*

Průměrná zásoba

Průměrná zásoba se skládá z materiálů, komponentů, nedokončené výroby a hotových výrobků obvykle skladovaných v logistických zařízeních. Průměrná zásoba zahrnuje běžné zásoby, pojistnou zásobu a zásoby na cestě.

2.3.1 Pojistná zásoba

Pojistná zásoba je důležitým faktorem pro výpočet optimální velikosti skladovaných zásob, proto je zde více rozvedena.

Pojistná zásoba se v podniku udržuje z důvodu nejistoty v poptávce. Tato nejistota se projevuje v nepředvídatelném kolísání odbytu, používá se tedy především v modelech se stochastickou poptávkou, ani nejlepší model pojistné zásoby nemůže tento efekt zcela vyloučit. Hrají zde totiž úlohu také jiné vlivy, jako je spolehlivost dodavatele či přírodní podmínky, které mohou sehrát negativní úlohu v dodávkových cyklech.

Pojistnou zásobu lze stanovit buď pomocí počítačové simulace, nebo pomocí statistických metod. Níže jsou ukázány vzorce a potřebné proměnné (v *tabulce č. 1*) k těmto statistickým výpočtům. Při výpočtu výše pojistné zásoby, je důležití mít k výpočtům shromážděn aktuální statisticky platný vzorek dat.

f	četnost případů stejného denního prodeje
o	odchylka případů od střední hodnoty
n	celkový počet pozorování
$\bar{R}$	průměrný cyklus doplnění zásoby
$\bar{S}$	průměrný denní prodej
qR	směrodatná odchylka cyklu doplnění zásoby
qS	směrodatná odchylka denního prodeje

Tabulka č. 1: Proměnné pro výpočet pojistné zásoby

- **Směrodatná odchylka denního prodeje (*qS*):**

  (směrodatná odchylka nám udává průměrné rozpětí denního prodeje, vypočítané jako odmocnina podílu výsledků pozorování odbytu, počtem pozorování bez jedné)

$$\mathbf{qS} = \sqrt{\frac{\sum \mathbf{fo^2}}{\mathbf{n-1}}} \qquad (0.1)\ [21]$$

Po zjištění směrodatné odchylky, objemu prodejů a cyklech doplňování zásob můžeme přistoupit k výpočtu pojistné zásoby.

- **Jednotky pojistné zásoby potřebné pro uspokojení 68% všech pravděpodobností (jedna směrodatná odchylka *qc*) :**

$$\mathbf{qc} = \sqrt{\overline{\mathbf{R}}(\mathbf{qS^2}) + \overline{\mathbf{S^2}}\,(\mathbf{qR^2})} \qquad (0.2)\ [21]$$

Zde jsou uvedeny pouze výpočty směrodatných odchylek, které jsou základem pro další výpočty, jelikož existuje mnoho dalších individuálních postupů.

2.4 Náklady při řízení zásob

Všeobecným optimalizačním kritériem v modelech zásob by měla být hlavně minimalizace nákladů, které souvisejí s probíhajícími zásobovacími a skladovacími procesy. Nadměrné zásoby snižují čistý zisk o hotovostní náklady spojené s udržováním zásob a celkové jmění je vyšší o hodnotu zásob, a to má dopad na obrátku jmění. Náklady, které přímo souvisí s objemem zásob, případně s jejich nedostatkem, lze rozdělit do tří skupin:

1. náklady na pořízení
2. náklady na udržování zásob (skladovací náklady)
3. náklady vyvolané nedostatkem zásob

Pořizovací náklady

Pořizovací náklady zásoby jsou náklady, které souvisí s každou objednávkou a tím tedy i s každým doplněním skladu. Jedná se o náklady, které nesouvisí s tím, jaká je velikost objednávky, a proto se někdy označují jako fixní náklady. Tyto náklady zahrnují přípravu objednávky, její vystavení a odeslání, fixní náklady dodavatele apod.

Jsou to náklady na objednávku, dodávku a přejímku, tedy:

- náklady na přípravu a umístění objednávky, predikce, průzkum a volba dodavatele, příprava a dojednání dodávky, komunikace s dodavatelem před vyřízením objednávky;
- doprava – je to ta část nákladů, která je konstantní na jednu dodávku bez ohledu na její velikost;
- přejímku, kvalitativní a kvantitativní kontrolu, informační zpracování příjmu, naskladnění a zavedení do evidence.

Tyto náklady je někdy dost obtížné stanovit. Uplatňují se kombinované metody statisticko-odhadové, statisticko-zkušební, statisticko-normativní.*[3]*

Skladovací náklady

Skladovací náklady mají určující faktor z hlediska celkových nákladů. Jsou to náklady, vztahující se ke každé jednotce zásoby udržované na skladu po určité jednotkové časové období. Tyto náklady mohou zahrnovat podíl na pronájmu skladovacích prostor, pojištění, manipulaci, spotřebu energie apod. Stejně tak ale mohou zahrnovat ohodnocení vázanosti peněžních prostředků v zásobách. Vzhledem k tomu, že tyto náklady závisí na objemu skladovaných zásob, označují se jako náklady variabilní. Skladovací náklady mohou být zadány dvěma způsoby:

1. pevnou částkou vztahující se k jedné jednotce za časové období
2. procentem z nákupní ceny zásob (například 20% z ceny pořízení).

Hlavní oblasti vzniku skladovacích nákladů jsou tyto:

- provoz skladu, evidence zásob (budov, skladového a manipulačního zařízení, spotřeby energie na osvětlení, klimatizaci pomocné prostředky ve skladu …);
- náklady rizika tzn. vyřazení nevyužitelných zásob (poškozených, zkažených, vyřazených v důsledku změn výrobního programu, slev při prodeji nepotřebných zásob …), se stanoví jako procento z hodnoty průměrné zásoby.*[3]*
- náklady spojené s vázáním kapitálu v zásobách
- náklady spojené s úbytkem zásob
- náklady na naskladnění, přeskladnění a vyskladnění
- náklady spojené se správou skladu a stavem zásob
- náklady na plánování rozvržení stavu zásob na skladě *[19]*

Náklady z nedostatku zásoby

Náklady z nedostatku zásoby jsou náklady, které vznikají v důsledku neuspokojení poptávky. Může to být penále za pozdě dodané zboží odběrateli, ušlý zisk za nerealizovaný obchod, ztráta související s přerušením výroby při nedostatku polotovarů apod. Vznikají přímo v nákupu, ve výrobě a v provozech či při prodeji.*[3]*

3 Přehled modelů řízení zásob

Modely řízení zásob můžeme rozdělit podle různých úhlů pohledu. Hlavní rozdělení je na modely s regulovatelným doplňováním zásoba modely s náhodným doplňováním. Práce je zaměřena hlavně na modely s regulovaným (plánovaným) doplňováním zásob. Řízení má dvě hlavní složky.

1. Operativní řízení, má zabezpečit udržování zásob v množství a struktuře, nutné pro potřeby podniku, s minimálním vynaložením nákladů.
2. Strategické řízení je soubor rozhodnutí o výši finančních zdrojů, které podnik může z celkových disponibilních zdrojů vyčlenit na krytí zásob v dané struktuře a výši. *[2]*

Cílové řízení je kombinací operativních a strategických hledisek. Nejdříve si uvedeme hlavní členění metod řízení zásob dle různých hledisek:

Modely s regulovatelným doplňováním zásob

Cílem těchto úloh je nalézt optimální strategii doplňování zásob, za předpokladu, že subjekt hospodařící se zásobou má možnost průběh tohoto doplňování svým rozhodováním ovlivňovat. Předmětem tohoto rozhodování jsou pak dvě otázky: *[14][15]*

- kdy zásobu doplnit;

- jak velkým množstvím ji doplnit.

- Z hlediska charakteru poptávky, rozdělujeme modely
  - deterministické (poptávka je plně známa);
  - stochastické (zde je poptávka odhadována).

- Dle objednávkového (nebo-li dodávkového) režimu rozlišujeme charakter strategií:
  - Systém s konstantní velikostí objednávky (FOQ - Fixed Order Quantity), objednávky mají stejnou velikost, ale mohou mít různé intervaly dodání.
  - Systém s pevnými objednacími termíny (FTP - Fixed Time Period) má pravidelný interval vystavení objednávky, ale mohou mít různou velikost.
- Přístup zásobování podle času rozlišuje modely na dynamické a statické:
  - Statické modely jsou ty, jejichž poptávka nezávisí na umístění objednávky na časové ose, tedy nejsou u nich žádné velké výkyvy v poptávce.

- Naopak dynamické modely zohledňují nerovnoměrnost poptávky (popřípadě i pořizovací lhůty) v různém časovém rozložení.*[9]*

Modely s náhodným doplňováním zásob

Příklady úloh řešených pomocí těchto modelů:

- problém optimální kapacity sila na cement a optimální výše počáteční zásoby;

- problém optimální kapacity zásobníku na polotovar a výše počáteční zásoby

vložené mezi dvě výrobní zařízení;

- problém optimální kapacity vodní nádrže v údolní přehradě.*[14]*

3.1 Systém s pevnou velikostí objednávky (FOQ)

V uvedené metodě dochází k dodávkám o stejné velikosti dodávky, avšak dle potřeby dodávaných v přizpůsobených časových intervalech. Musí se pouze určit správný okamžik vystavení této objednávky. Jsou dva typy kontroly stavu zásob: *[8][7]*

- Kontrola zásob po každém výdeji (Q R_O).

Kontrola zásob je tady náročnější, obvykle je v praxi možná pouze při použití automatizovaných postupů. Riziko nedostatku zásoby a průměrný stav zásob je však nižší. Tento systém je vhodný pro dražší položky a pro zboží s vysokými skladovacími náklady.

- Kontrola v pravidelných intervalech (Q R_k).

V praxi je častější. K zamezení nedostatku zásoby je nutné udržovat vyšší stav zásob. Systém s kontrolou v pravidelných intervalech se obecně hodí pro levnější zboží.

3.2 Systém s pevnými objednacími termíny (FTP)

Je dodržován stejný interval objednávek, mění se pouze objednávané množství (může být i konstantní). U materiálů s pevnými objednacími termíny stanovenými dodavatelem se rozhoduje pouze o velikosti objednávky. Zásoby se obvykle dorovnávají na předem stanovenou cílovou úroveň, je to tedy rozdíl této úrovně s aktuální zásobou. Stejně jako u FOQ modelu jsou dva typy kontroly aktuálního stavu zásob.

- Kontrola zásob po každém výdeji (S R_O).
- Kontrola v pravidelných intervalech (S R_k).

Objednací modely FOQ i FTP mohou být v deterministických i stochastických podobách a dají se chápat jako vzor dále popsaných modelů.

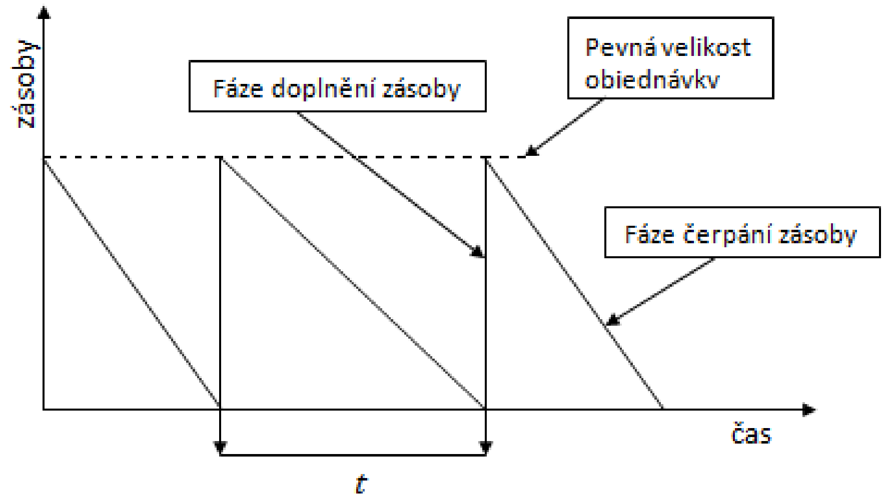
Modely FTP a FOQ jsou dva základní a nejstarší typy modelů řízení zásob a bývají základem pro další alternativy řízení.

3.3 Deterministické modely

Deterministická poptávka je charakterizována tím, že je poptávka v rámci uvažovaného časového období plně daná. Například spotřeba polotovarů při výrobě nějakého výrobku je určena objemem výroby, který je předem daný. *[8]*

3.3.1 Optimální velikost objednávky

Optimální velikost objednávky byla formulovaná již v roce 1915.*[8]* V řadě variací je používána dodnes. V uvedeném modelu dochází k pravidelnému opakování dodávkových cyklů a velikost všech dodávek o velikosti Q je konstantní. Délku každého cyklu, tedy interval mezi dvěma dodávkami označíme symbolem t, každý cyklus při tom obsahuje fázi čerpání zásoby a fázi doplnění skladu dodávkou. Pokud budeme předpokládat, že dodací lhůta a odbyt zásoby budou nekonstantní, můžeme tento model graficky znázornit takto:



Obrázek č. 2: Grafické znázornění deterministického modelu s optimální velikostí objednávky [8]

Cílem modelu je najít optimální množství objednávky, minimalizující celkové zásobovací náklady bez neuspokojené poptávky. Tento způsob je aplikací FOQ modelu. Nejprve si opět definujeme proměnné modelu

NC	celkové náklady
Q	velikost jedné dodávky
P	velikost poptávky
k_s	jednotkové skladovací náklady
k_o	pořizovací náklady jedné dodávky
n	počet dodávkových cyklů P/Q
d	dodací lhůta
r	objednací úroveň
t_c	interval mezi dodávkami
m	podíl intervalu mezi dodávkami na dodací lhůtě

Tabulka č. 2: Proměnné v deterministickém modelu s optimální velikosti objednávky

Pro výpočet celkových nákladů nejprve spočítáme dílčí náklady: pořizovací a skladovací. Náklady z nedostatku zásob se v tomto modelu nevyskytují.

