



Řízení zásob

**„ZÁSoby JSOU IDENTIFIKÁTorem NESCHOPNOSTI
MANAGEMENTU FIRMU ŘÍDIT“**

**„ZÁSoby JSOU ZDROJEM VÍCENÁKLADŮ, ZTRÁT, NÍZKÉ
EFEKTIVNOSTI KAPITÁLU “**

**GEOGRAFICKÁ FUNKCE
ZÁSOb**

**ÚZEMNÍ SPECIALIZACE,
PŘIBLÍŽENÍ TRHU, OPTIMÁLNÍ
LOKALIZACE KAPACIT,**

**VYROVNÁVACÍ FUNKCE
ZÁSOb**

**VYROVNÁVÁNÍ KAPACITNÍHO,
ČASOVÉHO, NESOULADU MEZI
VÝROBOU A SPOTŘEBOU**

**TECHNOLOGICKÁ FUNKCE
ZÁSOb**

**SKLADOVÁNÍ ZÁSOb SURVIN,
POLOTOVARŮ, VÝROBKŮ JAKO
SOUČÁST TECHNOLOGIE
VÝROBKU**

**SPEKULATIVNÍ FUNKCE
ZÁSOb**

**SPEKULATIVNÍ UDRŽOVÁNÍ
ZÁSOb SURVIN, POLOTOVARŮ,
VÝROBKŮ**

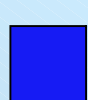
STÁTNÍ HMOTNÉ REZERVY

**STRATEGICKÉ ZÁSObY PRO
PŘÍPAD MIMOŘÁDNÝCH
UDÁLOSTÍ**



Řízení zásob

Funkce zásob



**POJISTNÁ
ZÁSOBA x_p**

**KONSTATNTNÍ V ČASE, REZERVA
PŘED NÁHODNÝMI VÝKYVY
POPTÁVKY, PORUCHAMI**



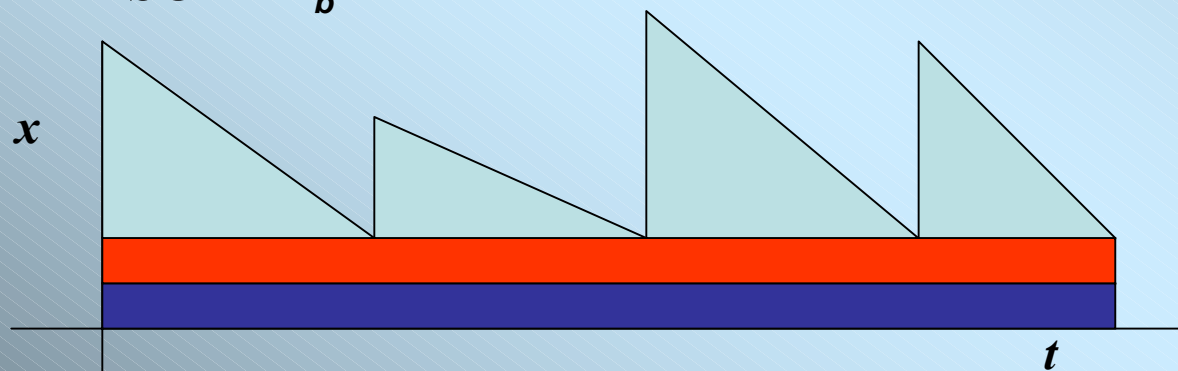
**TECHNOLOGICKÁ
ZÁSOBA x_t**

**KONSTATNÍ V ČASE, SKLADOVÁNÍ
ZÁSOB SUROVIN, POLOTOVARŮ,
VÝROBKŮ**



**BĚŽNÁ
ZÁSOBA x_b**

**PROMĚNNÁ V ČASE, ZÁVISLÁ NA
ZPOŮSOBU POŘIZOVÁNÍ A ČERPÁNÍ
ZÁSOB**





Řízení zásob

Klasifikace zásob v dodavatelském řetězci

Zásoby

SUROVIN, PALIV

POLOTOVARŮ, DÍLŮ, KOMPONENT

HOTOVÝCH VÝROBKŮ

Interpretace
Paretova
pravidla na
analýzu
zásob

Podle něho by mělo platit, že při analýze zásob zjistíme, že 80% zásob v peněžním vyjádření tvoří cca 20% skladovaných položek,

- 80% skladovaných položek dodává zhruba 20% dodavatelů
- 80% rychloobrátkových zásob tvoří zhruba 20% skladovaných položek
- atd.



Řízení zásob

Členění zásob na bázi analýzy ABC

Interpretace Paretova pravidla na analýzu zásob

<i>c.p.</i>	<i>q</i>	<i>c</i>	<i>c.p.</i>	<i>q</i>	<i>c</i>	<i>c.p.</i>	<i>q</i>	<i>c</i>	<i>c.p.</i>	<i>q</i>	<i>c</i>
1	123	34	11	345	2300	21	987	350	30	231	46
2	56	1200	12	11	450	22	34	11	31	9243	450
3	3452	200	13	8	4500	23	21	378	32	256	711
4	98	340	14	743	32	24	578	32	33	91	89
5	302	35	15	56	45	25	801	601	34	201	300
6	10	2350	16	37	87	26	36	56	35	78	78
7	45	56	17	2003	67	27	81	890	36	2888	20
8	234	2340	18	432	453	28	32	531	37	450	99
9	98	41	19	32	23	29	9	12300	38	29	1100
10	2000	5	20	10	478	30	231	46			

č.p. – číslo položky *q* – skladované množství jedn. *c* – cena Kč/jedn.



Řízení zásob

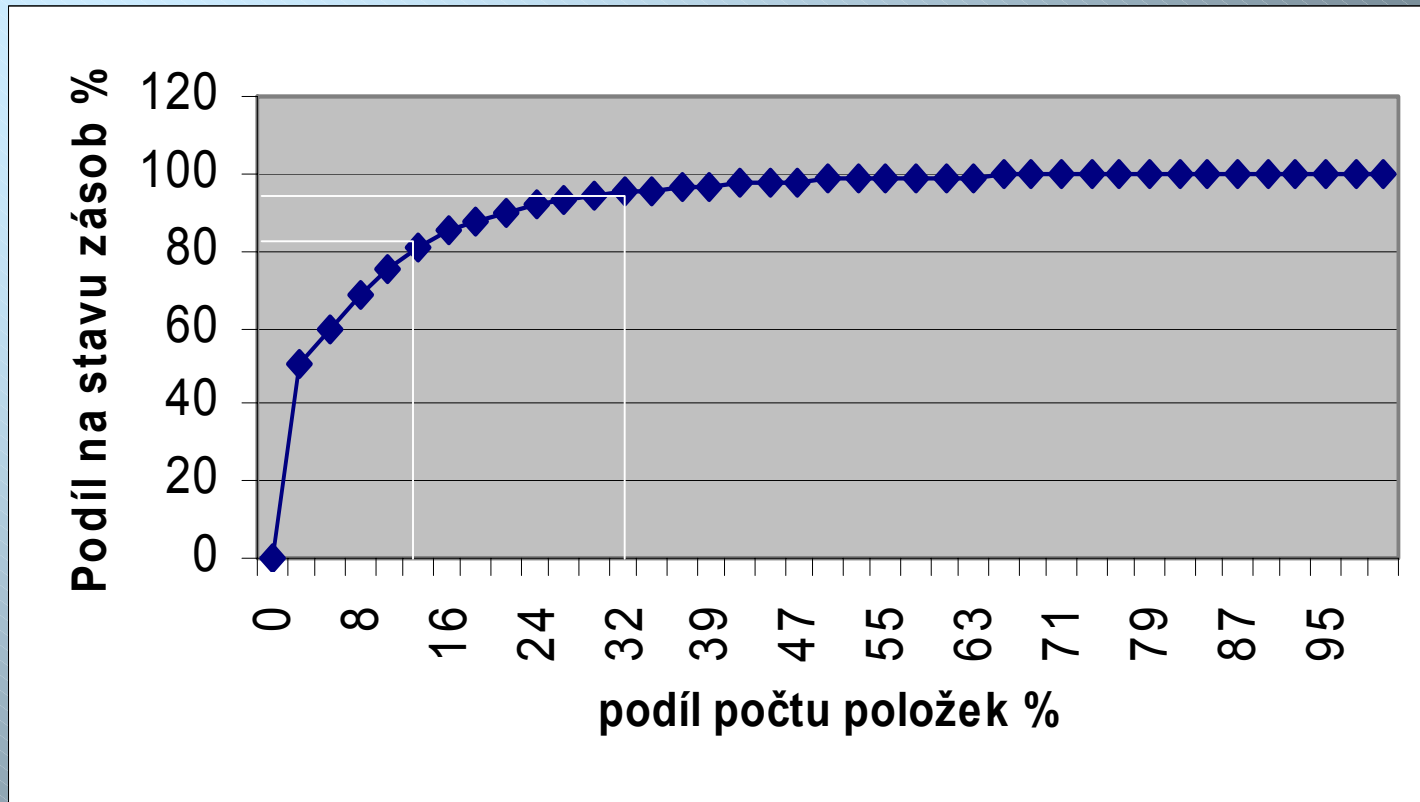
Členění zásob na bázi analýzy ABC

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
31	4159350	4159350	51	3	6	23500	8090670	99	53
3	690400	4849750	59	5	24	18496	8109166	99	55
11	793500	5643250	69	8	28	16992	8126158	99	58
8	547560	6190810	75	11	30	10626	8136784	99	61
25	481401	6672211	81	13	5	10570	8147354	99	63
21	345450	7017661	85	16	10	10000	8157354	99	66
18	195696	7213357	88	18	33	8099	8165453	99	68
32	182016	7395373	90	21	23	7938	8173391	100	71
17	134201	7529574	92	24	35	6084	8179475	100	74
29	110700	7640274	93	26	12	4950	8184425	100	76
27	72090	7712364	94	29	20	4780	8189205	100	79
2	67200	7779564	95	32	1	4182	8193387	100	82
34	60300	7839864	96	34	9	4018	8197405	100	84
36	57760	7897624	96	37	16	3219	8200624	100	87
37	44550	7942174	97	39	7	2520	8203144	100	89
13	36000	7978174	97	42	15	2520	8205664	100	92
4	33320	8011494	98	45	26	2016	8207680	100	95
38	31900	8043394	98	47	19	736	8208416	100	97
14	23776	8067170	98	50	22	374	8208790	100	100



Řízení zásob

Členění zásob na bázi analýzy ABC



Skladované položky je možno v naší ilustraci rozdělit na 3 skupiny:

A, které představují 81% stavu zásob a kterých je pouze 13% z celkového počtu 38, konkrétně 5 položek 31, 3, 11, 8, a 25.