- **Celkové roční náklady na skladování (c_s)**

Spočítáme je pomocí průměrného stavu zásob Q/2 vynásobené jednotkovými skladovacími náklady:

$$\mathbf{c_s = \frac{Q}{2} \cdot k_s} \qquad \textit{(1.1)}\ [7]$$

- **Celkové roční náklady na pořízení (c_o)**

Celkový roční počet dodávek Q/P vynásobený jednotkovými pořizovacími náklady:

$$\mathbf{c_o = \frac{Q}{P} \cdot k_o} \qquad \textit{(1.2)}\ [7]$$

- **Celkové náklady (NC)se tedy spočítají takto:**

NC jsou součtem veškerých nákladů, tedy součtem vzorců *(1.1)* a *(1.2)*:

$$\mathbf{NC} = \frac{Q}{2}k_s + \frac{P}{Q}k_o \qquad \textit{(1.3)}\ [7]$$

Výši těchto nákladů, lze ovlivnit pouze velikostí dodávky Q. K vypočítání optimální úroveň této dodávky s minimálními náklady dosáhneme vyhledáním extrému funkce celkových nákladů NC, tedy její první derivaci položíme rovnu nule, následně:

$$\mathbf{\frac{dNC}{dQ} = \frac{k_s}{2} - \frac{k_o P}{Q^2} = 0 \Rightarrow Q = \sqrt{\frac{2Pk_o}{k_s}}} \qquad \textit{(1.4)}\ [7]$$

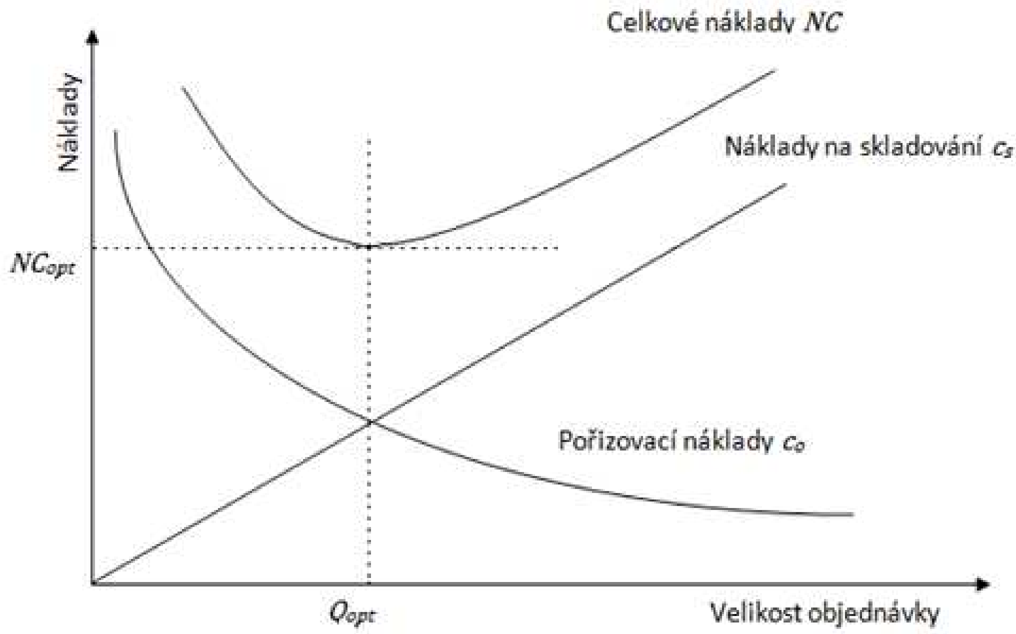
Vypočtený vzorec je základním vzorcem celého tématu a je nazývaný Campův vzorec také Harris – Willsonův či Odmocninovým vzorcem *[7].* Lze ho vypočítat i z předpokladu, že minimum celkových nákladů je v bodě, kdy jsou pořizovací a skladovací náklady rovny:

$$\mathbf{\frac{Q}{2}k_s = \frac{P}{Q}k_o \Rightarrow Q = \sqrt{\frac{2Pk_o}{k_s}}} \qquad \textit{(1.5)}\ [7]$$

- **Optimální velikost objednávky je tedy:**

$$\mathbf{Q = \sqrt{\frac{2Pk_o}{k_s}}} \qquad \textit{(1.6)}\ [7]$$

Skladovací náklady jsou lineární, naopak pořizovací náklady jsou nelineární, součtem těchto funkcí je funkce celkových nákladů. Průběhy těchto funkcí jsou znázorněny na *obrázku č. 3*, Optimální velikost objednávky je v bodě s nejnižšími celkovými náklady (současně také v bodě kde se pořizovací a skladovací náklady rovnají) na ose s velikostí objednávky.



Obrázek č. 3: Graf nákladů v závislosti na objednávce v deterministickém modelu s optimální velikostí objednávky [7]

Doplněním vztahu pro optimální objednávku *(1.6)* do základní funkce celkových nákladů *(1.3)* lze dále odvodit:

- **Optimální velikost celkových nákladů:**

$$\mathbf{Nc} = \sqrt{\mathbf{2Pk_0k_s}} \qquad (1.7)\ [7]$$

- **Optimální délka dodávkového cyklu (t_c):**

$$\mathbf{t_c} = \frac{\mathbf{Q}}{\mathbf{P}} = \sqrt{\frac{\mathbf{2k_0}}{\mathbf{Pk_s}}} \qquad (1.8)\ [7]$$

- **Optimální objednací úroveň r (bod znovuobjednávky):**

Tato úroveň udává, při jakém počtu jednotek ve skladu je třeba vystavit objednávku, tak aby k dopění skladu došlo v okamžiku vyčerpání skladové zásoby. Hodnota znovuobjednávky tedy závisí jednak na pořizovací lhůtě dodávky d a samozřejmě i na optimální výši dodávky Q. Tento bod lze vyjádřit jako:

$$\boldsymbol{r = P \cdot d - m \cdot Q} \qquad (1.9)\ [8]$$

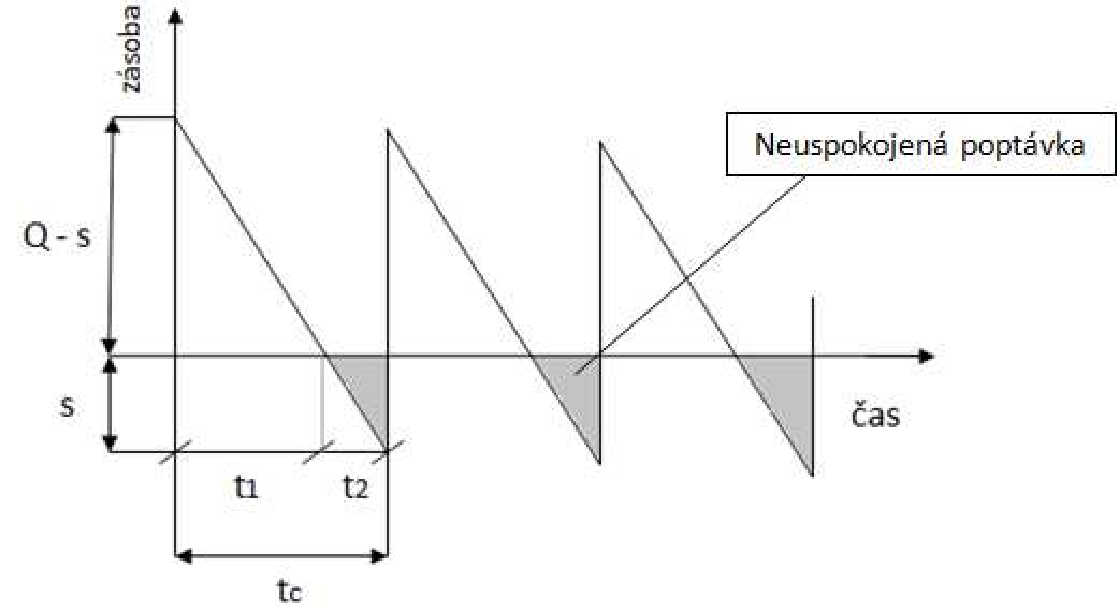
V tomto vztahu *(1.8)* součin $Q \cdot d$ je poptávka za dodací dobu lhůty d a m je celočíselná část podílu $d/t\ c$. Součin $m{\cdot}Q$ odečítáme, jelikož dodací lhůta může trvat déle než délka celkového cyklu t_c.

3.3.2 Přechodně neuspokojená poptávka

Model s přechodně neuspokojenou poptávkou se liší od modelu s optimální velikostí objednávky pouze v jednom bodě, a to, že připouští přechodný nedostatek zásoby ve skladu. Znamená to tedy, že poptávka po jednotkách zásoby může být přechodně neuspokojená. V souvislosti s výskytem neuspokojené poptávky je zde třeba se zmínit o dvou dodatečných charakteristikách tohoto modelu:

1. Dodávkový cyklus se zde rozpadá na dva intervaly. V prvním je, zásoba ve skladu a dochází k jejímu čerpání, délku tohoto intervalu označíme jako t_1, v druhém intervalu zásoba ve skladu není a požadavky na čerpání zásoby, nemohou být uspokojeny, délku druhého intervalu označíme t_2. Délka dodávkového cyklu je potom $t_c = t_1 + t_2$.
2. Celkovou výši poptávky během intervalu t_2 označíme symbolem s. Tato nerealizovaná poptávka bude uspokojena okamžitě po příchodu nejbližší dodávky na sklad. Maximální výše zásoby ve skladu tak může být pouze $(Q - s)$.

Graficky se dá tento model znázornit následovně:



Obrázek č. 4: Grafické znázornění modelu s přechodně neuspokojenou poptávkou [7]

c_o	pořizovací náklady
c_s	skladovací náklady
c_n	náklady z nedostatku zásoby
NC	celkové náklady
P	velikost poptávky
Q	velikost dodávky
k_o	jednotkové pořizovací náklady
k_s	jednotkové skladovací náklady
k_n	jednotkové náklady z nedostatku zásoby
s	neuspokojená poptávka v jednom dodávkovém cyklu
t_1	časový úsek uspokojení poptávky
t_2	časový úsek neuspokojení poptávky
α	pravděpodobnost uspokojení poptávky
β	pravděpodobnost neupokojení poptávky

Tabulka č. 3: Proměnné v modelu s přechodně neuspokojenou poptávkou

Dle stanovených proměnných z *tabulky č. 3*, Nejprve spočítáme jednotlivé dílčí náklady. Pořizovací náklady se vypočtou podle vzorce *(1.2).* Dalšími náklady budou náklady na skladování, které budou sníženy o množství průměrné velikosti zásoby za čas neuspokojení poptávky, viz vztah *(2.1).*

- **Skladovací náklady:**

$$\mathbf{c_s} = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{Q}}\mathbf{k_s} \cdot \frac{\mathbf{Q-s}}{\mathbf{2}}\,\mathbf{t_1} \qquad (2.1)\ [7]$$

Náklady z povoleného nedostatku se spočítají pomocí celkových nákladů z nedostatku pro všechny objednávky (ty se spočítají jako $\mathrm{P/Q}$) vynásobené průměrnou velikostí neuspokojené poptávky $(\mathrm{s}/2)$ po dobu jejího trvání, viz vzorec *(2.2).*

- **Náklady z nedostatku zásoby:**

$$\mathbf{c_n} = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{Q}}\mathbf{k_n} \cdot \frac{\mathbf{s}}{\mathbf{2}}\mathbf{t_2} \qquad (2.2)\ [7]$$

- **Celkové roční náklady jsou tedy**

Součet nákladových činitelů ze vzorce *(1.2), (2.1)* a *(2.2)* krát počet dodávek za rok:

$$\boldsymbol{NC} = \frac{\boldsymbol{P}}{\boldsymbol{Q}}\left(\boldsymbol{k_o} + \boldsymbol{k_s}\frac{\boldsymbol{Q-s}}{\boldsymbol{2}}\,\boldsymbol{t_1} + \boldsymbol{k_n}\frac{\boldsymbol{s}}{\boldsymbol{2}}\boldsymbol{t_2}\right) \qquad (2.3)\ [7]$$

- **Časový úsek uspokojení poptávky:**

$$\boldsymbol{t_1} = \frac{\boldsymbol{Q-s}}{\boldsymbol{P}} \qquad (2.4)\ [7]$$

- **Časový úsek neupokojení poptávky:**

$$\boldsymbol{t_2} = \frac{\boldsymbol{s}}{\boldsymbol{P}} \qquad (2.5)\ [7]$$

- **Optimální velikost objednávky**

Opět odvodíme ze vzorce celkových nákladů pomocí první derivace, jelikož jsou celkové náklady funkcí čtyř proměnných, výpočet se zjednoduší dosazením vzorců pro časové úseky t_1 a t_2 a dále se řeší pomocí parciálních derivací, které položíme rovny nule (celé odvození v podrobnější literatuře). Výsledkem je:

$$\boldsymbol{Q} = \sqrt{\frac{\boldsymbol{2Pk_o}}{\boldsymbol{k_s}}} \cdot \sqrt{\frac{\boldsymbol{k_s + k_n}}{\boldsymbol{k_n}}} \qquad (2.6)\ [7]$$

- **Optimální výše neuspokojené poptávky**

Používá se v případech, kdy není zadána výše neuspokojené poptávky. Vypočítá se pomocí optimálního množství objednávky, jednotkovými skladovacími náklady a jednotkovými náklady z neupokojené poptávky:

$$\boldsymbol{s} = \boldsymbol{Q} \cdot \frac{\boldsymbol{k_s}}{\boldsymbol{k_s + k_n}} \qquad (2.7)\ [8]$$

- **Optimální velikost celkových nákladů**

Optimální velikost nákladů he opět vypočtena pomocí derivace avšak je v tomto modelu ještě vynásobena odmocninou z pravděpodobnosti, že bude poptávka uspokojena:

$$\boldsymbol{Nc = \sqrt{2Pk_0k_s} \cdot \sqrt{\alpha}} \qquad \textit{(2.8)}\ [13]$$

Pravděpodobnost uspokojení požadavku označována symbolem α je vyjádřena poměrem celkové doby, kdy je poptávka uspokojena t_1 k celkové délce cyklu t_c, tedy: t_1 / t_c. Podobně β vyjadřuje poměr délky času neuspokojené poptávky t_2 k celkové délce t_c, tedy: t_2 / t_c , je to tedy **pravděpodobnost, že požadavek bude muset na uspokojení čekat**, až do okamžiku příchodu další dodávky na sklad.

Na základě vztahů, plynoucích z podobnosti trojúhelníků na *obrázku č. 4* můžeme tyto charakteristiky vyjádřit pomocí proměnných Q a s, uvědomíme-li si dále, že $t = Q / P$, potom dostáváme:

$$\frac{t_1}{t} = \frac{Q-s}{Q} \quad \Rightarrow \quad t_1 = \frac{Q-s}{Q} \cdot \frac{Q}{P} = \frac{Q-s}{P} \qquad \textit{(2.10)}\ [8]$$

$$\frac{t_2}{t} = \frac{s}{Q} \quad \Rightarrow \quad t_1 = \frac{s}{Q} \cdot \frac{Q}{P} = \frac{s}{P} \qquad \textit{(2.11)}\ [8]$$

Pro pravděpodobnosti neuspokojení a uspokojení poptávky bude platit: $\alpha + \beta = 1$. Hodnoty α a β můžeme pomocí výše uvedených vztahů *(17), (19)* a *(20)* vyjádřit následovně:

$$\beta = \frac{s}{Q} = \frac{k_s}{k_s + k_n} \qquad \textit{(2.12)}\ [8]$$

$$\alpha = 1 - \beta = \frac{k_n}{k_s + k_n} \qquad \textit{(2.13)}\ [8]$$

Pravděpodobnosti α a β závisejí pouze na výši nákladů, souvisejících s neuspokojenou poptávkou k_n (za předpokladu, že skladovací náklady k_s jsou pevně dané). Znalostí pravděpodobností α a β je možné řešit například stanovení hodnoty nákladů z neuspokojené poptávky tak, aby byla pravděpodobnost vyčerpání skladu β nižší než stanovená mez β^*, matematicky znázorněné následovně:

$$\frac{k_s}{k_s + k_n} \leq \beta^* \qquad (2.14)\ [8]$$

Řešením této nerovnice pro c_n dostáváme následující relaci:

$$k_n \geq \frac{k_s(1-\beta^*)}{\beta^*} \qquad (2.15)\ [8]$$

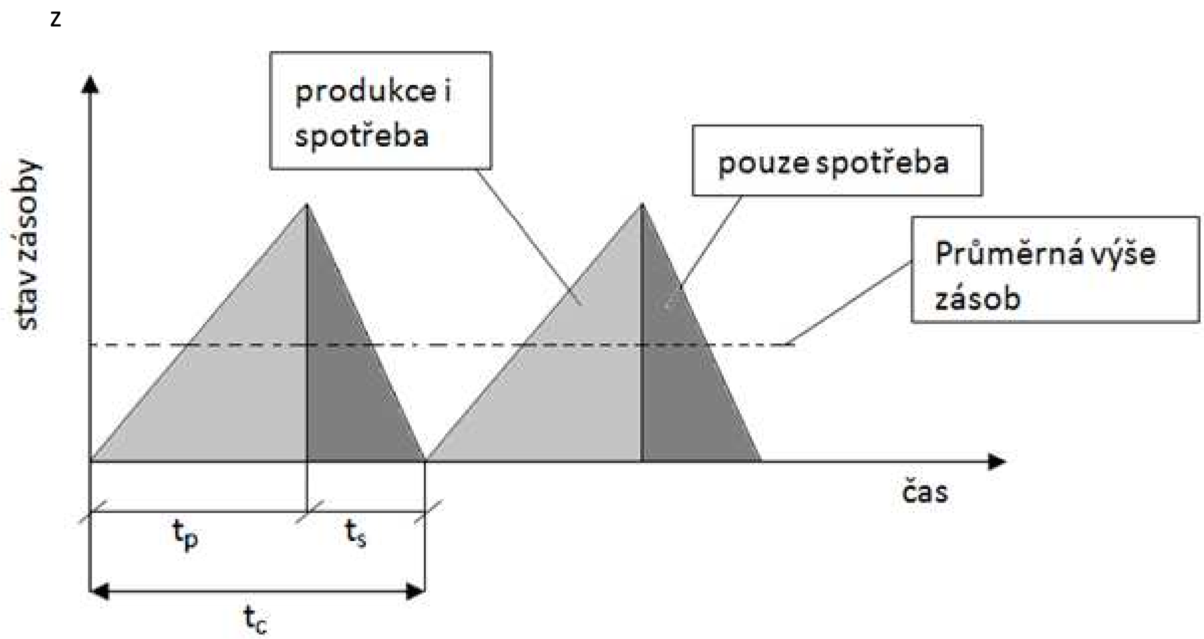
Objednací úroveň r se v tomto modelu vypočte obdobně jako v předchozím modelu, avšak v je třeba výpočet dále snížit o optimální objem neuspokojené poptávky s, tedy:

$$r = P \cdot d - m \cdot Q - s \qquad (2.16)\ [8]$$

3.3.3 Produkčně-spotřební model

Tento model bývá označován jako POQ (Production Order Quantity) model

Zásoba se doplňuje průběžně (výrobou), při tomto doplňování dochází zároveň i ke spotřebě, tudíž je pro tento model charakteristické menší průměrné množství zásob na skladě. Intenzita produkce pr by měla být vyšší než intenzita spotřeby p, pokud tomu tak bude, nepřipouští se zde vznik neuspokojené poptávky. Níže je zobrazeno grafické vyjádření modelu:



Obrázek č. 5: Grafické znázornění deterministického produkčně-spotřebního modelu[8]

t_p	délka produkce (výroba i spotřeba)
t_s	délky spotřeby (pouze spotřeba)
pr	intenzita produkce
p	intenzita spotřeby
Z_{max}	maximální úroveň zásoby

Tabulka č. 4: Proměnné v deterministickém produkčně spotřebním modelu

Maximální zásoba se vyskytuje pouze v produkčním cyklu a vypočítá se rozdílu vyrobeného množství a paralelně spotřebovaného množství. Vzorec vypadá takto:

$$\boldsymbol{Z_{max} = t_p(pr - p)} \quad \textit{(3.1)}$$ [7]

- **Délku produkčního cyklu lze vyjádřit pomocí celkové produkce v jednom cyklu:**

$$\boldsymbol{Q = pr \cdot t_p \Rightarrow t_p = \frac{Q}{pr}} \qquad \textit{(3.2)}$$ [7]

Průměrná zásoba se běžně vypočítá jako rozdíl zásoby maximální a minimální dělený dvěma. Předpokládáme-li, že minimální zásoba je rovna nule, potom se průměrná zásoba rovná polovině z maximální zásoby.

- **Náklady na skladování**

Průměrnou zásobu vynásobíme jednotkovými skladovacími náklady a dosadíme do vztahu *(3.1)* a *(3.2):*

$$c_s = k_s \cdot \frac{z_{max}}{2} \Rightarrow c_s = k_s\,(pr - p)\,\frac{Q}{2pr} \qquad (3.3)\ [7]$$

- **Celkové náklady**

Opět jsou součtem všech nákladových položek, tedy dosazením vzorců (1.1) a (3.3):

$$NC = k_s\,\frac{Q(pr-p)}{2pr} + k_o\,\frac{P}{Q} \qquad (3.4)\ [7]$$

- **Minimální celkové náklady**

Derivace funkce celkových nákladů se položí rovna nule, výsledek je následující:

$$NC = \sqrt{2k_o k_s} \cdot \sqrt{\frac{pr-p}{pr}} \qquad (3.5)\ [7]$$

- **Optimální objem výrobní dávky**

Výpočet je vyjádřením Q z funkce celkových nákladů *(3.4)*:

$$Q = \sqrt{\frac{2Pk_o}{k_s}} \cdot \sqrt{\frac{pr}{pr-p}} \qquad (3.6)\ [7]$$

Podobně jako jsme uvažovaly v modelu s optimální velikostí objednávky pořizovací lhůtu dodávky d, můžeme v tomto modelu mluvit o lhůtě, která je potřebná pro přípravu nové výrobní dávky – označme ji stejným symbolem d. Podle hodnoty d můžeme určit stav skladu r, ve kterém je třeba začít s přípravou nové dávky. Vzhledem k tomu, že nelze předpokládat, že by hodnota d byla větší než t, mohou nastat dvě možnosti:

1. $d \leq t_2 \rightarrow$ bod, ve kterém je třeba začít s přípravou nové dávky, spadá do spotřebního cyklu a je roven přímo poptávce za dobu *d*
2. $d > t_2 \rightarrow$ bod, ve kterém je třeba začít s přípravou nové dávky, spadá do výrobního cyklu.

3.3.4 Množstevní slevy

Množstevní slevy jsou chápány jako samostatný model řízení zásob, jelikož je nelze pojmout jako jednotlivé konstanty, ale je nutné spočítat veškeré nákladové složky samostatně.

Při množstevních slevách (rabatech) dodavatel nabízí v několika stupních množstevní slevy, tedy při objednávce, která převyšuje stanovenou mez, bude nižší nákupní cena a tím budou také nižší jednotkové skladovací náklady k_s, protože ty bývají vyjádřeny právě procentem z nákupní ceny.

V tomto modelu je potřeba brát v úvahu úsporu pořizovací ceny, avšak je třeba také zvážit vyšší nákladů na skladování a zvýšení ostatních pořizovacích nákladů, jako jsou například náklady na přepravu atd. Takže i přes nízkou cenu pořízení nemusí být množstevní slevy nutně výhodné. Nejdříve si nadefinujme pozměněné proměnné pro výpočty v tomto modelu (*tabulka č. 5*), ostatní zkratky budou obdobné jako v ostatních modelech.

Q'	množství objednávky se slevou
k_q	cena jednotkové slevy při odběru Q'
k_s'	jednotkové skladovací náklady při Q'
k_o'	jednotkové pořizovací náklady při Q'
c_q	celková roční úspora nákladů (v důsledku snížení ceny pořízení)
c_s'	změna celkových nákladů na skladování
c_o'	změna celkových nákladů na pořízení
ΔNC	celková úspora veškerých nákladů

Tabulka č. 5: Proměnné v deterministickém modelu množstevních slev

- **Úspora nákladů nákupní ceny**

Celkovou úsporu vypočítáme celkovou poptávkou vynásobenou jednotkovou slevou pro dnou objednávku:

$$\boldsymbol{c_q = P \cdot k_q} \quad (4.1)\ [7]$$

- **Náklady na skladování při množstevní slevě**

Zvýšení skladovacích nákladů se vypočte rozdílem průměrných nákladů na objednávky a nákladů na skladování při vyšším množství objednaných zásob. Výsledkem bude záporná cena vyšších nákladů:

$$\boldsymbol{c_s' = \frac{Q}{2} k_s - \frac{Q'}{2} k_s'} \quad (4.2)\ [7]$$

- **Náklady na pořízení při množstevní slevě:**

Tyto náklady jsou rozdílem průměrných pořizovacích nákladů za rok a celkových nákladů na pořízení při množstevní slevě. Obvykle je výsledkem úspora nákladů:

$$\boldsymbol{c_o' = \frac{P}{Q} k_o - \frac{P}{Q'} k_o'} \quad (4.3)\ [7]$$

- **Celková úspora veškerých nákladů:**

Vypočítá se součtem veškerých nákladů vypočítaných ze vztahů (4.1), (4.2) a (4.3):

$$\Delta \boldsymbol{NC = c_q + c_s' + c_o'} \quad (4.4)\ [7]$$

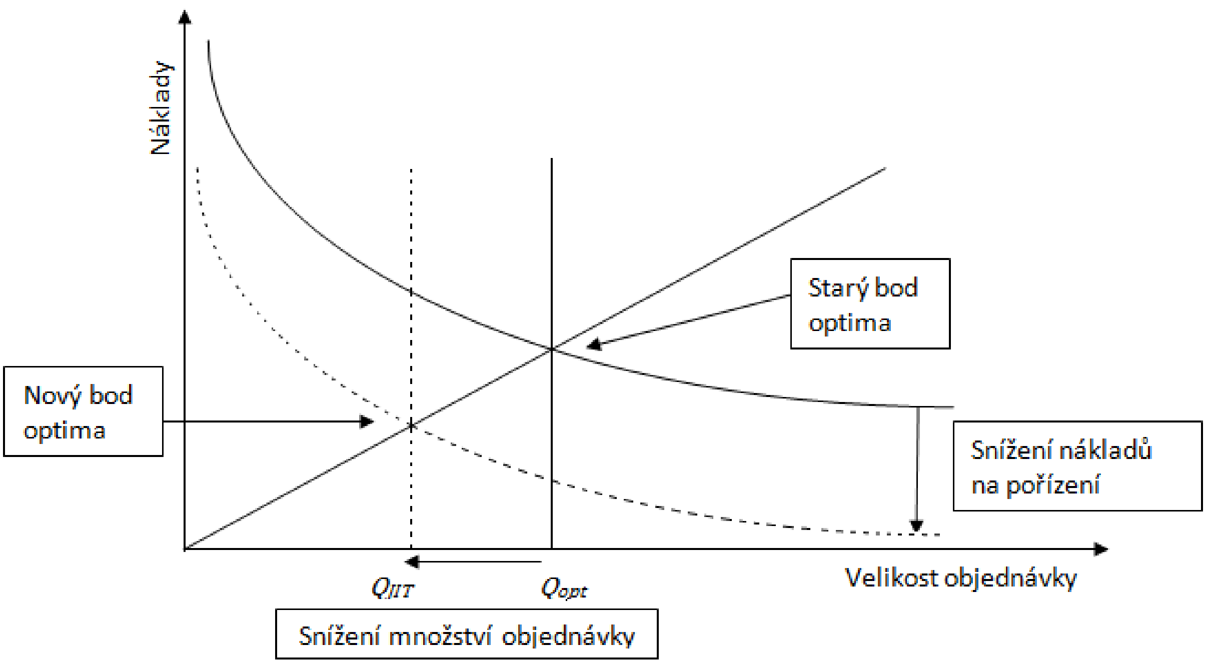
3.3.5 Model Just-in-time (JIT)

„Koncept Just-in-time (JIT) pochází z Japonska. Po druhé světové válce se ve firmě Toyota Motor Company začal formovat a využívat tento výrobní systém. Pod vedením pana Taiichi Ohna se postupně formoval systém řízení založený na zkušenostech z řízení firem nejen v Japonsku, ale i v USA a Evropě. V sedmdesátých letech dvacátého století se koncepce rozšířila do ostatních firem v Japonsku a postupně začala pronikat do amerických a evropských států.“*[18]*

Koncept výroby JIT je založen na myšlence výroby pouze nezbytných položek, v potřebné kvalitě, v potřebném množství a v nejpozději přípustných časech*[17]*

Princip spočívá v tom, že objednávky jsou dodávány “právě v čas”, tedy dle potřeby a skladuje se pouze velmi malé množství zásob. Je však zapotřebí častějších dodávek. Model JIT je výhodný pokud se dosáhne snížení pořizovacích nákladů. Vzniká tedy nový optimální bod mezi novým objednacím množstvím a pořizovacími náklady, níže graficky znázorněné:

Nejprve vypočteme optimální velikost objednávky dle výpočtu *(1.6),* celkové náklady podle *(1.3)* s proměnnými při jiném modelu řízení zásob, a poté s proměnnými modelu JIT, tedy s proměnnými znázorněnými v *tabulce č. 6*, abychom mohly porovnat, který model bude z hlediska celkových ročních nákladů výhodnější. Tato změna snížení nákladů a objednacího množství je znázorněna na *obrázku č. 6*:



Obrázek č. 6: Graf nákladů v závislosti na objednávce v modelu Just-in-time

Q_{JIT}	množství objednávky se slevou
$k_{o\,JIT}$	jednotkové pořizovací náklady při Q'
NC_{JIT}	celková úspora veškerých nákladů

Tabulka č. 6: Proměnné v modelu JIT

V tomto modelu je zapotřebí pevných dodavatelsko-odběratelských vazeb, včetně propojení částí jejich informačních komunikačních systémů.