B, tvořenou dalšími 32 - 13 = 19% položkami, jejichž stav zásob činí 95 - 81 = 6% , konkrétně 6 položek 21,18,32,17,29,27, a 2, a konečně

C, kde zůstalo zbývajících 100 - 32 = 68% položek, které se podílejí na stavu zásob 100 - 95 = 5%



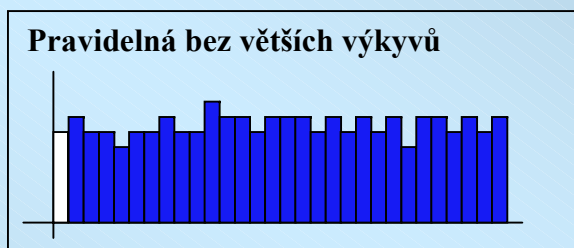
Řízení zásob

Členění zásob na bázi analýzy XYZ

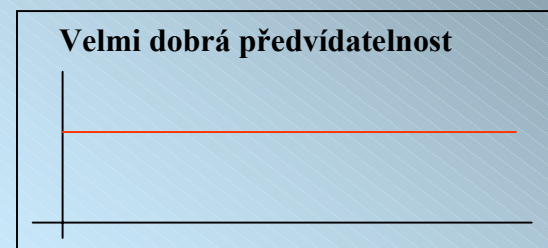
Členění zásob podle průběhu jejich spotřeby v čase

SKUPINA X

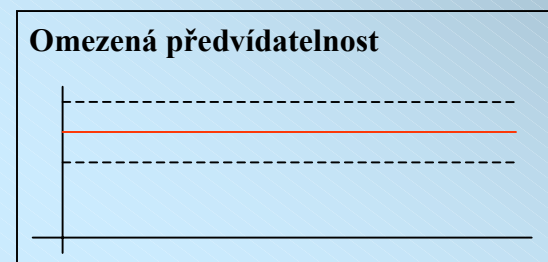
PRŮBĚH SPOTŘEBY V ČASE



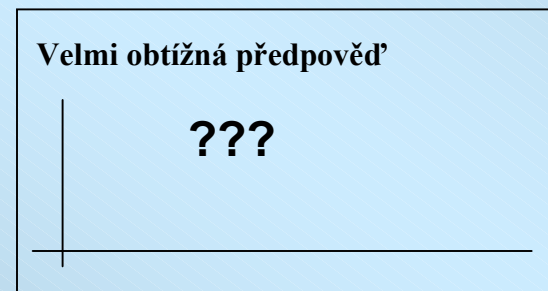
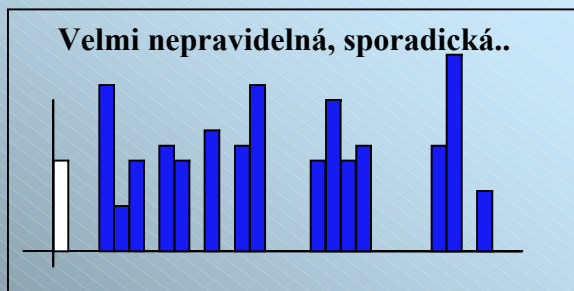
PŘEDVÍDATELNOST SPOTŘEBY



SKUPINA Y

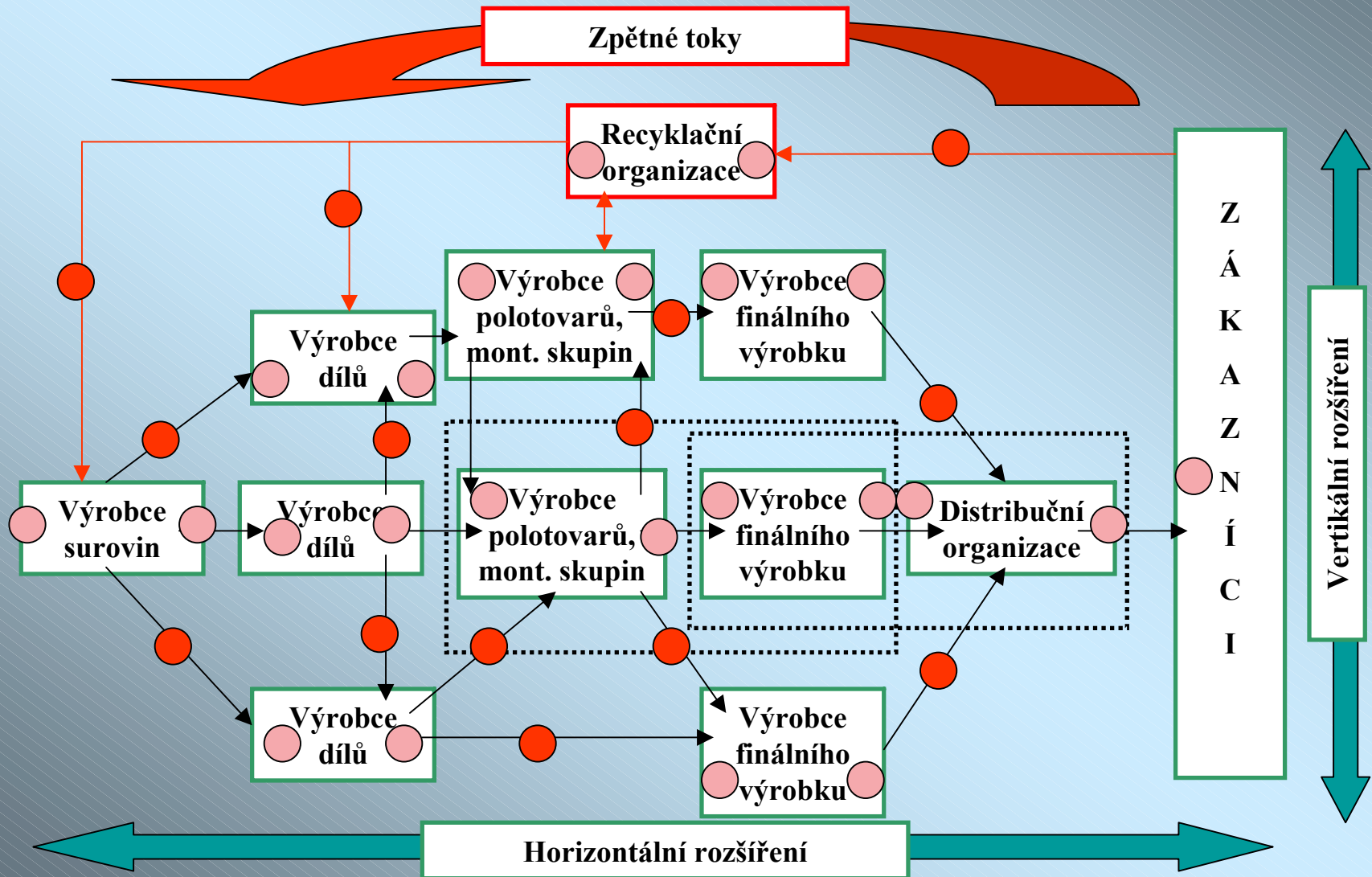


SKUPINA Z





Základní pojmy Lokalizace zásob v dodavatelském řetězci





Řízení zásob

Náklady spojené s pořizováním a udržováním zásob

	Zásoba je pořizována:	
	nákupem	vlastní výrobou
NÁKLADY NA POŘÍZENÍ ZÁSOB	Objednacích, pořizovacích náklady na: nákupní proces administrativu (objednávky...) náklady na dopravu kvalitativní a kvantitativní přejímku vlastní nákup zboží (při množstevních rabatech)	Jednorázové náklady na: seřízení strojů, linek čištění aparátů administrativu (výrobní příkazy, operační listy...) ztráta zbytkového množství ned. výroby kontrolu kvality
NÁKLADY SPOJENÉ S UDRŽOVÁNÍM ZÁSOB	pojistné skladovaných položek skladovací náklady na vlastní sklad ztráty z neprodejnosti výrobků (prošlé záruční lhůty)	ztráty vázáním kapitálu v zásobách nájemné externích skladů skladovací ztráty (rozprachem, vytěkáním..)
ZTRÁTY Z NEDOSTATKU ZÁSOB	Vícenáklady na dodatečnou objednávku, ztráta tržeb, zisku	Prostoje, mimořádné směny náklady na změnu programu porušení plynulosti výroby

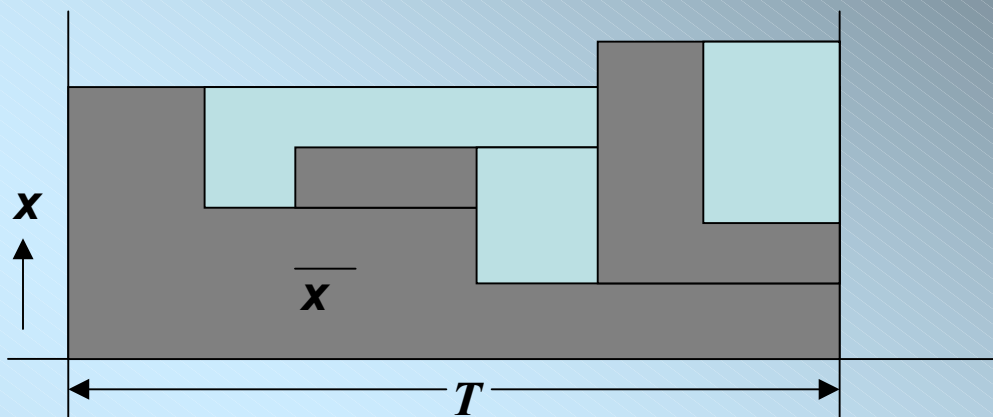


Řízení zásob

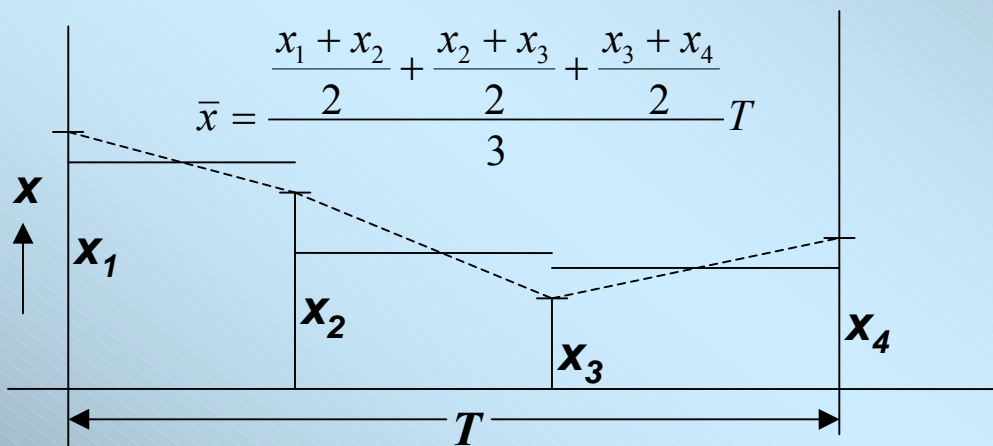
Faktory působící na náklady spojené s existencí zásob

Průměrná zásoba x za sledované období T

On line výpočet
průměrné zásoby



Výpočet průměrné
zásoby z dílčích stavů
zásob (inventory)





Řízení zásob

Faktory působící na náklady spojené s existencí zásob

Průměrná zásoba \bar{x}_i působí na náklady N_{si} spojené s udržováním zásoby i -té položky za sledované období T

$$N_{si} = n_{si} c_i \bar{x}_i = n_{si} c_i x_i T$$

n_{si} náklady spojené s udržováním zásob v % průměrné zásoby v Kč

c_{si} cena i -té položky v Kč/jedn.

T délka sledovaného období v časových jednotkách

x_i stav zásob v jedn./jedn.času

<i>Nákladová položka</i>	<i>Procent z průměrné zásoby</i>
Skladovací náklady	3 - 5
Úroková míra, výnosnost kapitálu	5 - 20
Pojistné zásob	1 - 3
Ztráty způsobené znehodnocením zásob, zcizením	5 - 10
Celkem	14 - 38

Pramen materiály EU



Řízení zásob

Faktory působící na náklady spojené s existencí zásob

Počet dodávek (objednávek) o_i působí na celkové pořizovací náklady N_{oi} spojené s realizací dodávek i -té položky za sledované období T

$$N_{si} = n_{oi} o_i$$

n_{oi} náklady spojené s realizací jedné dodávky v Kč/1 dodávku

Průzkum v Holandsku ukázal, že náklady na jednu objednávku se v EU pohybují mezi 30-47 EUR,
Dignum F.:E-commerce in production, Integrated Manufacturing Systems 13/5 (2002)page 283-294

V ČR cca 500 – 1000 Kč na jednu objednávku

Průměrné množství \bar{x}_{zi} i - té položky, které se nedostává za sledované období T působí na celkové ztráty z nedostatku zásob N_{zi}

$$N_{si} = n_{zi} \bar{x}_{zi}$$

n_{zi} ztráty spojené s nedostatkem položky v Kč/jedn.,období T



Řízení zásob

vstup

Sklad

výstup

Zdroj:

externí dodavatel
vlastní výroba

Způsob dodávek:

po dávkách
kontinuální

Dodací lhůta:

zanedbatelná
konstantní
náhodná

Objednané množství:

spojité
nespojité

Poptávka:

konstantní v čase
proměnná v čase
náhodná

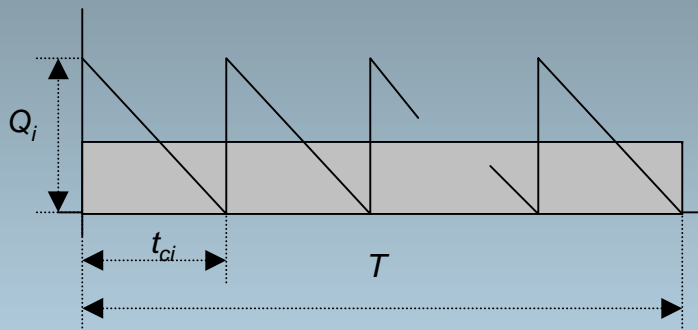
spojitá
nespojité



Řízení zásob Optimální velikost objednávky

Na období T potřebujeme $S_i = konst.$ jednotek i -té suroviny o ceně $c_i = konst.$
 Q_i spojitá proměnná

Stanovit velikost objednávek $Q_i \leq S_i$ a dodací cykly tak, aby suma nákladů
na udržování zásob N_1 a pořizovacích nákladů N_2 byla minimální



$$\bar{x}_i = Q_i T / 2$$

$$\bar{x}_i = c_i Q_i T / 2$$

$$o_i = S_i / Q_i$$

$$N_1 = n_{si} c_i Q_i T / 2$$

$$N_2 = n_{si} S_i / Q_i$$

$$Q_i^{opt} = \sqrt{\frac{2S_i n_{oi}}{T c_i n_{si}}}$$

$$N(Q_i) = N_1 + N_2 = n_{oi} S_i / Q_i + n_{si} c_i Q_i T / 2$$

$$N(Q_i^{opt}) = \sqrt{2TS_i n_{si} n_{oi} c_i}$$

$$t_{ci} = \frac{T}{(S_i / Q_i^{opt})} = \sqrt{\frac{2T n_{ji}}{S n_{si} c_i}}$$



Řízení zásob

Optimální velikost objednávky

Na období T potřebujeme $S_i = konst.$ jednotek i -té suroviny o ceně $c_i = konst.$
 Q_i nespojitá proměnná $Q_i = q, 2q, 3q, \dots$

Stanovit velikost objednávek $Q_i \leq S_i$ a dodací cykly tak, aby suma nákladů na udržování zásob N_1 a pořizovacích nákladů N_2 byla minimální

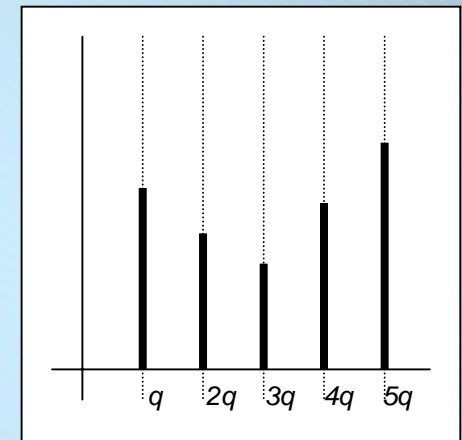
$$N(Q^{opt}) = \sqrt{2TSn_s n_o c}$$

$$N(Q - q) = n_o S / (Q - q) + n_s c (Q - q) T / 2$$

$$N(Q + q) = n_o S / (Q + q) + n_s c (Q + q) T / 2$$

$$N(Q - q) \geq N(Q^{opt}) \leq N(Q + q)$$

$$Q(Q - q) \geq \frac{2Sn_j}{Tcn_s} \geq Q(Q + q)$$



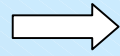


Řízení zásob

Optimální velikost objednávky

Je-li termín vyřízení objednávky $t_{vo} > 0$, je nutné určit dolní objednáací mez (signální stav zásob) x_s . Jakmile dosáhne zásoba tuto hranici, je třeba vystavit objednávku na dodávku stanovené velikosti Q .

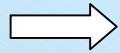
pro $t_{vo} < t_c$



$$x_s = st_{vo}$$

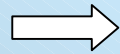
kde $s = S/T$

pro $t_{vo} = t_c$



V okamžiku příchodu objednávky objednat další

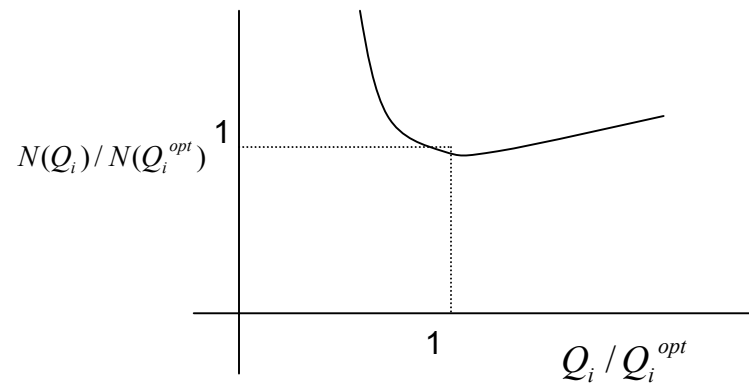
pro $t_{vo} > t_c$



x_s je neceločíselný zbytek podílu $s \cdot t_{vo} / Q$

Celá část podílu vyjadřuje kolik celých dodávek během t_{vo} přijde a bude krýt poptávku

Analýza citlivosti nákladů na změnu Q





Řízení zásob ve skladech

Metody doplňování stavu zásob ve skladech





Řízení zásob ve skladech

Metody doplňování stavu zásob ve skladech

Základní požadavky na vstupní informace

Charakteristiky poptávky po skladované položce:

p náhodná poptávka za časový interval dt

\bar{p} odhad průměrné poptávky za časový interval dt

s_p^2 odhad rozptylu poptávky

$f(p)$ odhad tvaru funkce hustoty pravděpodobnosti poptávky

t_p termín vyřízení objednávky dodavatelem

Nákladové údaje:

n_j jednorázové náklady v Kč/1 objednávku

n_s náklady na udržování zásob v % průměrné zásoby v Kč

n_z ztráty z předčasného vyčerpání zásoby v Kč/jednotku nedodaného zboží

x on line stav zásoby položky na skladě



Řízení zásob ve skladech

Metody doplňování stavu zásob ve skladech

Q systém

Systemy s pevnou velikostí doplňovací objednávky a proměnným objednacím termínem

Signální stav zásob - Dolní objednací mez x_s

Jakmile stav zásob x klesne pod x_s , je třeba objednat

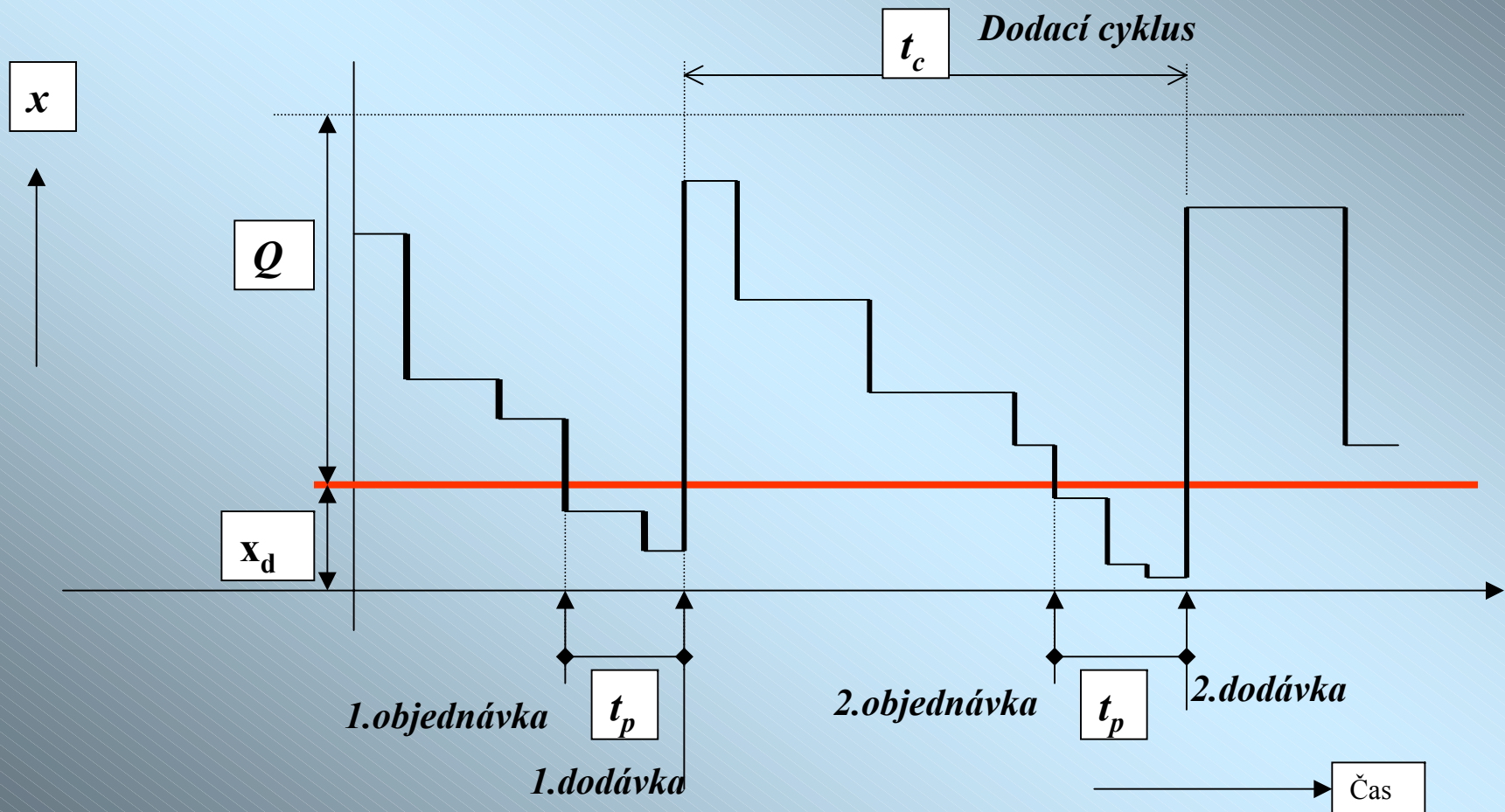
Signální stav zásob musí pokrýt náhodné výkyvy v poptávce a spotřebu po dobu průměrného termínu pořízení objednávky



Řízení zásob ve skladech

Metody doplňování stavu zásob ve skladech

Q systém





Řízení zásob ve skladech

Metody doplňování stavu zásob ve skladech

Q systém

Metody stanovení základních řídicích veličin:

A. Jednoduchý odhad:

- 1. Určíme velikost objednávky podle vztahu nebo jinou metodou**
- 2. Určíme velikost pojistné zásoby podle vztahu**
- 3. Určíme dolní objednáací mez podle vztahu**

$$Q = \sqrt{\frac{2 S \cdot n_j}{T \cdot n_s \cdot c}}$$

$$x_p = 2 \sigma_p$$

$$x_s = x_p + \bar{s} \cdot \bar{t}_p$$



Řízení zásob ve skladech

Metody doplňování stavu zásob ve skladech

Q systém

B. Přesná metoda, kritérium minimalizace nákladů a ztrát z předčasného vyčerpání zásoby:

1. Náklady na vystavování a příjem objednávek

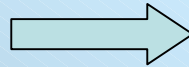
$$N_1 = \frac{T}{\bar{t}_c} n_j$$

2. Náklady na udržování běžné zásoby

$$N_2' = x_p \cdot n_s \cdot c \cdot T$$

3. Náklady na udržování pojistné zásoby

$$N_2'' = 0,5 \cdot Q \cdot T \cdot c \cdot n_s$$



$$N_2'' = 0,5 \cdot S \cdot c \cdot \bar{t}_c \cdot n_s$$

$$Q = \frac{S \cdot t_c}{T}$$

4. Ztráty z předčasného vyčerpání zásoby

$$N_3 = \frac{T}{\bar{t}_c} n_z \cdot \int_{x_s = x_p + \bar{t}_p \cdot \bar{s}}^{\infty} f(p) dp$$