3.4 Modely se stochastickou poptávkou

Je zde uvažována stochastická (pravděpodobnostní) poptávka: poptávkou neurčitá. Její velikost lze odhadnout pouze jistou pravděpodobností. Typickým příkladem stochastické poptávky je poptávka po zboží uváděném na trh.*[8]* Níže je uvedeno rozdělení hlavních typů stochastických modelů.

Stochastické modely statické

Základním předpokladem těchto modelů je nemožnost dalšího doplňování zásob. Jde o situace, kdy v určitém období je třeba uspokojovat potřebu ze zásoby, která může být vytvořena pouze jednorázově. Je-li vytvořena zásoba nižší, než bude skutečná potřeba, vzniknou náklady z nedostatku zásob. Je-li naopak vytvořena zásoba vyšší, než bude skutečná potřeba, vzniknou opět jiné náklady z neupotřebení zásob.*[14]*

Stochastické modely dynamické

Tyto modely lze chápat jako nástroj, pomocí kterého hledáme optimální režim regulačních zásahů do zásobovacího procesu, a to výši dávky a délka objednávkového intervalu. *[14]* Podle způsobu použití těchto veličin rozeznáváme dvě formy:

a) režim volných objednacích termínů

Zásoba se doplňuje, až když klesne na úroveň signálního stavu. Délka objednávkového intervalu je tedy vždy proměnlivá a závisí na intenzitě výdejů. Dávka, kterou zásobu doplňujeme, může být pak buď konstantní, nebo proměnná.

b) režim konstantní délky objednávkového intervalu

Mění se objednací množství, které závisí na stavu zásob a výši očekávané potřeby.

Dle charakteru stálosti rozlišujeme tyto modely na skupinu modelů stacionárních (stálých) a modelů adaptivních (nestacionárních). V rámci každé skupiny rozlišujeme dvě podskupiny podle toho, zda byl model konstruován pro pevné, nebo volné objednací termíny, a to následovně.

Stochastické dynamické modely stacionární

Tyto modely předpokládají stacionární průběh potřeby, tedy průběh, kdy potřeba nemá ani vzestupný nebo sestupný vývojový trend, ani sezónní výkyvy. Jsou dva typy:

a) Stochastické dynamické modely stacionární s volnými objednacími termíny

V případech, kdy se optimalizuje nákupní strategie při režimu volných objednacích termínů, se objednávka vystavuje vždy, jakmile zásoba klesne na určitou (signální) výši; objednávka je pak vystavena na optimální konstantní množství.

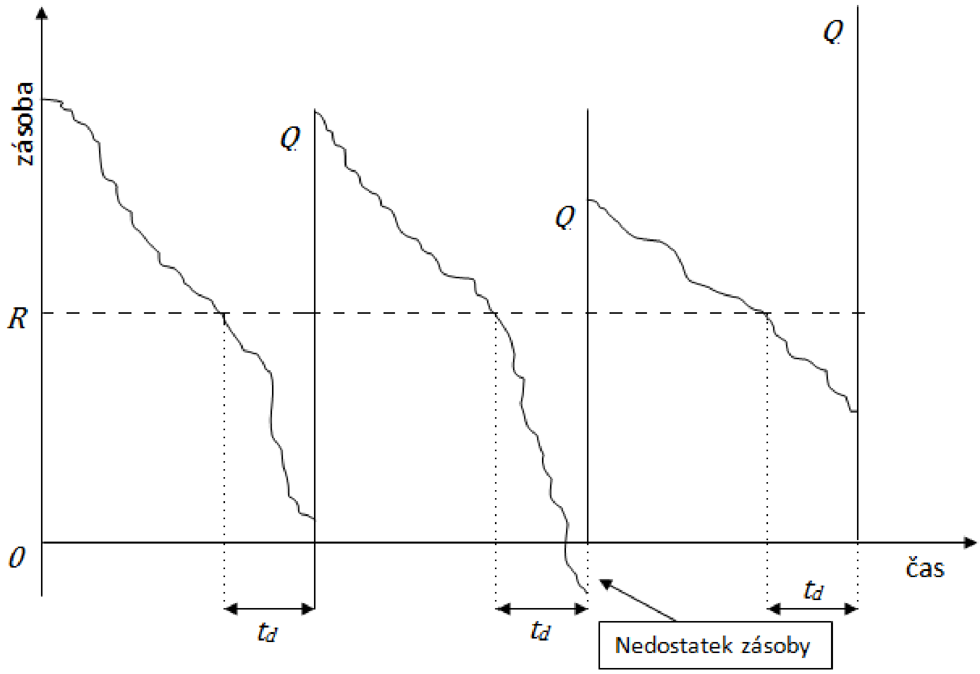
b) Stochastické dynamické modely stacionární s pevnými objednacími termíny

Podstatou režimu pevných objednacích termínů je zásada, že objednávka se vystavuje jen v pevně daných termínech, které stanoví buď dodavatel anebo subjekt hospodaříc se zásobou. Výše objednávaného množství se zpravidla stanoví jako rozdíl mezi skutečným stavem zásob k danému termínu a objednací mezí.*[14] [15] [16]*

Stochastické dynamické modely nestacionární

Teoretické základy těchto modelů vytvořil především R.G: Brown. Dynamické modely nestacionární (nestálé) spočívají ve stále měnící se poptávce, opět jsou vytvářeny pro režim volných i pevných objednacích termínů.*[12]*

U modelů stochastické optávky známe její střední hodnotu, směrodatnou odchylku a její pravděpodobnosti. Hlavním problém je v tomto modelu určit náklady z nedostatku zásoby. Objednávky se vystavují tehdy, když běžná zásoba klesne na, či pod objednací úroveň r. K vyčerpání zásob dojde pouze během pořizovací lhůty t_d. Průběh stochastické poptávky s objednací úrovní je znázorněn na *obrázku č. 7.* Takže, celkové náklady můžeme ovlivnit buď nastavením objednací úrovně r, nebo samotným množstvím objednávky Q (důsledky těchto rozhodnutí jsou znázorněny v *tabulce č. 7.* *[7]*



Obrázek č. 7: Znázornění stavu zásob při stochastické poptávce [7]

Rozhodnutí	Důsledek
Snížení objednací úrovně	Snížení nákladů na skladování pojistné zásoby Zvýšení nákladů z nedostatku zásoby
Snížení velikosti objednávky	Snížení nákladů na skladování běžné zásoby Zvýšení nákladů na pořízení a nákladů z nedostatku zásoby
Zvýšení objednací úrovně	Zvýšení nákladů na skladování pojistné zásoby Snížení nákladů z nedostatku zásoby
Zvýšení velikosti objednávky	Zvýšení nákladů na skladování běžné zásoby Snížení nákladů na pořízení a nákladů z nedostatku zásoby

Tabulka č. 7: Důsledky rozhodnutí ohledně objednací úrovně a velikosti objednávek v modelech se stochastickou poptávkou[7]

r	objednací úroveň
w	pojistná zásoba
$\bar{P}$	střední hodnota celkové roční poptávky
$\bar{M}$	střední hodnota poptávky během pořizovací doby
σ_P	směrodatná odchylka roční poptávky
σ_M	směrodatná odchylka poptávky během pořizovací lhůty
M	Skutečná poptávka během pořizovací lhůty
$F(r)$	Pravděpodobnost, že poptávka v pořizovací lhůtě bude ≤ r
$N(Z)$	hodnota distribuční funkce standardizovaného normálního rozdělení
Z	koeficient zajištěnosti
NP	náklady z přidání další jednotky
NNP	náklady z nepřidání další jednotky
γ	požadovaná úroveň obsluhy (blíže ukázáno na příkladu)

Tabulka č. 8: Proměnné ve stochastických modelech

3.4.1 Modely se stochastickou poptávkou a znovuobjednávkou

Zde je potřeba určit množství objednávky a objednací úrovně, které budou minimalizovat celkové náklady. Do celkových nákladů spadají pořizovací náklady, náklady na skladování a náklady z nedostatku zásoby. Náklady z nedostatku zásoby se rovnají ušlému zisku plus dalším ztrátám například poškození dobré pověsti, ztracení zákazníků atd. Pojistná zásoba se doporučuje udržovat u zásoby, které mají náklady z nedostatku výrazně vyšší než náklady na skladování to je například zboží b prodejnách, náhradní díly atd.

Předpoklady modelů:

- Pořizovací lhůta je známá a konstantní
- Náklady z nedostatku zásoby se váží k nedostatku jedné jednotky bez ohledu na dobu trvání nedostatku
- Poptávka během pořizovací lhůty dodávky má normální rozdělení
- Optimální objednací úroveň je vyšší než střední hodnota poptávky v pořizovací lhůtě
- Pojistná zásoba je kladná

V následujících modelech bude běžná zásoba o průměrné velikosti $Q/2$ zvýšena o pojistnou zásobu w, která je rovna rozdílu střední hodnotě poptávky v pořizovací lhůtě $\bar{M}$ a objednací úrovně r.

Výpočet **optimální velikost objednávky** je doporučována vypočítat stejně jako u deterministických modelů odmocninovým vzorcem *(1.6).* Lze vypočítat tuto objednávku podle popisu výše uvedeného (z objednací úrovně), ale Campův vzorec je výrazným zjednodušením. V následujících výpočtech budeme používat proměnné z *tabulky č. 8*.

- **Objednací úroveň**

  Je součtem střední hodnotě poptávky během pořizovací lhůty a pojistní zásoby:

$$\boldsymbol{r = \bar{M} + w} \qquad (5.1)$$ [7]

3.4.1.1 Optimální objednací úroveň – marginální přístup

Pro určení optimální objednací úrovně pomocí marginálních (krajních) nákladů se vychází tak, že dáme tuto úroveň rovnu střední hodnotě poptávky pořizovací lhůtě $(R = \overline{M})$. Potom se k této úrovni postupně přidávají další jednotky až do bodu, kdy náklady na skladování těchto dalších jednotek tvořících pojistnou zásobu, budou vyšší než očekávané náklady z neuspokojené poptávky.

- **Optimální velikost objednávky**

Výpočet velikosti objednávky je obdobou Campova vzorce, avšak se zde počítá se střední hodnotou celkové roční poptávky $\overline{P}$:

$$\boldsymbol{Q = \sqrt{\frac{2\overline{P}k_o}{k_s}}} \quad \textit{(5.2)}^{[7]}$$

- **Náklady z přidání jednotky**

Roční náklady na přidání jedné jednotky jsou rovny ročním skladovacím nákladům:

$$\boldsymbol{NP = k_s} \quad \textit{(5.3)}^{[7]}$$

- **Náklady z nepřidání jednotky:**

Při tomto výpočtu se vychází z toho, že se tyto náklady rovnají pravděpodobnosti, že bude poptávka v pořizovací lhůtě menší nebo rovna než objednací úroveň tedy: F (R) = pravděpodobnost (M ≤ R), pravděpodobnost poptávky po další/ch jednotkách/ce je potom: [1 – F(R)], celkové tyto náklady na nepřidání další jednotky jsou následující:*[7]*

$$\boldsymbol{NNP = [1 - F(r)] \cdot k_n \cdot \frac{\overline{P}}{Q}} \qquad \textit{(5.4)}^{[7]}$$

Minimálních celkových nákladů dosáhneme tehdy, když se náklady na nepřidání a na přidání další jednotky rovnají, tedy grafy funkcí krajních nákladů se protínají, viz o*brázek č. 8*. Pro minimální celkové náklady musí tedy platit následující vztah: [7]

$$k_s = [1 - F(R)] \cdot k_n \cdot \frac{\overline{P}}{Q} \quad \Rightarrow \quad \boldsymbol{F(r) = 1 - \frac{Qk_s}{\overline{P}k_n}} \qquad (5.5)^{[7]}$$

Aby byla tato požadovaná pravděpodobnost $F\,(r)$ zajištěna musí být pojistná zásoba w dostatečně velká. V *příloze 2* či *3* standardizovaného normálního rozdělení musíme najít koeficient zajištěnosti Z odpovídající požadované pravděpodobnosti. Poté můžeme vypočíst **pojistnou zásobu** (která je součinem koeficientu zajištěnosti *Z* a směrodatné odchylky poptávky během pořizovací lhůty σ_M) a **objednací úroveň** (dosazením do vzorce *(5.1)*).