Řízení zásob ve skladech

Metody doplňování stavu zásob ve skladech

Q systém

B. Přesná metoda, kritérium minimalizace nákladů a ztrát z předčasného vyčerpání zásoby:

$$N(\bar{t}_c, x_p) = \frac{T}{\bar{t}_c} n_j + x_p \cdot T \cdot c \cdot n_s + 0,5 \cdot S \cdot \bar{t}_c \cdot c \cdot n_s + \frac{T}{\bar{t}_c} n_z \cdot \int_{x_s}^{\infty} f(p) dp$$

Řešení:

$$(\bar{t}_c, x_p) = \arg \min_{(\bar{t}_c, x_p)} N(\bar{t}_c, x_p)$$



Řízení zásob ve skladech

Metody doplňování stavu zásob ve skladech

Q systém

B. Přesná metoda, kritérium minimalizace nákladů a ztrát z předčasného vyčerpání zásoby:

$$\frac{\partial N(\bar{t}_c, x_p)}{\partial x_p} = T \cdot c \cdot n_s + \frac{T}{\bar{t}_c} n_z \cdot [f(p)]_{x_s}^{\infty} = 0$$

$$\bar{t}_c = \frac{n_z \cdot f(x_p + \bar{p} \cdot \bar{t}_p)}{c \cdot n_s} \quad (1)$$



Řízení zásob ve skladech

Metody doplňování stavu zásob ve skladech

Q systém

B. Přesná metoda, kritérium minimalizace nákladů a ztrát z předčasného vyčerpání zásoby:

$$\frac{\partial N(\bar{t}_c, x_p)}{\partial \bar{t}_c} = -\frac{T}{\bar{t}_c^2} n_j + 0.5S.n_s.c - \frac{T}{\bar{t}_c^2} n_z \int_{x_s}^{\infty} f(p) dp = 0$$

$$\bar{t}_c^{-2} = \frac{2 T [n_j + n_z [1 - F(x_s)]]}{S . c . n_s} \quad (2)$$



Řízení zásob ve skladech

Metody doplňování stavu zásob ve skladech

Q systém

Do (2) dosadíme za t_c výraz (1), dostaneme výraz a iteračním postupem určíme velikost pojistné zásoby x_p

$$f^2(x_p + \bar{p} \cdot \bar{t}_p) = \frac{2T \cdot c \cdot n_s [n_j + n_z [1 - F(x_p + \bar{p} \cdot \bar{t}_p)]]}{S \cdot n_z^2}$$

a z něho iteračním postupem určíme velikost pojistné zásoby x_p

dále t_c dosazením za x_p do vztahu (1) a poté $Q = S \cdot t_c / T$



Řízení zásob ve skladech

Metody doplňování stavu zásob ve skladech

P systém

Systémy s proměnnou velikostí doplňovací objednávky a pevným objednacím termínem

Signální stav zásob - Horní objednací mez x_h

Objednává se v pevných termínech proměnlivé množství

$$Q = x_h - x$$

Horní mez stavu zásob musí pokrýt náhodné výkyvy v poptávce a spotřebu po dobu průměrného termínu pořízení objednávky a průměrného dodacího cyklu

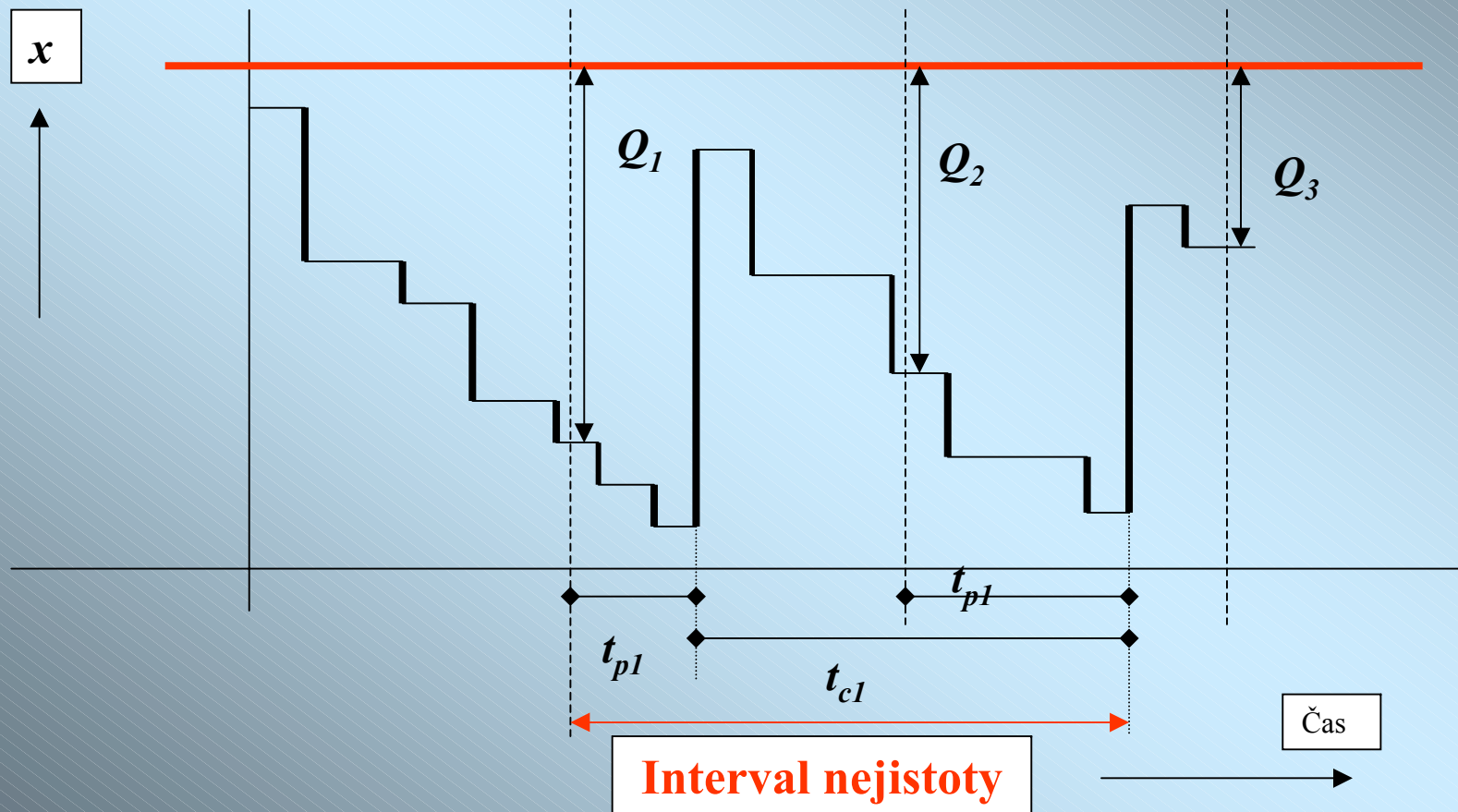
$$x_h = x_p + \bar{p}(t_p + \bar{t}_c)$$



Řízení zásob ve skladech

Metody doplňování stavu zásob ve skladech

P systém





Řízení zásob ve skladech

Metody doplňování stavu zásob ve skladech

PQ systém

Systemy s proměnnou velikostí doplňovací objednávky a proměnným objednacím termínem

Dolní objednací mez x_s - Horní objednací mez x_h

Objednává se v proměnných termínech proměnlivé množství

$$Q = x_h - x$$

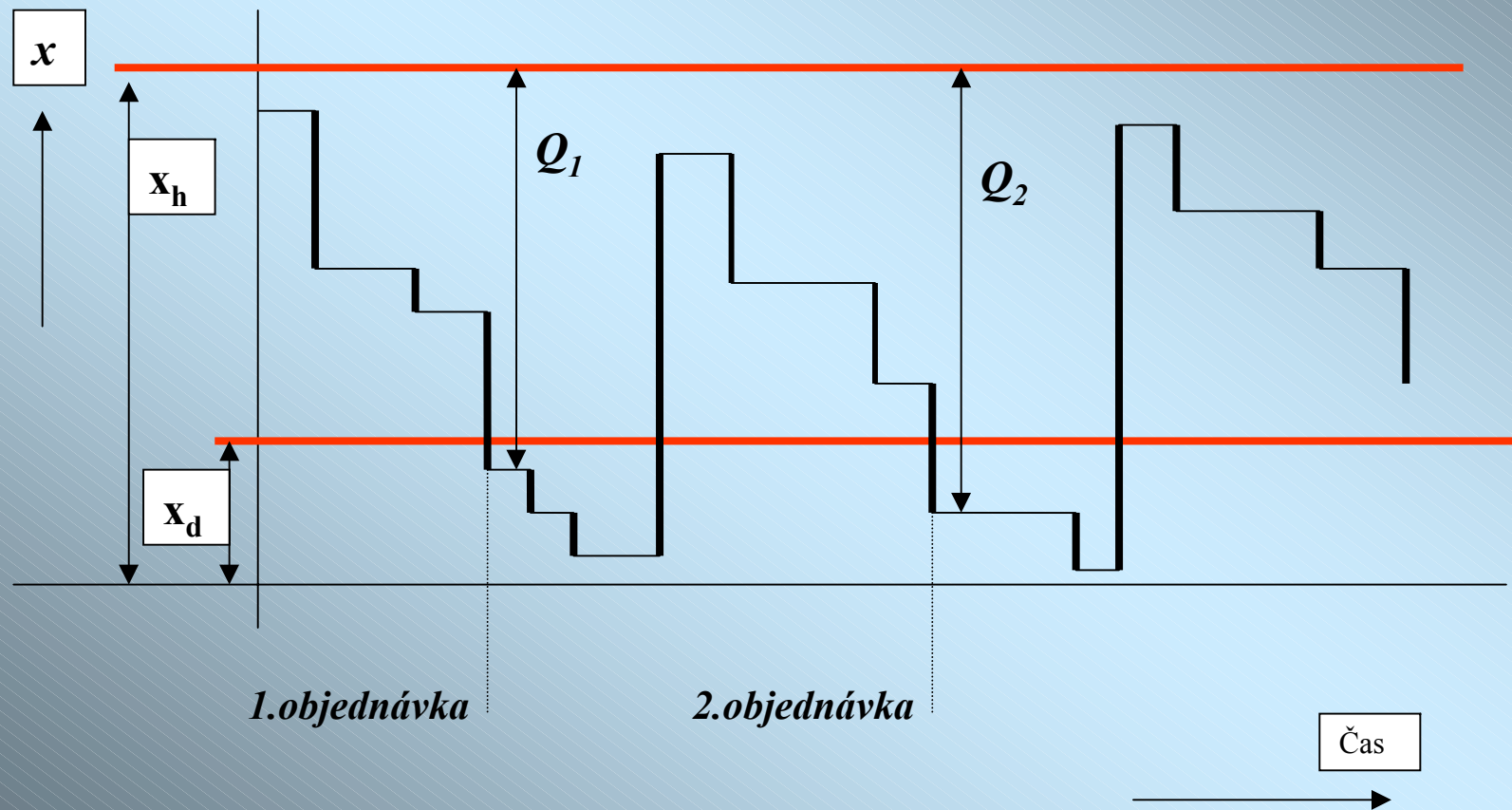
$$x_h = x_p + \bar{p}(t_p + \bar{t}_c) \qquad x_s = x_p + \bar{S} \cdot \bar{t}_p$$



Řízení zásob ve skladech

Metody doplňování stavu zásob ve skladech

PQ systém





Řízení zásob ve skladech

Metody doplňování stavu zásob ve skladech

QP systém

**Systemy s pevnou velikostí doplňovací objednávky a pevným
objednacím termínem**

Objednává se v pevných termínech konstantní množství

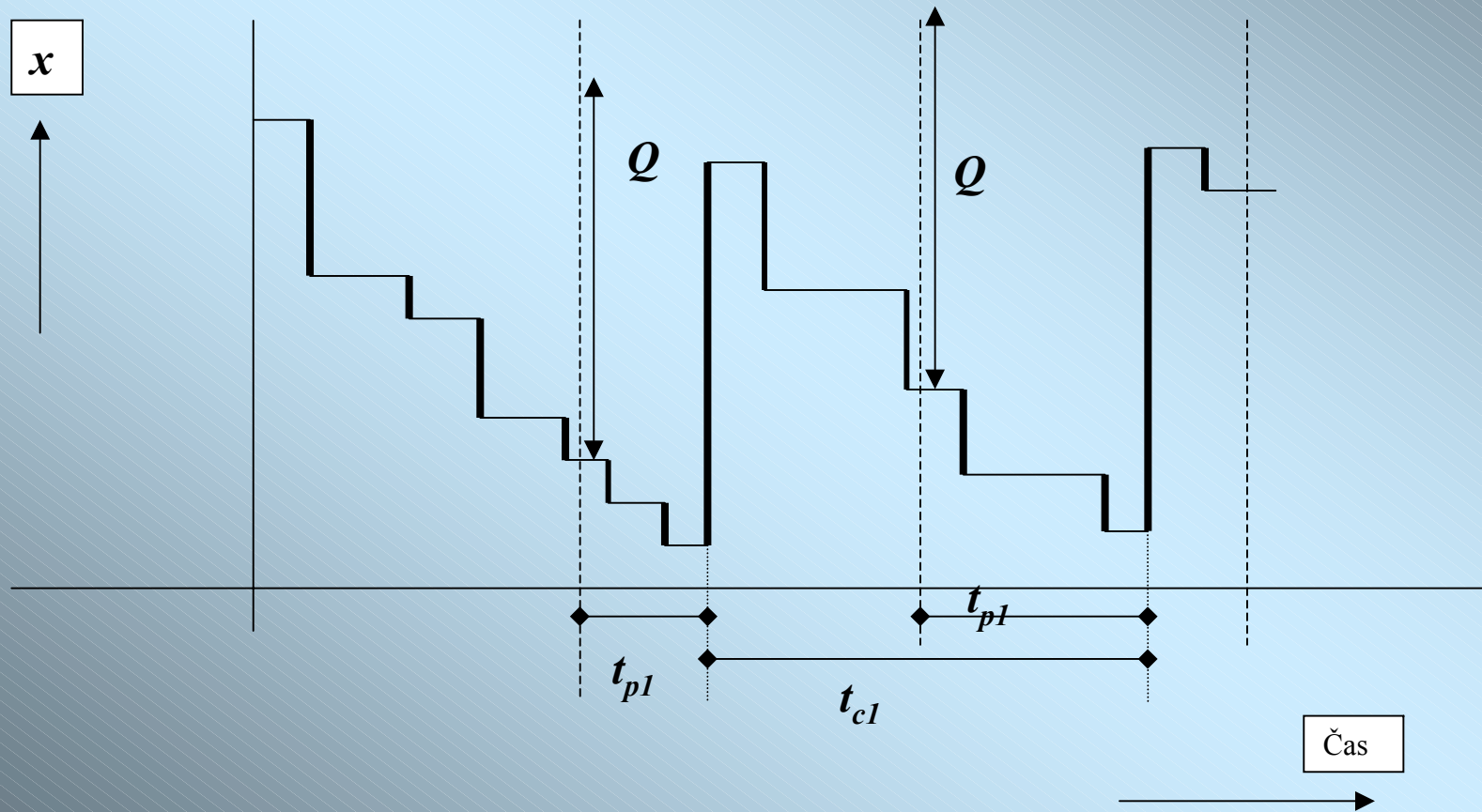
Q



Řízení zásob ve skladech

Metody doplňování stavu zásob ve skladech

P systém





Řízení zásob ve skladech

Metody doplňování stavu zásob ve skladech

Ps systém

Systemy s proměnnou velikostí doplňovací objednávky a pevným objednacím termínem

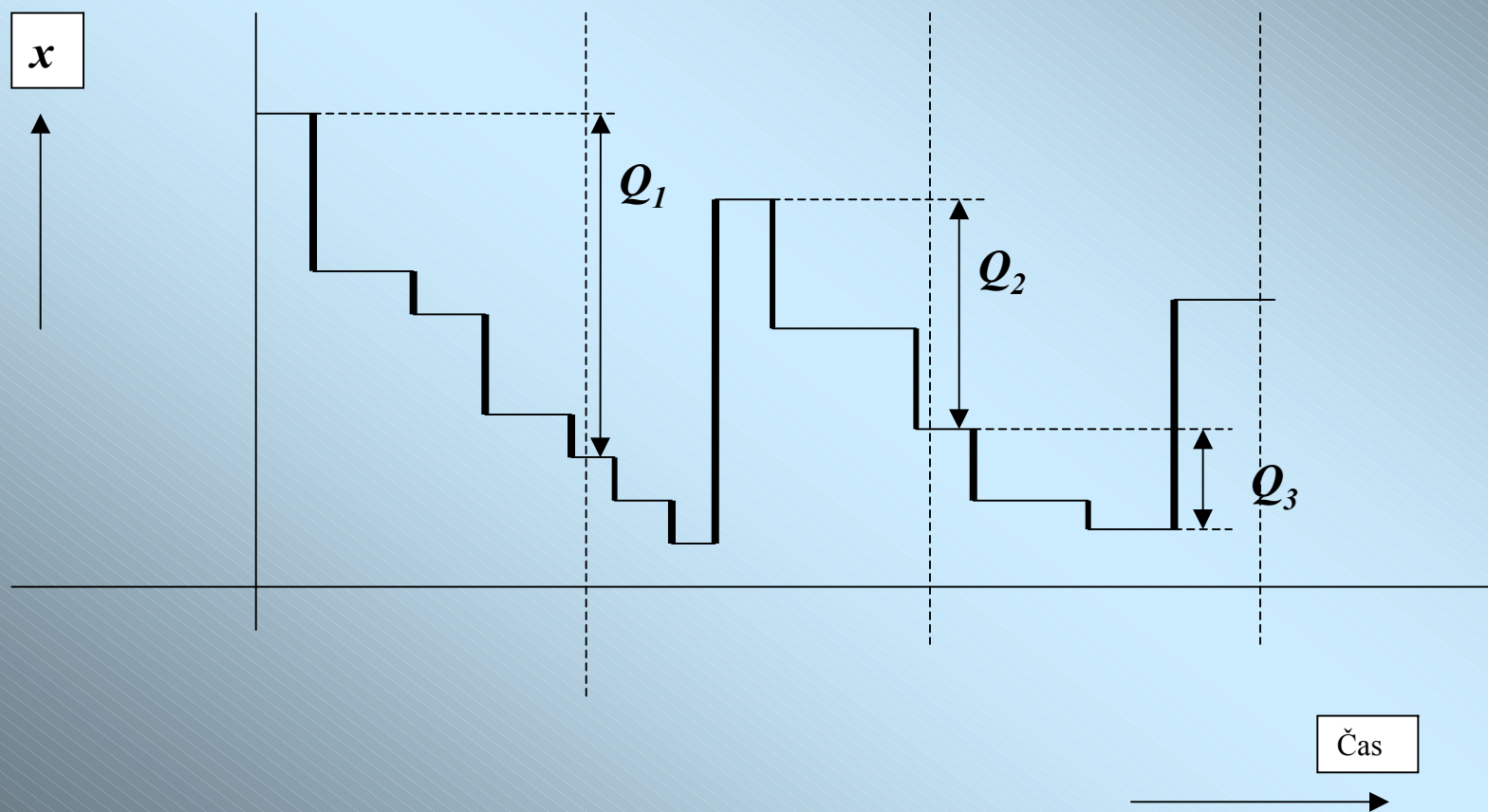
Objednává se v pevných termínech množství rovné spotřebě od poslední objednávky



Řízení zásob ve skladech

Metody doplňování stavu zásob ve skladech

Ps systém





Distribuce

Řízení zásob v distribučním řetězci

• Řízení zásob poptávkou

**Na každém stupni distribučního řetězce jsou vystavovány objednávky v okamžiku, kdy zásoba klesne pod objednáací mez
Velikost objednávky je většinou konstantní, někdy proměnná a optimální ve vazbě na distribuční náklady**

• *Předpoklady funkce:*

- **Všechny segmenty trhu jsou pro podnikatele rovnocenné**
- **Kapacity výrobní, přepravní skladovací jsou teoreticky neomezené**
- **Možnost pružných změn dodacích cyklů, velikosti dodávek**



Distribuce

Řízení zásob v distribučním řetězci

• Řízení zásob plánem DRP

Na základě předpovědi poptávky je sestaven podrobný plán dodávek v celém distribučním řetězci

• *Předpoklady funkce:*

- **Možnost detailní předpovědi poptávky na nejnižším distribučním stupni**
- **Možnost detailního sledování pohybu zboží na všech stupních distribučního řetězce**



Distribuce

Řízení zásob v distribučním řetězci

•Kombinované metody

Změny vnějších podmínek vyžadují adekvátní reakci v řízení zásob

•Změna strategie v čase:

•Výroba a distribuce potravin

•Období sklizně

•Řízení plánem

•Mimosezonní období

•Řízení poptávkou

•Změna strategie v prostoru:

•Nákup:

•Řízení plánem

•Dodávky výrobků:

•Řízení poptávkou



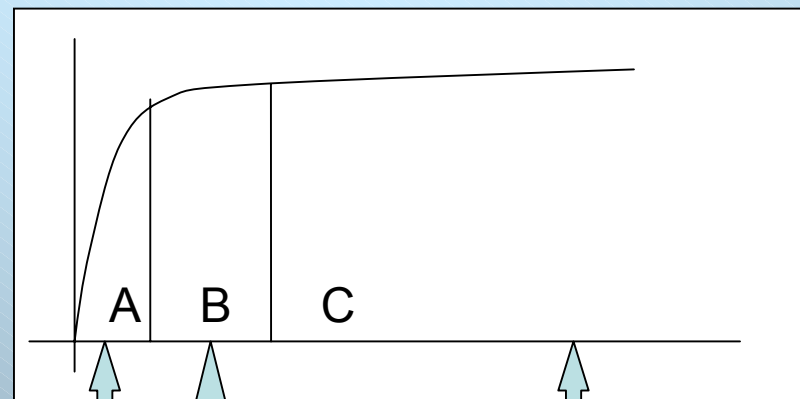
Distribuce

Řízení zásob v distribučním řetězci

•Kombinované metody

Změny vnějších podmínek vyžadují adekvátní reakci v řízení zásob

•*Změny podle segmentu trhu:*



•Řízení plánem

•Řízení poptávkou

•Kombinované řízení



Předpovědi poptávky

„Předpověď je jako sex ve společnosti: potřebujeme to, nemůžeme se bez toho obejít, každý to tím, nebo jiným způsobem dělá, ale nikdo si není jist, že správným způsobem“ *Plossel*

Předpověď poptávky je systematický postup vedoucí k odhadu velikosti poptávky na zvolené období opírající se o intuitivní, metodické, matematické a statistické metody.



„Budoucnost nelze předpovědět, budoucnost je třeba vytvořit!“



„Nejlepším zdrojem budoucnosti je minulost!“
(Byron)





Předpovědi poptávky

Vše, co podnikatel uskutečňuje je založeno na jeho odhadu - předpovědi - budoucího vývoje !