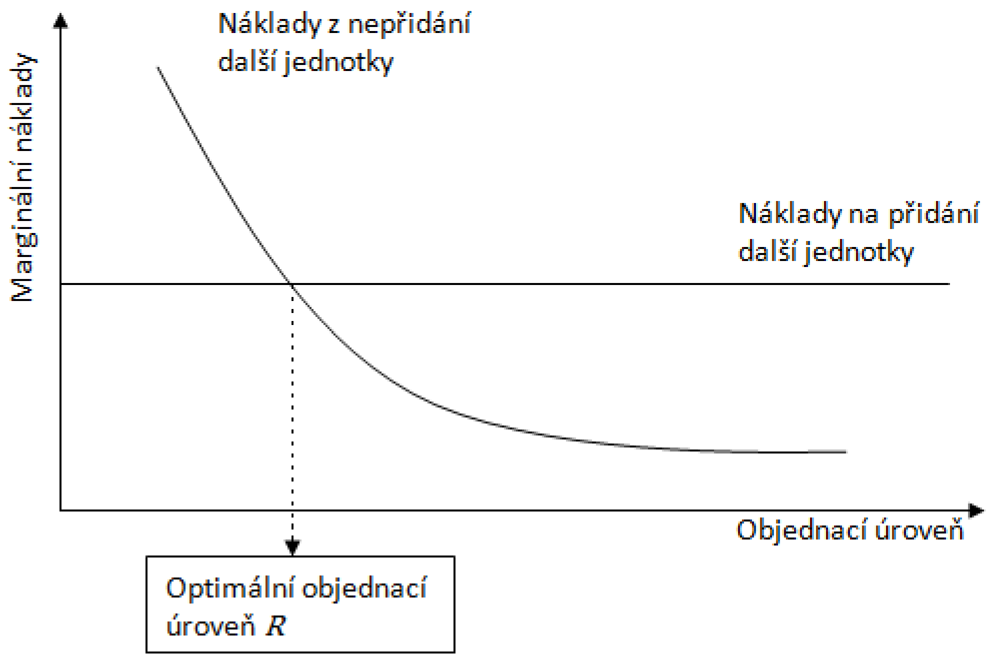
$$\boldsymbol{w = Z \cdot \sigma_M} \quad \textit{(5.6)}^{[7]}$$

$$\boldsymbol{r = \overline{M} + Z\sigma_M} \qquad \textit{(5.7)}^{[7]}$$

- **Celkové náklady**

Opět jsou součtem veškerých nákladů. Náklady na pořízení jsou stejné, jako v modelu s optimální velikostí objednávky viz *(1.2),* náklady z nedostatku jsou vynásobené směrodatnou odchylkou pro poptávku během pořizovací lhůty a hodnotou distribuční funkce standardizovaného normálního rozdělení, a u skladovacích nákladů j hodnota průměrné poptávky $(Q/2)$ zvýší o rozdíl objednací úrovně a střední hodnoty poptávky během lhůty pořízení:

$$\boldsymbol{NC} = \left[\frac{\bar{P}}{Q}\boldsymbol{k_o} + \boldsymbol{k_n}\boldsymbol{\sigma_M}\boldsymbol{N}(\boldsymbol{Z})\frac{\bar{P}}{Q}\right] + \left[\frac{Q}{2} + (\boldsymbol{r} - \bar{\boldsymbol{M}})\right]\boldsymbol{k_s} \qquad (5.8)\ [7]$$



Obrázek č. 8: Marginální náklady nepřidání a přidání další jednotky

3.4.1.2 Optimální objednací úroveň – stanovená úroveň obsluhy

V tomto modelu se stanoví podíl z celkové poptávky (například 95%), který by měl být uspokojen ze zásob, jinak nazývaný také stanovaná úroveň obsluhy. V tomto modelu se usiluje o to, aby tento podíl docílil minimálních celkových nákladů. Tuto část poptávky je někdy možné stanovit porovnáním s konkurencí. Ve výpočtech budou požity proměnné z *tabulky č. 9, tabulky č. 8,* a *tabulky č. 2.*

PP	úroveň obsluhy (část z celkové poptávky uspokojené ze zásob)
k´	očekávané množství neuspokojených objednávek v pořizovací lhůtě
k	koeficient zajištěnosti
$\tau (k)$	hodnota pomocné funkce pro koeficient zajištěnosti

Tabulka č. 9: Proměnné ve stochastických modelech se stanovenou úrovní obsluhy

- **Optimální velikost objednávky se opět vypočte Campovým vzorcem *(1.6)***
- **Vztah neuspokojené poptávky ku celkové poptávce viz vzorec *(5.9)***

Neupokojená poptávka je podílem směrodatné odchylky vynásobené hodnotou pomocné funkce pro koeficient zajištěnosti τ(k), který zjistíme z *přílohy 1*, a objednacího množství. Celková poptávka je 1 bez úrovně obsluhy:

$$\frac{\sigma_M \cdot \tau(k)}{Q} = 1 - PP \qquad (5.9)\ [7]$$

Pokud hodnota τ(k) překročí největší hodnotu v tabulce, nebo pokud je vyhledaný koeficient zajištěnosti záporný, pak ho považujeme za rovný nule a současnou hodnotu obsluhy nemusíme zvyšovat (pojistná zásoba se vůbec nevytváří).

- **Očekávané množství neuspokojených objednávek v pořizovací lhůtě**

Je to součin odchylky poptávky po dobu pořizovací lhůty a pomocné hodnoty koeficientu zajištěnosti:

$$\boldsymbol{k' = \sigma_M \cdot \tau(k)} \qquad (5.10)\ [7]$$

- **Objednací úroveň**

Vypočítá se součtem průměrného množství odbytu se součinem směrodatné odchylky pro odbyt a koeficientem zajištěnosti:

$$\boldsymbol{r = \overline{M} + k\sigma_M} \qquad (5.11)\ [7]$$

V tomto modelu je důležité definovat ukazatel "úroveň obsluhy (PP)", který je v různých literaturách chápán rozdílně. Zde je podílem celkové poptávky uspokojené ze zásob.

3.4.2 Modely se stochastickou poptávkou a jednorázovou objednávkou

Tento model je určený pro zboží, které se objednává jednorázově a pokud se v určitém časovém rozmezí neprodá, velmi výrazně ztrácí na ceně. Předpokládáme zde znalost různých pravděpodobnostních hodnot poptávky.

P	velikost skutečné poptávky za dané období
P^*	velikost odhadnuté poptávky za dané období
$\overline{M}$	průměrné množství odbytu v daném období
σ_M	směrodatná odchylka poptávky v daném období
c_1	jednotková ztráta z přesahu nabídky
C_1	celkové náklady na objednání
c_2	jednotková ztráta z přesahu poptávky
C_2	celkové náklady na neobjednání
$p(P^*)$	pravděpodobnost poptávky P*
$P(P^*)$	kumulovaná pravděpodobnost nejvýše poptávky P*
p_c	kritický poměr
Z	hodnota distribuční funkce standardizovaného normálního rozdělení (viz *příloha 1* a *příloha 2*)

Tabulka č. 10: Proměnné ve stochastickém modelu s jednorázovou objednávkou

Při tomto modelu řízení mohou nastat následující situace:

1. Objednávka je vyšší než poptávka. Nastává přebytek zboží, které se musí po sezóně prodat za cenu nižší než pořizovací cena a může být i nulová. Vzniká ztráta z převisu nabídky C_1.
2. Objednávka je nižší než poptávka. Zde vzniká ztráta C_2 z nerealizovaného zisku a jiné ztráty například ztrátya zákazníků, dobrého jména atd.
3. Objednávka se rovná poptávce, tedy nevznikají žádné ztráty.

Úkolem je minimalizovat celkové náklady, které se skládají ze dvou složek: C_1 a C_2. U každé této položky, budeme předpokládat její pravděpodobnost $p(P^*)$, a kumulovanou pravděpodobnost $P(P^*)$, která vznikne jako součet veškerých nižších pravděpodobností poptávky než je P^*, plus pravděpodobnost poptávky P^*, a udává, že množství které je skutečně poptávané bude nižší nebo rovno P^*(odhadnuté poptávce).

Množství objednávky budeme navyšovat do okamžiku, kdy se náklady na neobjednání další jednotky rovnají nákladům na objednání další jednotky, níže graficky znázorněno na *obrázku č. 9*. Tento typ úlohy se pro větší přehlednost porovnávání těchto nákladů může řešit v tabulkách.

- **Náklady na objednání**

Jsou součinem jednotkové ztráty z přesahu nabídky s 1 bez kumulované pravděpodobnosti odhadnuté poptávky:

$$\boldsymbol{C_1 = [\,1 - P(P^*)]\,\cdot\, c_1} \qquad (6.1)\ [7]$$

- **Náklady na neobjednání**

Jsou součinem jednotkové ztráty z přesahu poptávky a kumulované pravděpodobnosti očekávané poptávky:

$$\boldsymbol{C_2 = P(P^*)\,\cdot\, c_2} \qquad (6.2)\ [7]$$

Další jednotky přestaneme objednávat tehdy, když se tedy tyto náklady budou rovnat. Oba druhy nákladů se tedy zapisují do tabulky a porovnávají se. Tento postup je možné použít pro malé a diskrétní objednávky.

Pro vyšší a spojité objednávky se vyžaduje spojité rozdělení pravděpodobností. V tomto případě si definujeme kritickou pravděpodobnost (**kritický poměr p_c**), kde se náklady na neobjednání rovnají nákladům na objednání. Tedy:

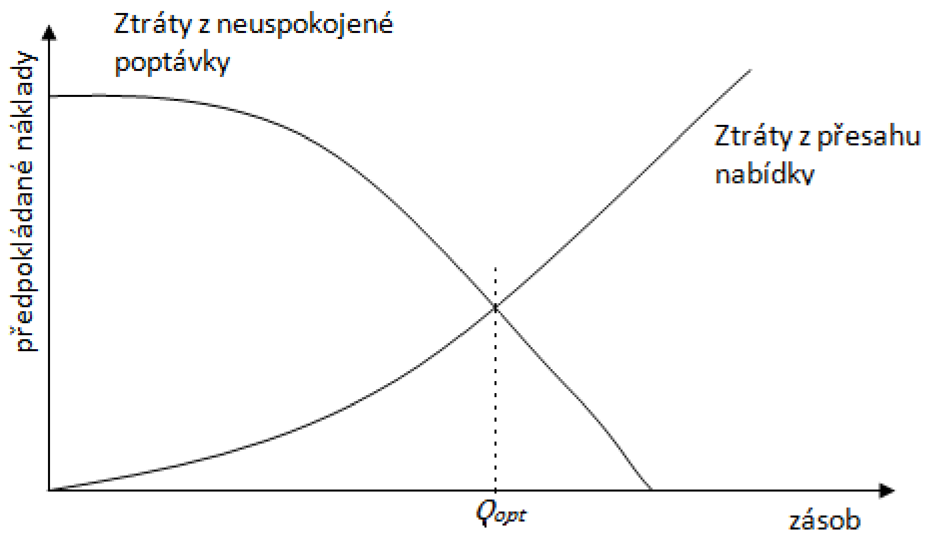
$$(\,1 - p_c)c_1 = p_c c_2 \;\Rightarrow\; \boldsymbol{p_c = \frac{c_1}{c_1 + c_2}} \qquad (6.3)\ [7]$$

Dále můžeme v tabulce normalizovaného normálního rozdělení *přílohy 2* vyhledat hodnotu koeficientu zajištěnosti Z odpovídající kritické pravděpodobnosti.

- **Pojistnou zásobu a objednací úroveň určíme podle vztahu *(5.5)* a *(5.6)*, je zde pouze měnící se povaha znaménka (+):**

$$\boldsymbol{R = \bar{M} \pm Z\sigma_M} \qquad (6.4)\ [7]$$

Znaménko v rovnici je záporné, když jsou hodnoty p_c menší než 0,5. Znaménko plus je v rovnici v opačném případě. Pojistná zásoba v tomto modelu může být záporná i kladná.



Obrázek č. 9: Marginální přístup k určení optimální velikosti objednávky stochastického modelu [7]

4 Porovnávání modelů řízení zásob

Jelikož má každý z výše uvedených modelů, svá specifika, zaměřila jsem tuto část bakalářské práce na rozdělení dle vhodnosti praktického využití těchto modelů, pro firemní řízení zásob dle jeho předpokladů. Dále je zde ukázán příklad konkrétního řízení produktu, znázorněný v různých modelech.

Volba systému řízení zásob vychází z:

- účelu stanovení zásob v konkrétním provozu;
- charakteru potřeby;
- ekonomických podmínek;
- informačních zdrojů apod.

Na volbu systému řízení zásob má zásadní vliv charakter poptávky po zásobách, tedy jak zásoba vzniká (závislá či nezávislá), zda se jedná o stálou či nárazovou poptávku, a také systém toků materiálu v logistickém řetězci.

4.1 Vhodná využití modelů

Rozhodování o určité strategii řízení způsob předpokládá správně pochopit úlohu zásob v logistickém systému, tedy ve výrobě, marketingu, dopravě apod.

Ke splnění cíle řízení zásob se používají různé systémy a jim odpovídající metodické postupy, které představují technické řešení, kterými lze určit optimální výši zásob, frekvenci dodávek, velikost dodávek apod. Volba systémů řízení zásob vychází:

- z účelu stanovení zásob v konkrétním provozu
- charakteru potřeby
- ekonomických podmínek
- informačních zdrojů apod.*[9]*

4.1.1 Využití modelů deterministické poptávky

Předpokladem je přesně známá poptávka, která se objevuje především u spotřeby polotovarů a materiálů potřebných k výrobě, je zde určena objemem výroby, který je předem daný. Metody lze proto použít ve výrobních (montážních) podnicích. Pro všechny konečné výrobky se sestavuje montážní program a poté se pomocí kusovníku[1] vypočte potřeba všech součástek.