Dobrá předpověď = kombinace

intuice



zkušenosti



analýzy minulosti



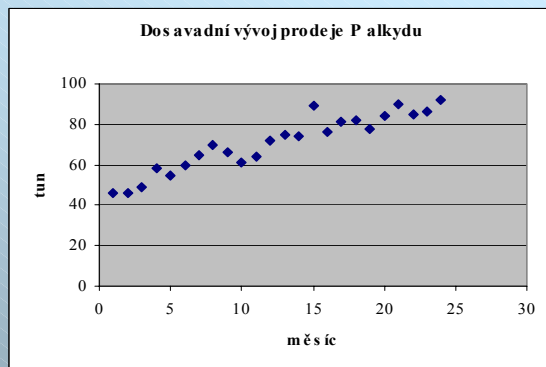


Předpovědi poptávky

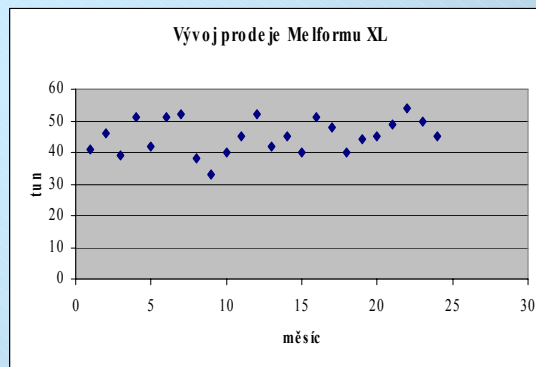
Základní typy časových řad

Basic groups of the time series

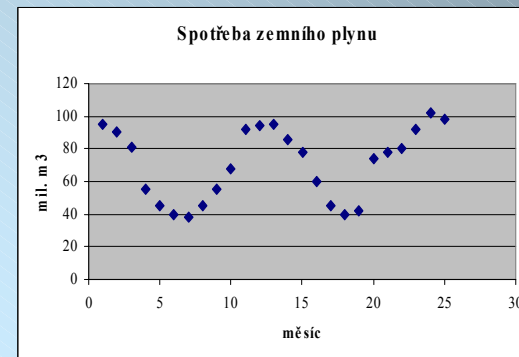
Poptávka s trendem
trend



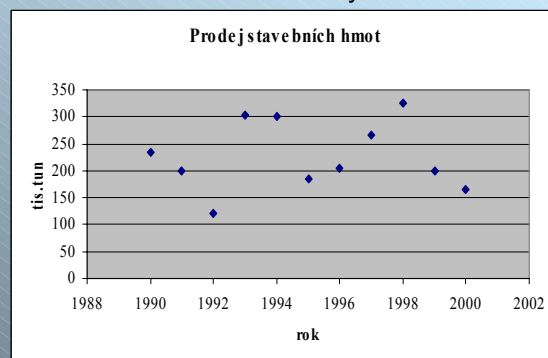
Stagnující poptávka
Stagnation



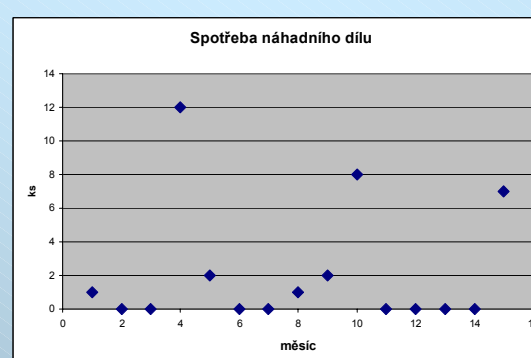
Sezónní poptávka
Seasonality



Cyklická poptávka
Periodicity



Sporadická poptávka
Intermittent demand





Předpovědi poptávky

1. Grafické metody

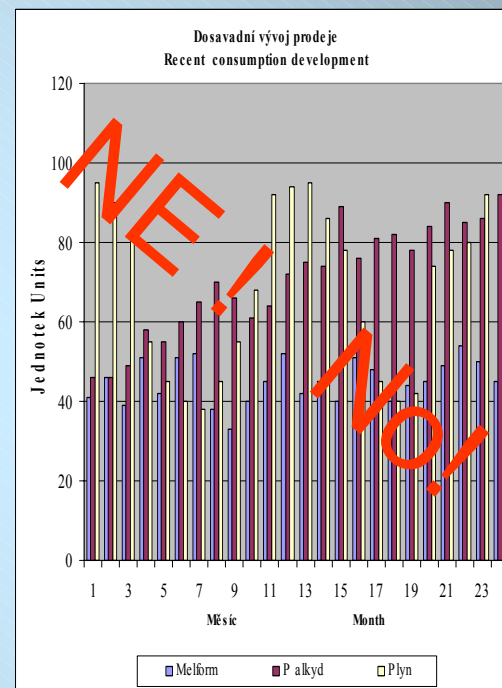
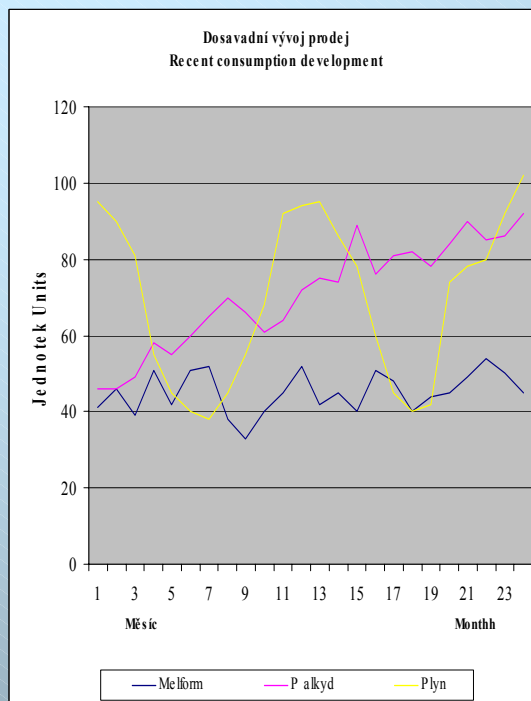
Graphical methods

- **Hodnoty jsou zobrazeny v přehledné, srozumitelné formě**
Data representation in the transparent and comprehensible form
- **Na malém prostoru lze znázornit velké množství údajů**
On the small space is possible to draw large amount of data
- **Přímo z grafu lze odhadnout trend vývoje**
Directly from the graph is possible to estimate a development trend
- **Z grafu jsou zřejmé anomálie ve vývoji**
Directly from the graph is possible to see trend anomalies
- **V grafu je možno srovnávat vývoj více veličin vedle sebe**
On the graphs is possible directly compare the development of more time series

Typ grafu

graph type

Bodové nebo spojnicové grafy !
Point or line graphs



Předpovědi poptávky

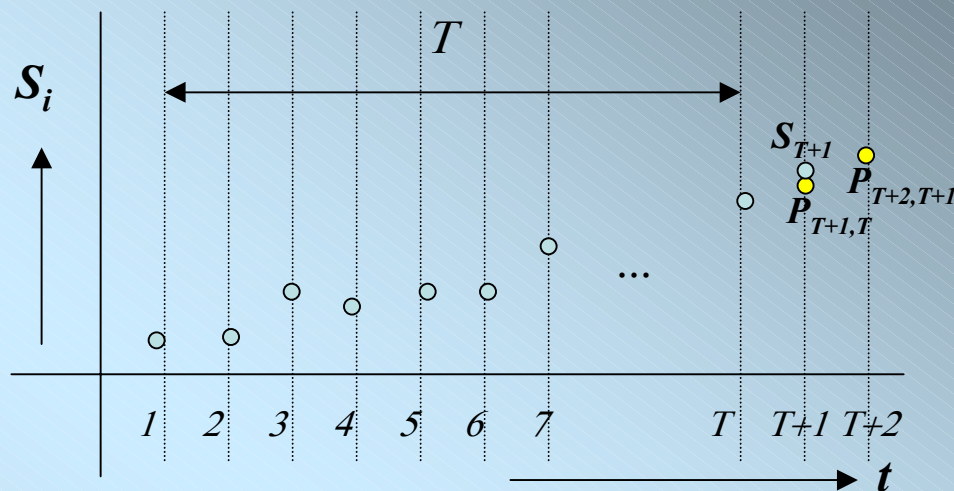
1. Metoda klouzavých průměrů

• Východiskem je časová řada dosavadního vývoje poptávky

Často je nahrazována řadou prodejů!

Předpověď uskutečněná v T -tém období na $T+1$.
 $P_{T+1,T}$

Nechť je skutečnost v $T+1$.
období S_{T+1} .
Předpověď na další $T+2$.
období bude rovna



$$P_{T+1,T} = \frac{\sum_{i=0}^{T-1} S_{T-i}}{T} = \frac{S_T + S_{T-1} + \dots + S_1}{T}$$

$$P_{T+2,T+1} = \frac{\sum_{i=0}^{T-1} S_{T+1-i}}{T} = \frac{S_{T+1} + S_T + \dots + S_2}{T}$$

$$P_{T+2,T+1} - P_{T+1,T} = \frac{1}{T} (S_{T+1} - S_1)$$



Předpovědi poptávky

1. Metoda klouzavých průměrů exponenciální vyrovnání

Metodika:

•Vyrovnáme nejdříve řadu známých hodnot $S_1 S_2 \dots S_T$:

•Odhad na 2.období

$$P'_{2,1} = (1 - \alpha)S_1 + \alpha S_1 = S_1$$

•Odhad na 3.období

$$P'_{3,2} = (1 - \alpha)P'_{2,1} + \alpha S_2 = (1 - \alpha)S_1 + \alpha S_2$$

•Odhad na 4.období

$$P'_{4,3} = (1 - \alpha)P'_{3,2} + \alpha S_3 = \alpha S_3 + (1 - \alpha)((1 - \alpha)S_1 + \alpha S_2) \\ = \alpha S_3 + \alpha(1 - \alpha)S_2 + (1 - \alpha)^2 S_1$$

•První předpověď na T+1.období bude rovna

$$P_{T+1,T} = (1 - \alpha)P'_{T,T-1} + \alpha S_T$$

$$P_{T+1,T} = \alpha S_T + \alpha(1 - \alpha)S_{T-1} + \alpha(1 - \alpha)^2 S_{T-2} \dots (1 - \alpha)^{T-1} S_1$$

Předpovědi poptávky

1. Metoda klouzavých průměrů exponenciální vyrovnání

Vzhledem k tomu, že se α pohybuje v intervalu $(0, 1)$ je zřejmé, že při tomto postupu dáváme při odhadu největší váhu historicky nejmladším hodnotám a nejmenší váhu hodnotám nejstarším. Koeficienty při hodnotách S_t splňují požadavek na váhy- jejich suma je rovna jedné, jak se můžeme přesvědčit např. na našem příkladě řady 3 historických hodnot:

$$\alpha + \alpha(1 - \alpha) + (1 - \alpha)^2 = \alpha + \alpha - \alpha^2 + 1 - 2\alpha + \alpha^2 = 1$$

U řad vykazující trend klasické metody klouzavých úhrnů zaostávají předpovědi za trendem

2. Metoda klouzavých průměrů exponenciální vyrovnání – úprava pro řady s trendem

Jako další kritérium je používána
diference mezi po sobě jdoucími obdobími

$$d_T = S_T - S_{T-1}$$

a časovou řadu vyrovnáváme včetně
diferencí podle vztahů

$$P'_{T+1,T} = (1 - \alpha)(P'_{T,T-1} + d'_{T-1}) + \alpha S_T$$

$$d'_T = (1 - \beta)d_{T-1} + \beta(P'_{T+1,T} - P'_{T,T-1})$$

kde β je opět koeficient volený v intervalu
 $(0, 1)$ první diference bude $S_2 - S_1$

a první předpověď na $T+1$. období bude
rovna

$$P_{T+1,T} = P'_{T,T-1} + d'_{T-1}$$

Předpovědi poptávky



2. Metoda klouzavých průměrů exponenciální vyrovnaní – úprava pro řady s trendem

Metodika:

•Vyrovnáme nejdříve řadu známých hodnot $S_1 S_2 \dots S_T$ od 3. období

•Odhad pro 2.období

$$P'_{2,1} = S_2$$

•První diference bude $d'_1 = S_2 - S_1$

•Odhad pro 3. období

$$P'_{3,2} = (1 - \alpha)(P'_{2,1} + d'_1) + \alpha S_3$$

$$d'_2 = (1 - \beta)d'_1 + \beta(P'_{3,2} - P'_{2,1})$$

atd.



Předpovědi poptávky

3. Regresní analýza

Vyrovnnání časové řady vhodně volenou křivkou metodou nejmenších čtverců

$$(a, b_i) = \arg \min_{a, b_i} \sum_{t=1}^T (S_t - P'_t)^2$$

Používané křivky:

$$P' = a + b_1t + b_2t^2 + \dots + b_kt^k$$

Polynom *t-tého* stupně

nejčastěji

$$P' = a + b_1t$$

přímka

$$P' = a + b_1t + b_2t^2$$

kvadratická funkce

$$P' = a \cdot b^t \quad P' = a \cdot e^{bt}$$

exponenciální funkce

Pro výpočty lze využít nástrojů Excelu: LINTREND, LINREGRESE, LOGLINREGRESE ...



Předpovědi poptávky

3. Regresní analýza

Vhodnost použitých křivek je třeba otestovat, kritéria výběru:

Korelační index:

$$I^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^T (S_i - P'_i)^2}{\sum_{i=1}^T (S_i - \bar{S})^2}$$

P' ... vyrovnané hodnoty
S ... skutečné hodnoty
T ... délka časové řady

Protože testujeme stejnou řadu hodnot stačí jako kritérium jen číselník zlomku:

$$s_{S,t}^2 = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (S_i - P'_i)^2$$

Vzhledem k tomu, že s rostoucím počtem stupňů volnosti automaticky roste i hodnota těchto ukazatelů bez ohledu na to, zda jde opravdu o vhodnější křivku, doporučují se jiné míry.

Schwarzovo kritérium

$$SIC = T^{\frac{k}{T}} \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (S_i - P'_i)^2$$

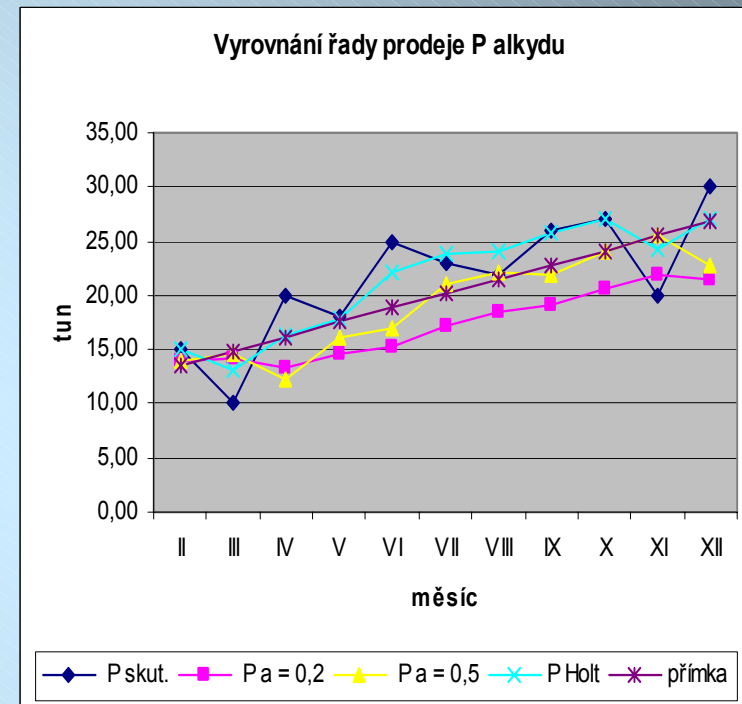
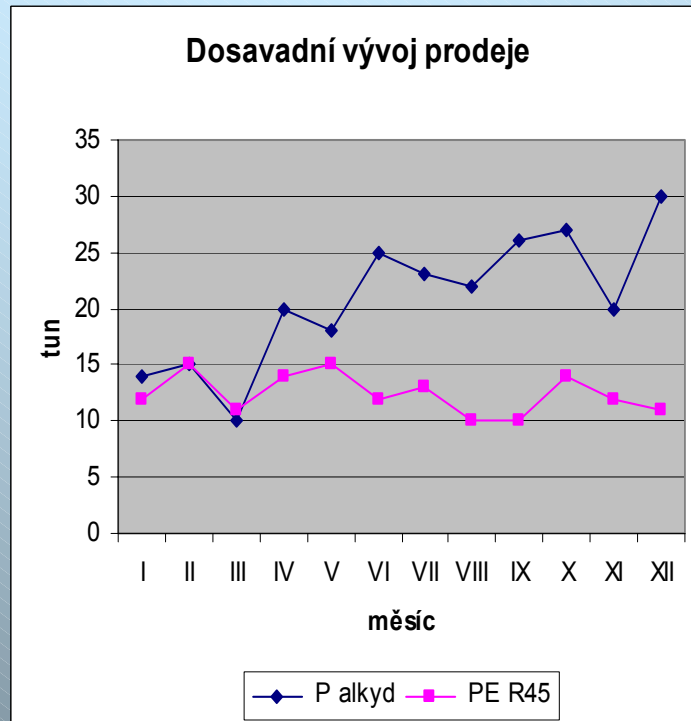
Akaikovo kritérium

$$AIC = \exp \frac{2k}{T} \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (S_i - P'_i)^2$$



Předpovědi poptávky

Ilustrace





Předpovědi poptávky

Ilustrace

Mesíc	Skutečná poptávka		Exponenciální vyrovnaní				Holtova metoda		Vyrovnaní přímkou
							0,5	0,4	
			0,2		0,5		P alkyd		
P alkyd	PE R45	P alkyd	PE R45	P alkyd	PE R45	P´	d´		
I	14	12							
II	15	15	14,00	12	14,00	12	15	1,00	13,53
III	10	11	14,20	12,60	14,50	13,50	13,00	-0,20	14,85
IV	20	14	13,36	12,28	12,25	12,25	16,40	1,24	16,18
V	18	15	14,69	12,62	16,13	13,13	17,82	1,31	17,51
VI	25	12	15,35	13,10	17,06	14,06	22,07	2,49	18,84
VII	23	13	17,28	12,88	21,03	13,03	23,78	2,18	20,17
VIII	22	10	18,42	12,90	22,02	13,02	23,98	1,39	21,50
IX	26	10	19,14	12,32	22,01	11,51	25,68	1,51	22,83
X	27	14	20,51	11,86	24,00	10,75	27,10	1,47	24,16
XI	20	12	21,81	12,29	25,50	12,38	24,29	-0,24	25,48
XII	30	11	21,45	12,23	22,75	12,19	27,02	0,95	26,81

Výpočet pomocí funkce LINTREND (Excel)

$$12,25 = (1 - 0,5) * 13,5 + 0,5 * 11$$

$$23,78 = (1 - 0,5) * (22,07 + 2,49) + 0,5 * 23$$

$$1,47 = (1 - 0,4) * 1,51 + 0,4 * (27,1 - 25,68)$$

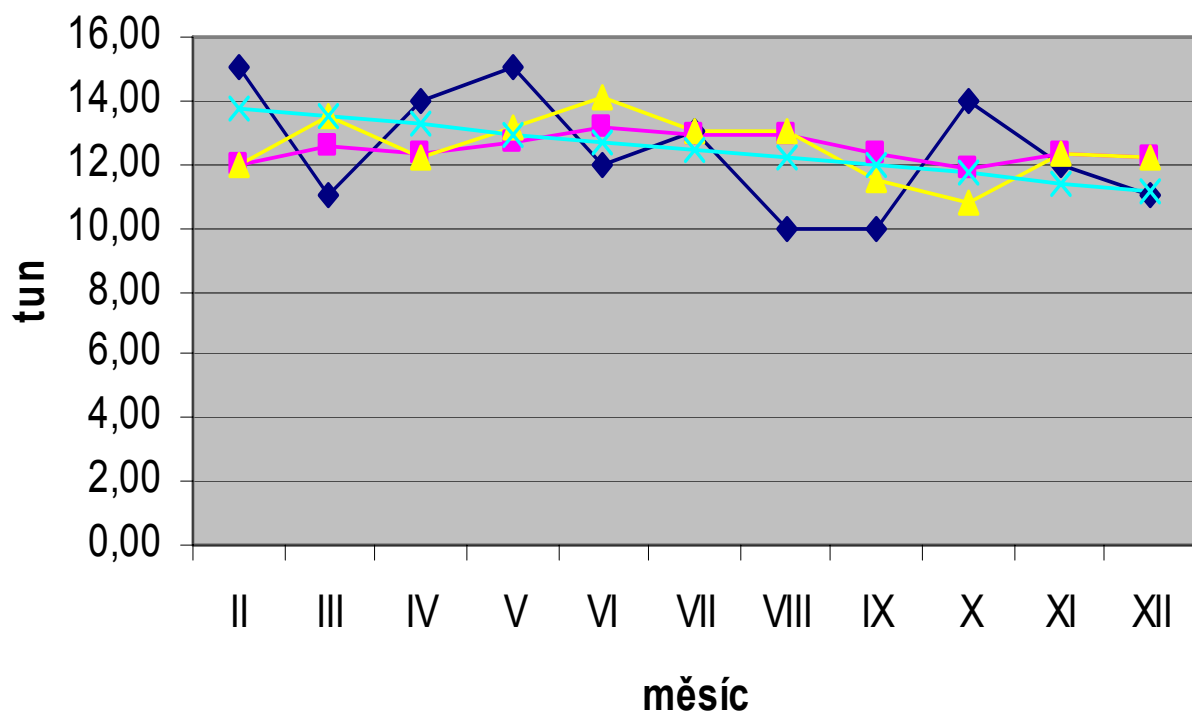


Předpovědi poptávky

Ilustrace

PE R45

Vyrovnaní PE



—◆— PE skut —■— PE a=0,2 —▲— PE a=0,5 —×— PE primka



Předpovědi poptávky

Ilustrace

Mesíc	Skutečná poptávka	Exponenciální vyrovnání		Vyrovnání přímkou
	PE skut	PE $\alpha=0,2$	PE $\alpha=0,5$	PE primka
II	15,00	12,00	12,00	13,73
III	11,00	12,60	13,50	13,47
IV	14,00	12,28	12,25	13,22
V	15,00	12,62	13,13	12,96
VI	12,00	13,10	14,06	12,71
VII	13,00	12,88	13,03	12,45
VIII	10,00	12,90	13,02	12,20
IX	10,00	12,32	11,51	11,95
X	14,00	11,86	10,75	11,69
XI	12,00	12,29	12,38	11,44
XII	11,00	12,23	12,19	11,18

Výpočet pomocí funkce LINTREND (Excel)

$$13,13 = (1-0,5)*12,25+0,5*14$$



Předpovědi poptávky

Metody

2. Metoda klouzavých průměrů exponenciální vyrovnání – úprava pro řady se sezónními výkyvy

Problém volby délky s časové řady historických hodnot:

! řada hodnot musí být alespoň tak dlouhá, aby zachytila sezónnost !