FOQ model

Použití FOQ modelu je spojeno s určitými předpoklady, které ovlivňují přesnost výpočtů:

- je vhodný pro řízení zásob těchto položek, jejichž poptávka je nezávislá;
- je známá přesná výše potřeby, která je v průběhu času konstantní;
- skladové položky jsou objednávané v okamžiku, kdy je jejich zásoba nulová;
- velikost objednávky je konstantní;
- jednotkové náklady na pořízení a udržování zásob jsou konstantní;
- žádné zásoby nejsou na cestě;
- neuvažují se pojistné zásoby ani další finanční omezení.

Používá se tam, kde je z různých důvodů nutné nebo výhodné objednávat určité množství produktů (například celé balení, paletu, auto, nebo vagón). Je třeba posoudit, zda tento systém není výrazně výhodnější pro dodavatele, a je-li pro něj racionální důvod, nebo se pouze jedná o zavedený zvyk.

Výhodou tohoto systemuje je pravidelný režim práce při kontrole stavu, vystavování objednávek a dodávek

FTP model

Tento model s pevnými objednacími termíny, se využívá tam, kde je v určitý čas potřebná nová zásoba. Například každodenní dovoz pečiva v ranních hodinách, ale také tam, kde je dodavatelsko-odběratelským zvýhodněním pravidelná dodávka.

Přechodně neuspokojená poptávka

Z hlediska celkových nákladů je tato metoda výhodná, avšak musíme zvážit, zda je tato neuspokojená poptávka, definitivně ztracena. Případ, kde není poptávka zcela ztracena, nastává ve chvíli, kdy neuspokojení zákazníci, nemohou svůj požadavek realizovat někde jinde, tedy v situaci bez konkurence, tato situace nastává tehdy, pokud je firma v monopolním postavení.

Je zajímavé si všimnout, že optimální výše celkových nákladů je rovna optimální výši nákladů z modelu optimální velikosti objednávky vynásobené konstantou $\sqrt{\alpha}$. Vzhledem k tomu, že je konstanta $\sqrt{\alpha}$. nižší než 1, jsou náklady v modelu s přechodně neuspokojenou poptávku vždy nižší než v modelu s optimální velikostí objednávky.

Produkčně-spotřební model

Používá se ve výrobních podnicích, tam kde se vlastní výroba z hlediska nákladů vyplácí.

---

[1] Kusovník, nebo-li kompletační položka, je přehledná tabulka, která slouží k popisu, z jakých dílů či materiálů se skládá konkrétní výrobek.

Množstevní slevy

Nákup ve větším množství lze doporučit u zboží nepodléhajícího zkáze, s malými skladovacími náklady, a v případě, že nedojde k výraznému navýšení jednotlivých pořizovacích nákladů, například v důsledku vyšších nároků na dopravní a manipulační techniku. Také zde figuruje ztráta z vázaného kapitálu, který není možno investovat jinde. Tato ztráta může být zejména u dražších výrobků významná.

Příklady použití:

- náhradní díly
- výrobní materiál s nízkými skladovacími náklady

Just-in-time

V modelech Just-in-time jsou velmi malé úrovně zásob a proto také velmi malé skladovací náklady. Objednávkové množství je však posunuto pod optimální hranici a proto budou vyšší pořizovací náklady a tím také i celkové náklady.

Mimo systémy, které poskytují pouze jeden typ produktu či služby, bude nezbytné nastavovat procesy tak, aby byly schopny se vypořádat s konkrétním typem položky. Toto je hlavní charakteristika systémů, které zpracovávají velkoobjemové série. JIT směřuje k zpracovávání položek pouze, pokud a pouze tehdy, pokud je vyžadováno zpracování menší velikosti série. Proto je JIT spojen s malou velikostí série a kratšími, ekonomičtějšími nastaveními.

- „Předpoklady efektivního JIT:

- Nízká varieta zpracovávaných položek;
- Stabilita poptávky;
- Spolehlivost dodavatelů (k zajištění spolehlivých dodávek);
- Nekazový materiál (aby se zabránilo přerušením);
- Totální kontrola kvality;
- Zapojení managementu;
- Zapojení zaměstnanců;
- Flexibilita pracovníků.

- Výhody JIT:

- snížené zásoby meziproduktu;
- snížené požadavky na místo;
- kratší doba prostupnosti;
- větší zapojení zaměstnanců;
- vyrovnanější toky práce.“*[9]*

Využití:

- Řetězce pro speciální produkty (především automobilky a podniky s velkosériovou či hromadnou výrobou, zpravidla montující konečné produkty na zakázku)

Informační propojení podniků je těsné, poddodavatel má rámcovou smlouvu na předpokládaný roční objem produkce. Jednotlivé dodávky (co, kdy, kolik)odvolává odběratel s velmi krátkými dodacími lhůtami.*[10]*

4.1.2 Využití modelů stochastické poptávky

Typickým příkladem stochastické poptávky je například poptávka po zboží uváděném na trh. Je to běžně používaná metoda řízení zásob pro uspokojování nezávislé poptávky. Nevýhodou je, že neumožňuje plánovat budoucí okamžiky objednávání (např. výpočet dávky dle Campova vzorce).

Modely se stanovenou úrovní obsluhy

Do tohoto modelu spadá většina řízení zásob (zboží) které se objevuje na veřejném obchodním trhu zboží, které je nerovnoměrně poptávané celoročně. O stanovení výše pojistné zásoby většinou rozhoduje cena zboží.

Modely s jednorázovou objednávkou

Tento model se týká především:

- sezónního zboží (vánoční dekorace, lyže, plavky atd.);
- módního zboží (které se nedá prodávat příští sezónu atd.);
- rychle se kazícího zboží (potraviny, květiny atd.);
- přesně termínovaných služeb (letenky, vstupenky na určité datum atd.).

4.2 Srovnání vybraných modelů na konkrétním příkladu

Nejdříve si uvedeme vstupní hodnoty zadání:

Firma je dodavatelem dvoulitrových minerálních vod. V modelech s pevnou velikostí objednávky, v modelu s přechodně neuspokojenou poptávkou a v produkčně-spotřebním modelu budeme předpokládat konstantní poptávku ve výši 50 tis. kusů za rok. Pořizovací cena jednoho balení lahví (po 25 kusech) je 150 Kč a skladovací náklady jednoho balení jsou 20% z nákupní ceny (tedy 30 Kč). Dodací lhůta je 20 dnů. Náklady z nedostatku jedné palety jsou 50 Kč.

4.2.1 Porovnání dvou strategií v modelu FOQ

V tomto příkladě budeme porovnávat, jak množství objednávek za rok ovlivní celkové roční náklady v deterministickém modelu s pevnou velikostí objednávky (FOQ). V případě, že bude stanovená pevná částka pořízení pro jakýkoliv objem zboží a to 10 tis. Kč.

Ve strategii I budeme uvažovat objednávky pouze dvakrát ročně, tedy velikost objednávky bude 25 tis. kusů (tedy 1000 palet). Strategie bude mít tedy vysokou průměrnou zásobu (polovina rozdílu maximální a minimální zásoby, tedy 12 500ks), budou zde tedy vysoké náklady na skladování, ale zato nízké ceny objednávek. Naopak strategie II bude počítat s deseti dodávkami za rok, každá bude mít velikost 5 000 ks, průměrná zásoba je v tomto případě 2 500 kusů. Ve srovnání ze strategií I bude tento systém charakterizován nízkými skladovacími náklady, ale vysokými náklady na objednávky

Z uvedené *tabulky č. 11* vyplývá, že strategie II je z hlediska celkových ročních nákladů o mnoho výhodnější. Uvedený příklad pouze ukázal výpočet modelu s optimální velikostí objednávky (častější objednávky vs. méně časté), avšak nevypovídá o tom jaká strategie řízení zásob je nejoptimálnější.

	Strategie I	Strategie II
Poptávka P [ks] Velikost objednávky Q [ks]	50 000 25 000	50 000 5 000
Počet dodávek za rok Pořizovací náklady jednoho balení [Kč] Celkové pořizovací náklady za rok [Kč]	2 10 000,- 300 000,-	10 10 000,- 1 500,-
Průměrná zásoba [ks] Jednotkové skladovací náklady k_S [Kč] Celkové roční skladovací náklady [Kč]	12 500 30,- 375 000,-	2 500 30,- 75 000,-
Celkové roční náklady NC	400 000	175 000

Tabulka č. 11: Parametry dvou strategií v modelu FOQ [13]

4.2.2 Výpočty vybraných modelů

Pro přehlednost si nejdříve vypíšeme hodnoty zadání:

Poptávka po jednom balení *(50 000/25)* P	2000 kusů
Pořizovací náklady jednoho balení k_o	150
Jednotkové skladovací náklady jednoho balení k_s	30
Náklady z nedostatku jednoho balení k_n	50

Následně spočítáme pro každý model optimální velikost objednávky a celkové náklady, které jsou rozhodující ve volbě modelu řízení zásob.

Výpočet optimální velikosti objednávky a celkových nákladů našeho příkladu v modelu s **optimální velikostí objednávky:**

- **Optimální velikost objednávky podle podle Campova vzorce viz *(1.6):***

$$Q = \sqrt{\frac{2Pk_o}{k_s}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2000 \cdot 150}{30}} \doteq 142\ balení$$

- **Celkové roční náklady podle vztahu (1.7):**

$$NC = \sqrt{2Pk_ok_s} = \sqrt{2 \cdot 2000 \cdot 150 \cdot 30} = 4\ 243\ Kč$$

Výpočet základních charakteristik pro model s **přechodně neupokojenou poptávkou**:

Nejdříve si vypočítáme pravděpodobnost uspokojení a neuspokojení poptávky dle vztahů *(2.12)* a *(2.1*3):

$$\alpha = \frac{k_n}{k_s + k_n} = \frac{50}{50 + 30} = 0{,}625$$

$$\beta = 1 - \alpha = 0{,}375$$

- **Optimální velikost objednávky podle dle *(2.6):***

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot 2000 \cdot 150}{30}} \cdot \sqrt{\frac{30 + 50}{50}} = 142 \cdot \sqrt{1{,}265} = 179\ balení$$

- **Optimální výše celkových nákladů vypočítaná ze vztahu *(2.8):***

$$NC = \sqrt{2Pk_o k_s} \cdot \sqrt{\alpha} = 4\,243\sqrt{0{,}625} = 3\,354\ Kč$$

Celkové roční náklady jsou pro strategii s přechodně neuspokojenou poptávkou o 889 Kč nižší než v modelu s optimální velikostí objednávky, jelikož náklady z nedostatku zásoby nedosahují velkých hodnot.

Upravme zadání našeho konkrétního příkladu. Předpokládejme produkčně-spotřební model, firma bude vlastnit recyklační linku na produkci lahví s kapacitou 5 000 ks kartónů lahví měsíčně (intenzita produkce pr), pokud by linka pracovala nepřetržitě 12 hodin. Měsíční poptávka (intenzita poptávky p) je však jen 2 000 balení, uvažujme úplně stejné hodnoty na skladování, tedy 30 Kč na jednotku za rok, pouze zaměníme pořizovací náklady na jednu objednávku za fixní náklady výroby jedné dávky stále ve výši 150 Kč.

- **Optimální objem výrobní dávky dle vztahu *(3.6)* bude:**

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot 2000 \cdot 150}{30}} \cdot \sqrt{\frac{5000 \cdot 12}{5000 \cdot 12 - 2000 \cdot 12}} \doteq 142\sqrt{2{,}30} \doteq 215\ balení$$

- **Optimální výše celkových nákladů vypočítaná pomocí výpočtu *(3.5):***

$$\mathrm{NC} = 4243\sqrt{\frac{5000 - 2000}{5000}} \doteq 2\,546\mathrm{Kč}$$

Budeme-li uvažovat stochastickou poptávku se **stanovenou úrovní obsluhy**, tedy výše poptávky bude náhodná veličina s jistým pravděpodobnostním rozdělením. Předpokládaná poptávka $\bar{P}$ bude 2 000 balení, směrodatná odchylka v rámci dodací lhůty σ_M bude 30 balení a střední hodnota poptávky během dodací $\bar{M}$ lhůty bude 70 balení. Ostatní nákladové položky a dodací lhůta budou stejné.

- **Optimální množství objednávky podle vztahu *(5.2)* bude vypočítána takto:**

$$Q = \sqrt{\frac{2\bar{P}k_o}{k_s}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2000 \cdot 150}{30}} = 142\ balení$$

- **Pravděpodobnost uspokojení poptávky během pořizovací lhůty dle vztahu *(5.5):***

$$F(R) = 1 - \frac{Qk_s}{\bar{P}k_n} = 1 - \frac{142 \cdot 30}{2000 \cdot 50} = 0{,}042$$

Hodnota distribuční funkce dle přílohy 2 je tedy: Z = 0,48405.

- **Velikost objednací úrovně je podle vztahu (5.7) následující**

$$R = \bar{M} + Z\sigma_M = 70 + 0{,}48405 \cdot 30 \doteq 85$$

- **Celkové náklady jsou po dosazení vypočtených hodnot dosazených do vzorce *(5.6):***

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

$$= \left(\frac{2000}{142} \cdot 150 + 50 \cdot 30 \cdot 0{,}48405 \cdot \frac{2000}{142}\right) + \left[\frac{142}{2} + (85 - 70)\right] =$$

$$= 2116 + 10\,225 + 86 = 12\,424 \text{Kč}$$

Shrnutí

Názorně zde bylo ukázáno, jak se spočítají optimální výše objednávek a celkových nákladů ve vybraných modelech. U deterministických modelů jsou výpočty značně jednodušší než v modelech se stochastickou poptávkou, kde je nutné určit či spočítat mnohé pomocné ukazatele.

Z výpočtů vyplívá, že firmě by se v deterministické poptávce nejvíce vyplatilo, kdyby si lahve vyráběla samostatně, avšak je zde faktor investice do výrobních prostor a výrobní linky, které nesouvisejí se samotným provozem ale jejich opatřením. Tyto náklady na výrobní prostory, výrobní linku a její obsluhu by se časem jistě vrátili, vzhledem k nižším celkovým nákladům. Firma by se musela stát výrobním podnikem.

Dále je zřejmé, že v deterministickém modelu by lépe v uvedeném příkladu obstál model s přechodně neuspokojenou poptávkou než model s optimální velikostí objednávky. Je zajímavé si všimnout, že celková výše nákladů je rovna optimální výši nákladů v modelu s optimální velikostí objednávky vynásobené konstantou √α. Vzhledem k tomu, že je tato konstanta nižší než 1 (je to odmocnina pravděpodobnosti), jsou náklady v modelu, ve kterém připustíme neuspokojenou poptávku vždycky nižší než v modelu s optimální velikostí objednávky.

Model Just-in-time a množstevní slevy zde nejsou na tomto příkladu počítané, jelikož nebylo možné je aplikovat na zvolené předpoklady, aniž by se zadání výrazně změnilo.

5 Závěr

Většina firem věnuje na skladování značné finanční prostředky a další nemalé prostředky jsou vázané v zásobách. Využívané informační systémy poskytují velké množství evidenčních údajů a jsou schopné i částečně automatizovat proces objednávání, manipulace a výdeje. Pro viditelnou úsporu nákladových položek je potřeba kvalitně použít odlišné nástroje a nespoléhat jen na zkušenost a evidenci. Operační výzkum nabízí řadu kvantitativních metod, které podporují řízení a rozhodování v zásobovacích modelech.

V první kapitole této bakalářské práce je stručné shrnutí činností, které jsou potřebné k řízení zásob. Vedle samotného zajištění zásob v optimálním množství je důležité hlavně co největší minimalizace celkových nákladů spojených se zásobováním s ohledem na potřeby zákazníků. Jelikož se zásoby objevují v různých podobách téměř ve všech podnicích a typů podniků je celá řada, tedy pro každý podnik se hodí různá metoda řízení zásob. Tyto metody je také potřeba v rámci jedné firmy kombinovat, jelikož zásoby uvnitř podniku mohou mít různý charakter. Hlavní rozdělením v případech s plánovaným řízením zásob je hledisko poptávky a to na případy kdy jsou odbyt či potřeba zásob přesně dány (modely s deterministickou poptávkou) a případy je tato poptávka pouze předpovídána (modely se stochastickou poptávkou). Stochastická poptávka se určuje buď ze znalostí odbytu konkurence či z vlastních zkušeností.

Kapitola číslo dvě popisuje základní modely závislé a nezávislé poptávky. O rozhodnutí který z těchto modelů pro určitý druh zásoby využívat rozhoduje především její roční spotřeba a z hlediska minimalizace nákladů cena pořízení, finance spojené se skladováním a s její případnou absencí. Jelikož, jsou tyto finanční aspekty individuálně dané, lze je přesto ovlivňovat objednacím množstvím zásob.

V příkladech jsou zde ve čtvrté kapitole uvedené nejvhodnější podmínky, které jsou pro daný model nejvhodnější, a dále je zde uveden příklad výpočtů celkových nákladů na vybraných modelech. Příklad je zde implementován v deterministických modelech s optimální velikostí objednávky, v modelu s přechodně neuspokojenou poptávkou, v produkčně-spotřebním modelu, a ve stochastickém modelu s optimální objednací úrovní.

Cíl této bakalářské práce je tímto přehledem jak obecných předpokladů řízení zásob, tak popisem konkrétních modelů a jejich následným porovnáním, splněn. Porovnání modelů řízení zásob je zde bráno z hlediska různorodosti modelů rozdělením předpokladů pro dílčí modely, a ukázkou výpočtů konkrétní zásoby v těchto modelech.

6 Použitá literatura

⬩ Publikace:

[1] UCHYTILOVÁ. *Zásobovací logistika podniku*. 2007. Bakalářská práce. Masarykova univerzita Brno.

[2] STEHLÍK. *Logistika - Strategický faktor manažerského úspěchu*. Brno: Studio Contrast, 2003. ISBN 80-238-8332-1.

[4] SVOBODA a LATÝN. *Logistika*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-2735-X.

[5] VANĚČEK. *Logistika*. České Budějovice: JU ZF České Budějovice, 1998. ISBN 80-7040-323-3.

[6] DAŇĚK. *Logistika*. Ostrava: VŠB Technická univerzita Ostrava, 2004. ISBN 80-248-0705-X.

[7] DÖMEOVÁ a BERÁNKOVÁ. *Modely řízení zásob I*. Praha: ČZU v Praze, 2004. ISBN 80-213-1140-1

[8] JABLONSKÝ. *Operační výzkum*. Praha: Personal Publishing, 2002. ISBN 80-86419-42-8

[9] ŠTŮSEK. *Logistický management.* Praha: ČZU v Praze, 2005. ISBN 80-213-1259-9.

[14] MANN. *Optimalizace zásob v praxi*. Praha: SNTL, 1979. ISBN 04-313-79.

[15] HUŠEK, SAMEK. *Optimalizace zásob*. Praha: VŠE v Praze, 1981. ISBN 17-328-80.

[16] TER-MANUELIANC. *Matematické modely řízení zásob.* Praha: Institut řízení, 1980. ISBN 57-001-78.

[17] KEŘKOVSKÝ, M. *Moderní přístupy k řízení výroby*. Praha: C. H. Beck. 2001. ISBN 80 7179-471-6.

[18] MLČOCHOVÁ. *Zavádění Just in time*. Brno, 2006. Bakalářská práce. Masarykova univerzita Brno.

[19] KUMMER. *Logistikmanagement I und II.* Wien: Facultas Verlags- und Buchhandels AG, 2007. ISBN: 3-7910-9214-6

[20] PTÁČEK. *Logistika*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1998. ISBN 80-7078-550-0.

[21] LAMBERT, STOCK a ELLRAM. *Logistika.* Praha: Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-221-1

[23] LEGÁT, JURČA a VÁŇA. *Servisní logistika*. Praha: ČZU v Praze, 2005. ISBN 80-213-1302-1.

[24] SIXTA a ŽIŽKA. *Logistické řízení podniku*. Ostrava: VŠB TU Ostrava, 2001. ISBN 80-238-7644-9.

[25] ŠUBA. *Skladové hospodářství konkrétního podniku*. Brno, 2006. Diplomová práce. Masarykova univerzita.

[26] VANĚČEK. *Logistika*. České Budějovice: JU ZF České Budějovice, 1996. ISBN 80-7040-157-5.

[27] HORÁKOVÁ a KUBÁT. *Řízení zásob*. Praha: Profess Consulting, 1998. ISBN 80-85235-55-2

[28] NĚMEC. *Výrobní logistika pro ekonomy*. Karviná: Slezská univerzita v Opavě, 2002. ISBN 80-724-141-x.

[29] BRAHOTSKÝ a ŘEZNÍČEK. *Logistika : procesy a jejich řízení.* Brno: Computer Press, a.s., 2003 . ISBN 80-7226-521-0

[30] GROSS. *Logistika*. Praha: VŠCHT, 1994. ISBN 80-7080-216-2

[31] SCHULTE. *Logistika.* Praha: Victoria Publishing, a.s., 1994. ISBN: 80-85605-87-2

[32] PERNICA. *Logistický management.* Praha: AKCENT Vimperk, spol. s r.o., 1998. ISBN 80-86031-13-6

♦ Zahraniční publikace:

[33] BOWERSOX a CLOSS. *Logistical Management – The Integrated Supply Chain Process.* New York: The McGraw-Hill Companies,Inc.,1996. ISBN 0-07-006883-6

[34] KUMMER. *Logistikmanagement I und II.* Wien: Facultas Verlags- und Buchhandels AG, 2007. ISBN: 3-7910-9214-6

♦ Periodikum:

[10] *Logistika*. Brno: Economia, 2002, roč. 8, č. 7. ISSN 1211-0957.

♦ Internet:

[3] KOTĚŠOVCOVÁ. *Řízení zásob*: Studijní materiál VŠFS [online]. 2004 [cit. 2012-03-11]. Dostupné z: https://is.vsfs.cz/el/6410/zima2004/BP_MUc/um/19718/?so=ta

[11] SLABÁ. *Teorie zásob* [online]. 2009[cit. 2012-03-24]. Dostupné z: http://num.kma.zcu.cz/galerie/MM-prace/Galerie%20MM%202009/Slaba-Teorie%20zasob.pdf

[12] ZAJÍČKOVÁ. *Klasifikace modelů zásob* [online]. 2002[cit. 2012-03-24]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/veda/dk2004texty/pdf/05_Ekonomika%20a%20rizeni%20stavebnictvi/5_02_Ekonomika%20stavebniho%20podniku/Zajickova_Petra.pdf

[13] RÁLEK, NOVÁK a CHUDOBA. *Metody užívané v logistice* [online]. 2003[cit. 2012-03-24]. Dostupné z: http://www.nti.tul.cz/cz/images/0/0a/Mul_skripta_101101.pdf

[22] *Logistika v zásobování*: *Modely zásob* [online]. [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: http://web.flkr.utb.cz/cs/docs/VOL_pr_4.pdf. Přednáška. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

Celkem je v této práci použito 34 literárních zdrojů.

7 Seznam použitých zkratek

FOQ	Fixed Order Quantity – pevné objednací množství
FTP	Fixed Time Period – pevný objednací termín
POQ	Production Order Quantity – vyrobené objednací množství
JIT	*Just-In-Time* – „právě v čas“
Q R_k	systém kontroly zásob v pravidelných intervalech v modelu FOQ
Q R_O	systém kontroly zásob po každém výdeji v modelu FOQ
S R_k	systém kontroly zásob v pravidelných intervalech v modelu FTP
S R_O	systém kontroly zásob po každém výdeji v modelu FTP
NC	celkové náklady
Q	velikost jedné dodávky
P	velikost poptávky
k_s	jednotkové skladovací náklady
k_o	jednotkové pořizovací náklady
k_n	jednotkové náklady z nedostatku zásoby
k_q	cena jednotkové slevy při odběru *většího množství se slevou*
c_o	celkové pořizovací náklady
c_s	celkové skladovací náklady
c_n	celkové náklady z nedostatku zásoby
c_q	celková roční úspora nákladů v důsledku snížení ceny pořízení
$c_o{}'$	změna celkových nákladů na pořízení
t_c	interval mezi dodávkami
t_p	délka produkce v produkčně-spotřebním modelu
t_s	délky spotřeby v produkčně-spotřebním modelu
t_1	doba uspokojení poptávky v modelu s přechodně neuspokojenou poptávkou
t_2	doba neuspokojení poptávky v modelu s přechodně neuspokojenou poptávkou
α	pravděpodobnost uspokojení poptávky
β	pravděpodobnost neupokojení poptávky
σ_P	směrodatná odchylka roční poptávky
σ_M	směrodatná odchylka poptávky během pořizovací lhůty $w$pojistná zásoba
qR	směrodatná odchylka cyklu doplnění zásoby
qS	směrodatná odchylka denního prodeje
γ	požadovaná úroveň obsluhy (blíže ukázáno na příkladu)
$\tau\,(k)$	hodnota pomocné funkce pro koeficient zajištěnosti
$\bar{R}$	průměrný cyklus doplnění zásoby
$\bar{S}$	průměrný denní prodej
$\bar{P}$	střední hodnota celkové roční poptávky
$\bar{M}$	střední hodnota poptávky během pořizovací doby
c_1	jednotková ztráta z přesahu nabídky (u stochastických modelů)
C_1	celkové náklady na objednání (u stochastických modelů)

c_2 jednotková ztráta z přesahu poptávky (u stochastických modelů)

C_2 celkové náklady na neobjednání (u stochastických modelů)

d dodací lhůta

f četnost případů stejného denního prodeje při výpočtu pojistné zásoby

k' očekávané množství neuspokojených objednávek v pořizovací lhůtě

k koeficient zajištěnosti

m podíl intervalu mezi dodávkami na dodací lhůtě

n počet individuálních jednotek

o odchylka případů od střední hodnoty při výpočtu pojistné zásoby

p intenzita spotřeby v produkčně-spotřebním modelu

pr intenzita produkce v produkčně spotřebním modelu

s neuspokojená poptávka v jednom dodávkovém cyklu

p_c kritická pravděpodobnost používaná v modelech se stochastickou poptávkou

r objednací úroveň

Z hodnota distribuční funkce standardizovaného normálního rozdělení

Z_{max} maximální úroveň zásoby

NP náklady z přidání další jednotky

NNP náklady z nepřidání další jednotky

$F(r)$ Pravděpodobnost, že poptávka v pořizovací lhůtě bude ≤ R

$N(Z)$ hodnota distribuční funkce standardizovaného normálního rozdělení

PP úroveň obsluhy (část z celkové poptávky uspokojené ze zásob)

P^* velikost odhadnuté poptávky za dané období

$p(P^*)$ pravděpodobnost poptávky P*

$P(P^*)$ kumulovaná pravděpodobnost nejvýše poptávky P*

8 Seznam obrázků

9 Seznam tabulek

10 Přílohy

PŘÍLOHA 1: HODNOTA POMOCNÉ FUNKCE $\tau(\mathrm{k})$ PRO KOEFICIENT ZAJIŠTĚNOSTI k

V řádku se nachází celá část a první desetinné místo koeficientu *k*,

ve sloupci je uvedeno druhé desetinné místo veličiny *k*

k:	**0,00**	**0,01**	**0,02**	**0,03**	**0,04**	**0,05**	**0,06**	**0,07**	**0,08**	**0,09**
-0,6	0,7687	0,7759	0,7833	0.7906	0.7980	0.8054	0.8128	0.8203	0.8278	0,8353
-0,5	0,6978	0.7047	0.7117	0.7187	0.7257	0.7328	0,7399	0.7471	0.7542	0.7614
-0,4	0,6304	0.6370	0.6436	0.6503	0.6569	0,6637	0.6704	0.6772	0.6840	0.6909
-0,3	0.5668	0.5730	0.5792	0.5855	0.5918	0.5981	0.6045	0.6109	0.6174	0.6239
-0,2	0.5069	0.5127	0,5186	0.5244	0.5304	0.5363	0.5424	0.5484	0.5545	0.5606
-0,1	0.4509	0.4564	0.4618	0.4673	0.4728	0.4784	0,4840	0.4897	0.4954	0.5011
-0,0	0.3989	0.4040	0.4090	0.4141	0.4193	0.4244	0.4297	0.4349	0.4402	0.4456
0,0	0,3989	0.3940	0.3890	0.3841	0.3793	0.3744	0,3697	0.3649	0.3602	0.3556
0,1	0,3509	0.3464	0.3418	0.3373	0,3328	0.3284	0.3240	0.3197	0,3154	0.3111
0,2	0,3069	0,3027	0,2986	0,2944	0,2904	0,2863	0,2824	0.2784	0.2745	0,2706
0,3	0,2668	0.2630	0,2592	0,2555	0,2518	0,2481	0.2445	0,2409	0.2374	0,2339
0,4	0,2304	0.2270	0.2236	0,2203	0,2169	0,2137	0,2104	0.2072	0,2040	0.2009
0,5	0.1978	0,1947	0,1917	0,1887	0.1857	0,1828	0,1799	0,1771	0,1742	0,1714
0,6	0.1687	0.1659	0,1633	0,1606	0.1580	0,1554	0.1528	0,1503	0,1478	0.1453
0,7	0.1429	0.1405	0.1381	0.1358	0.1334	0.1312	0,1289	0.1267	0,1245	0,1223
0,8	0.1202	0.1181	0.1160	0.1140	0.1120	0,1100	0.1080	0,1061	0,1042	0,1023
0,9	0,1004	0,0986	0,0968	0,0950	0,0933	0,0916	0,0899	0,0882	0,0865	0,0849
1,0	0,0833	0,0817	0,0802	0,0787	0,0772	0,0757	0,0742	0,0728	0.0714	0,0700
1,1	0,0686	0,0673	0,0659	0,0646	0,0634	0,0621	0,0609	0,0596	0.0584	0,0573
1,2	0,0561	0,0550	0,0538	0,0527	0,0517	0,0506	0,0495	0,0485	0,0475	0.0465
1,3	0,0455	0,0446	0,0436	0,0427	0.0418	0,0409	0,0400	0.0392	0,0383	0,0375
1,4	0,0367	0,0359	0,0351	0,0343	0,0336	0,0328	0,0321	0,0314	0.0307	0,0300
1,5	0,0293	0,0286	0,0280	0,0274	0,0267	0,0261	0,0255	0.0249	0,0244	0,0238
1,6	0,0232	0,0227	0,0222	0.0216	0.0211	0,0206	0,0201	0,0197	0.0192	0.0187
1,7	0,0183	0,0178	0,0174	0.0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146
1,8	0,0143	0,0139	0,0136	0.0132	0,0129	0,0126	0,0123	0,0119	0,0116	0,0113
1,9	0,0111	0,0108	0,0105	0,0102	0.0100	0,0097	0,0094	0,0092	0.0090	0,0087
2,0	0,0085	0,0083	0,0080	0,0078	0,0076	0,0074	0,0072	0,0070	0,0068	0.0066
2,1	0,0065	0,0063	0,0061	0,0060	0,0058	0,0056	0,0055	0,0053	0.0052	0,0050
2,2	0,0049	0,0047	0.0046	0,0045	0,0044	0,0042	0.0041	0,0040	0,0039	0,0038
2,3	0,0037	0,0036	0,0035	0.0034	0,0033	0,0032	0,0031	0,0030	0.0029	0,0028
2,4	0,0027	0.0026	0.0026	0,0025	0,0024	0,0023	0.0023	0,0022	0,0021	0,0021
2,5	0,0020	0,0019	0,0019	0.0018	0,0018	0,0017	0,0017	0.0016	0.0016	0,0015
2,6	0,0015	0,0014	0,0014	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0012	0.0011	0.0011
2,7	0,0011	0,0010	0.0010	0.0010	0,0009	0,0009	0,0009	0.0008	0.0008	0,0008
2,8	0,0008	0,0007	0,0007	0.0007	0,0007	0,0006	0.0006	0,0006	0,0006	0,0006
2,9	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004

Příloha 1, zdroj: Dömeová a Beránková. Modely řízení zásob I [7]

PŘÍLOHA 2: HODNOTY DISTRIBUČNÍ FUNKCE STANDARDIZOVANÉHO NORMÁLNÍHO ROZDĚLENÍ PRO HODNOTY $Z \leq 0$

−z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.50000	0.49601	0.49202	0.48803	0.48405	0.48006	0.47608	0.47210	0.46812	0.46414
0.1	0.46017	0.45621	0.45224	0.44828	0.44433	0.44038	0.43644	0.43251	0.42858	0.42466
0.2	0.42074	0.41683	0.41294	0.40905	0.40517	0.40129	0.39743	0.39358	0.38974	0.38591
0.3	0.38209	0.37828	0.37448	0.37070	0.36693	0.36317	0.35942	0.35569	0.35197	0.34827
0.4	0.34458	0.34090	0.33724	0.33360	0.32997	0.32636	0.32276	0.31918	0.31561	0.31207
0.5	0.30854	0.30503	0.30153	0.29806	0.29460	0.29116	0.28774	0.28434	0.28096	0.27760
0.6	0.27425	0.27093	0.26763	0.26435	0.26109	0.25785	0.25463	0.25143	0.24825	0.24510
0.7	0.24196	0.23885	0.23576	0.23270	0.22965	0.22663	0.22363	0.22065	0.21770	0.21476
0.8	0.21186	0.20897	0.20611	0.20327	0.20045	0.19766	0.19489	0.19215	0.18943	0.18673
0.9	0.18406	0.18141	0.17879	0.17619	0.17361	0.17106	0.16853	0.16602	0.16354	0.16109
1.0	0.15866	0.15625	0.15386	0.15151	0.14917	0.14686	0.14457	0.14231	0.14007	0.13786
1.1	0.13567	0.13350	0.13136	0.12924	0.12714	0.12507	0.12302	0.12100	0.11900	0.11702
1.2	0.11507	0.11314	0.11123	0.10935	0.10749	0.10565	0.10384	0.10204	0.10027	0.09853
1.3	0.09680	0.09510	0.09342	0.09176	0.09012	0.08851	0.08692	0.08534	0.08379	0.08226
1.4	0.08076	0.07927	0.07780	0.07636	0.07493	0.07353	0.07215	0.07078	0.06944	0.06811
1.5	0.06681	0.06552	0.06426	0.06301	0.06178	0.06057	0.05938	0.05821	0.05705	0.05592
1.6	0.05480	0.05370	0.05262	0.05155	0.05050	0.04947	0.04846	0.04746	0.04648	0.04551
1.7	0.04457	0.04363	0.04272	0.04182	0.04093	0.04006	0.03920	0.03836	0.03754	0.03673
1.8	0.03593	0.03515	0.03438	0.03363	0.03288	0.03216	0.03144	0.03074	0.03005	0.02938
1.9	0.02872	0.02807	0.02743	0.02680	0.02619	0.02559	0.02500	0.02442	0.02385	0.02330
2.0	0.02275	0.02222	0.02169	0.02118	0.02068	0.02018	0.01970	0.01923	0.01876	0.01831
2.1	0.01786	0.01743	0.01700	0.01659	0.01618	0.01578	0.01539	0.01500	0.01463	0.01426
2.2	0.01390	0.01355	0.01321	0.01287	0.01255	0.01222	0.01191	0.01160	0.01130	0.01101
2.3	0.01072	0.01044	0.01017	0.00990	0.00964	0.00939	0.00914	0.00889	0.00866	0.00842
2.4	0.00820	0.00798	0.00776	0.00755	0.00734	0.00714	0.00695	0.00676	0.00657	0.00639
2.5	0.00621	0.00604	0.00587	0.00570	0.00554	0.00539	0.00523	0.00509	0.00494	0.00480
2.6	0.00466	0.00453	0.00440	0.00427	0.00415	0.00403	0.00391	0.00379	0.00368	0.00357
2.7	0.00347	0.00336	0.00326	0.00317	0.00307	0.00298	0.00289	0.00280	0.00272	0.00264
2.8	0.00256	0.00248	0.00240	0.00233	0.00226	0.00219	0.00212	0.00205	0.00199	0.00193
2.9	0.00187	0.00181	0.00175	0.00170	0.00164	0.00159	0.00154	0.00149	0.00144	0.00140
3.0	0.00135	0.00131	0.00126	0.00122	0.00118	0.00114	0.00111	0.00107	0.00104	0.00100
3.1	0.00097	0.00094	0.00090	0.00087	0.00085	0.00082	0.00079	0.00076	0.00074	0.00071
3.2	0.00069	0.00066	0.00064	0.00062	0.00060	0.00058	0.00056	0.00054	0.00052	0.00050
3.3	0.00048	0.00047	0.00045	0.00043	0.00042	0.00040	0.00039	0.00038	0.00036	0.00035
3.4	0.00034	0.00033	0.00031	0.00030	0.00029	0.00028	0.00027	0.00026	0.00025	0.00024
3.5	0.00023	0.00022	0.00022	0.00021	0.00020	0.00019	0.00019	0.00018	0.00017	0.00017

Příloha 2, zdroj: Dömeová a Beránková. Modely řízení zásob I [7]

PŘÍLOHA 3: HODNOTY DISTRIBUČNÍ FUNKCE STANDARDIZOVANÉHO NORMÁLNÍHO ROZDĚLENÍ PRO HODNOTY $Z \geq 0$

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.50000	0.50399	0.50798	0.51197	0.51595	0.51994	0.52392	0.52790	0.53188	0.53586
0.1	0.53983	0.54380	0.54776	0.55172	0.55567	0.55962	0.56356	0.56749	0.57142	0.57535
0.2	0.57926	0.58317	0.58706	0.59095	0.59483	0.59871	0.60257	0.60642	0.61026	0.61409
0.3	0.61791	0.62172	0.62552	0.62930	0.63307	0.63683	0.64058	0.64431	0.64803	0.65173
0.4	0.65542	0.65910	0.66276	0.66640	0.67003	0.67364	0.67724	0.68082	0.68439	0.68793
0.5	0.69146	0.69497	0.69847	0.70194	0.70540	0.70884	0.71226	0.71566	0.71904	0.72240
0.6	0.72575	0.72907	0.73237	0.73565	0.73891	0.74215	0.74537	0.74857	0.75175	0.75490
0.7	0.75804	0.76115	0.76424	0.76730	0.77035	0.77337	0.77637	0.77935	0.78230	0.78524
0.8	0.78814	0.79103	0.79389	0.79673	0.79955	0.80234	0.80511	0.80785	0.81057	0.81327
0.9	0.81594	0.81859	0.82121	0.82381	0.82639	0.82894	0.83147	0.83398	0.83646	0.83891
1.0	0.84134	0.84375	0.84614	0.84849	0.85083	0.85314	0.85543	0.85769	0.85993	0.86214
1.1	0.86433	0.86650	0.86864	0.87076	0.87286	0.87493	0.87698	0.87900	0.88100	0.88298
1.2	0.88493	0.88686	0.88877	0.89065	0.89251	0.89435	0.89617	0.89796	0.89973	0.90147
1.3	0.90320	0.90490	0.90658	0.90824	0.90988	0.91149	0.91308	0.91466	0.91621	0.91774
1.4	0.91924	0.92073	0.92220	0.92364	0.92507	0.92647	0.92785	0.92922	0.93056	0.93189
1.5	0.93319	0.93448	0.93574	0.93699	0.93822	0.93943	0.94062	0.94179	0.94295	0.94408
1.6	0.94520	0.94630	0.94738	0.94845	0.94950	0.95053	0.95154	0.95254	0.95352	0.95449
1.7	0.95543	0.95637	0.95728	0.95818	0.95907	0.95994	0.96080	0.96164	0.96246	0.96327
1.8	0.96407	0.96485	0.96562	0.96638	0.96712	0.96784	0.96856	0.96926	0.96995	0.97062
1.9	0.97128	0.97193	0.97257	0.97320	0.97381	0.97441	0.97500	0.97558	0.97615	0.97670
2.0	0.97725	0.97778	0.97831	0.97882	0.97932	0.97982	0.98030	0.98077	0.98124	0.98169
2.1	0.98214	0.98257	0.98300	0.98341	0.98382	0.98422	0.98461	0.98500	0.98537	0.98574
2.2	0.98610	0.98645	0.98679	0.98713	0.98745	0.98778	0.98809	0.98840	0.98870	0.98899
2.3	0.98928	0.98956	0.98983	0.99010	0.99036	0.99061	0.99086	0.99111	0.99134	0.99158
2.4	0.99180	0.99202	0.99224	0.99245	0.99266	0.99286	0.99305	0.99324	0.99343	0.99361
2.5	0.99379	0.99396	0.99413	0.99430	0.99446	0.99461	0.99477	0.99492	0.99506	0.99520
2.6	0.99534	0.99547	0.99560	0.99573	0.99585	0.99598	0.99609	0.99621	0.99632	0.99643
2.7	0.99653	0.99664	0.99674	0.99683	0.99693	0.99702	0.99711	0.99720	0.99728	0.99736
2.8	0.99744	0.99752	0.99760	0.99767	0.99774	0.99781	0.99788	0.99795	0.99801	0.99807
2.9	0.99813	0.99819	0.99825	0.99831	0.99836	0.99841	0.99846	0.99851	0.99856	0.99861
3.0	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	0.99886	0.99889	0.99893	0.99896	0.99900
3.1	0.99903	0.99906	0.99910	0.99913	0.99916	0.99918	0.99921	0.99924	0.99926	0.99929
3.2	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.99940	0.99942	0.99944	0.99946	0.99948	0.99950
3.3	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958	0.99960	0.99961	0.99962	0.99964	0.99965
3.4	0.99966	0.99968	0.99969	0.99970	0.99971	0.99972	0.99973	0.99974	0.99975	0.99976
3.5	0.99977	0.99978	0.99978	0.99979	0.99980	0.99981	0.99981	0.99982	0.99983	0.99983

Příloha 3, zdroj: Dömeová a Beránková. Modely řízení zásob I [7]