Řad může být více

Příklady:

Spotřeba zemního plynu kolísá během roku – délka časové řady alespoň $s = 12$ měsíců

Spotřeba pohonných hmot v krátkodobém časovém horizontu kolísá během týdne
– délka časové řady alespoň $s = 7$ dnů

Spotřeba elektřiny výrazně kolísá během dne – délka časové řady alespoň $s = 24$ hodin



Předpovědi poptávky

Metody

2. Metody klouzavých průměrů – úprava pro řady se sezónními výkyvy

Navíc jsou používány ještě sezónní indexy

$$I_T = \frac{S_T}{\sum_{i=1}^s S_i / s}$$

kde s je délka sezónní řady

a časovou řadu vyrovnáváme včetně diferencí a indexů podle vztahů

$$P'_{T+1,T} = (1 - \alpha)(P'_{T,T-1} + d'_{T-1}) + \alpha \frac{S_{T+1}}{I_{T+1-s}} \quad (1)$$

$$d'_T = (1 - \beta)d'_{T-1} + \beta(P'_{T+1,T} - P'_{T,T-1}) \quad (2)$$

$$I_{T+1} = \gamma \frac{S_T}{P'_{T+1,T}} + (1 - \gamma)I_{T+1-s} \quad (3)$$

kde γ je opět koeficient volený v intervalu $(0, 1)$



Předpovědi poptávky

Metody

2. Metody klouzavých průměrů – úprava pro řady se sezónními výkyvy

Předpověď na dalších např. k -té období dostaneme podle vztahu

$$P_{T+i} = (P'_{T-1,T-2} + id'_{T-1})I_{T+i-s} \quad \text{pro } i = k \quad (4)$$

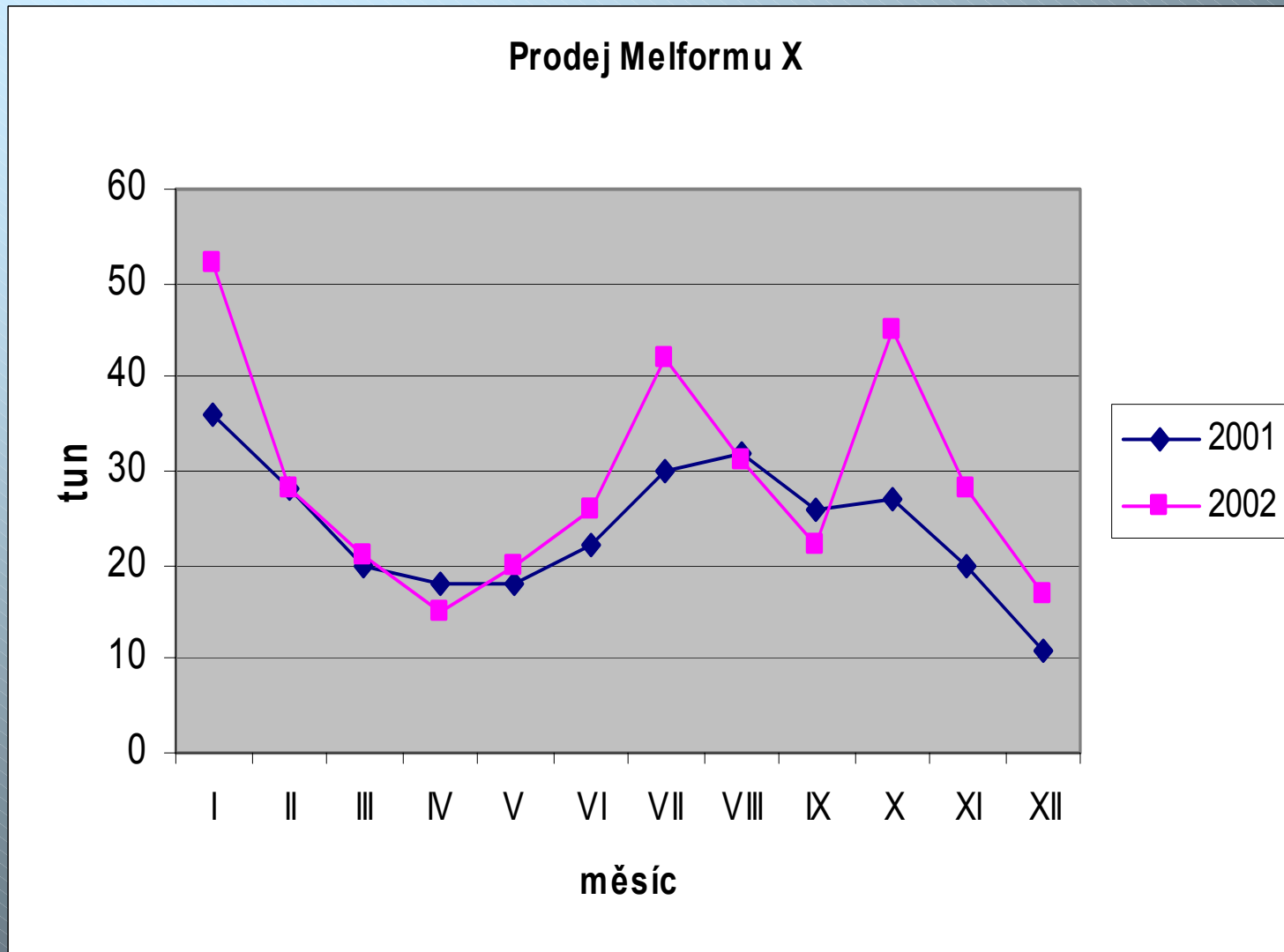
Metodika:

- Vypočteme sezónní indexy v každé sezónní řadě a pro každé období vypočteme jejich průměr
- Odhadneme první diferenci jako rozdíl průměrných spotřeb posledních dvou sezón dělený délkou sezóny
- Odhadneme vyrovnaný centrovaný klouzavý průměr pro poslední období poslední sezóny jako průměr poslední sezóny plus násobek odhadnuté průměrné difference
- Vypočteme vyrovnané klouzavé průměry podle vztahů (1) (2) a (3)
- Podle vztahu (4) vypočteme předpověď pro další sezónu



Předpovědi poptávky

Ilustrace





Předpovědi poptávky

$$0,41 = (28,92 - 24) / 12$$

$$-0,71 = 0,3*(25,36 - 27,78) + (1 - 0,3)*(-0,46)$$

$$22,33 = 0,78*(29,09 - 0,46)$$

$$31,17 = 28,92 + 5,5*0,41$$

$$27,78 = 0,5*(21 / 0,78) + 0,5*(29,09 - 0,46)$$

$$12,8 = (25,36 - 1,23*4)*0,63$$

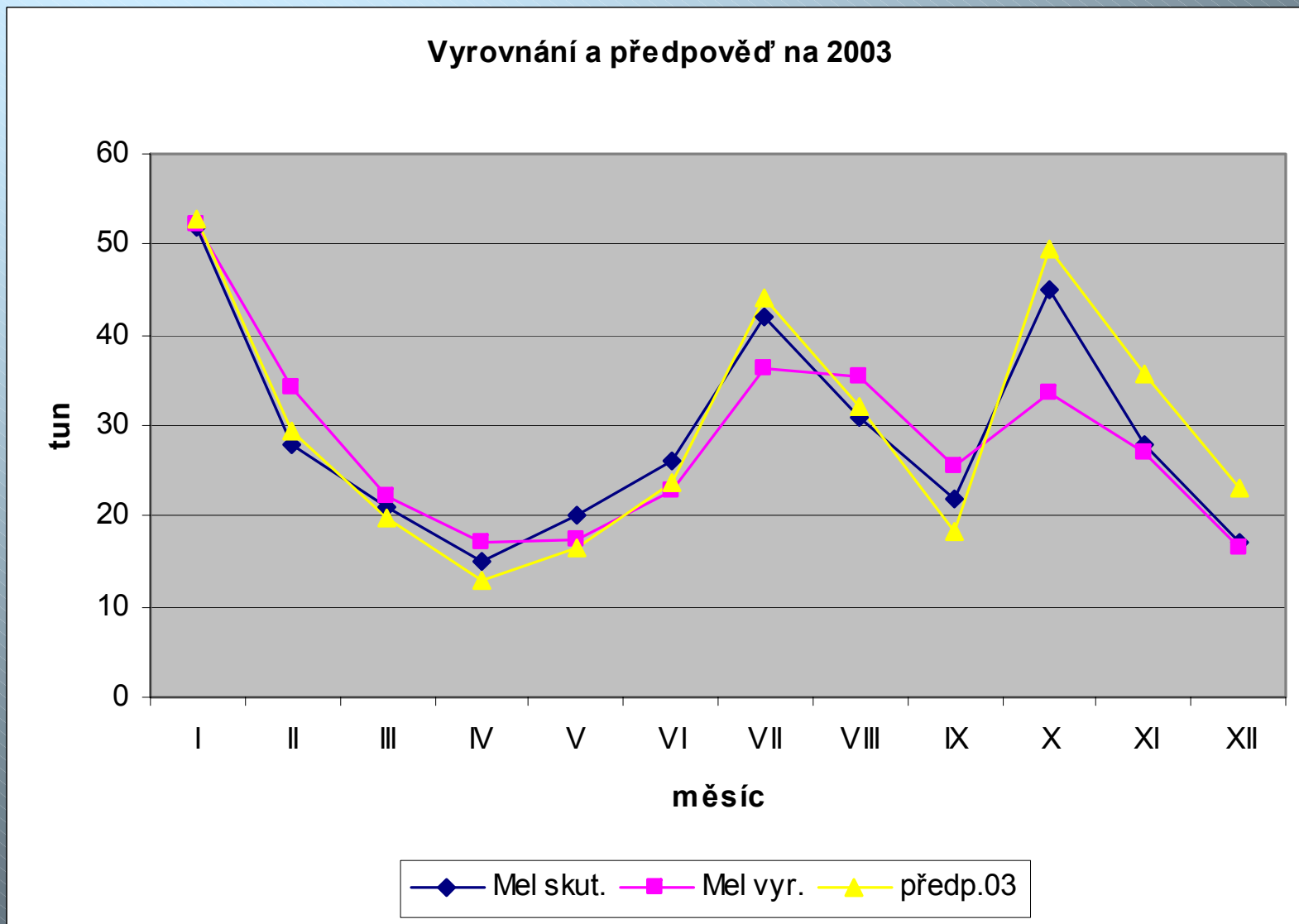
Mesíc	Skutečná poptávka		Vyrovnaní Holt-Winters							predpověď spotřeby Melform X20	k
	Melform X20 rok	Výpočet sezónních indexů				centrovaný klouzavý průměr pro 12/2002	vyrovnaní 2002				
				průmerný v měsíci	α		β	γ			
		2001	2002						P'		
	2001	2002	2001	2002	I	31,17					
I	36	52	1,50	1,80	1,65	31,56	52,08	0,40	1,65	52,70	1
II	28	28	1,17	0,97	1,07	29,09	34,11	-0,46	1,05	29,49	2
III	20	21	0,83	0,73	0,78	27,78	22,33	-0,71	0,77	19,88	3
IV	18	15	0,75	0,52	0,63	25,36	17,17	-1,23	0,63	12,80	4
V	18	20	0,75	0,69	0,72	25,94	17,39	-0,68	0,73	16,46	5
VI	22	26	0,92	0,90	0,91	26,95	22,93	-0,18	0,92	23,80	6
VII	30	42	1,25	1,45	1,35	28,93	36,17	0,47	1,37	44,18	7
VIII	32	31	1,33	1,07	1,20	27,59	35,35	-0,07	1,19	32,05	8
IX	26	22	1,08	0,76	0,92	25,69	25,37	-0,62	0,91	18,27	9
X	27	45	1,13	1,56	1,34	29,32	33,60	0,65	1,38	49,47	10
XI	20	28	0,83	0,97	0,90	30,53	27,00	0,82	0,90	35,77	11
XII	11	17	0,46	0,59	0,52	31,92	16,40	0,99	0,52	23,02	12
suma	288	347	12,00	12,00	12,00	340,64	339,91	-0,61	12,02	357,86	
prum.	24	28,92	1	1	1	28,39	28,33		1,00	29,82	

$$0,52 = 0,2*(17 / 31,92) + (1 - 0,2)*0,52$$



Předpovědi poptávky

Metody





Předpovědi poptávky

Metody

Regresní analýza, vyrovnání přímkou $P = (0,159 \cdot t + 24,46) \cdot I_t$

$$24,62 = 24,46 + 0,159 \cdot 1 \text{ (první měsíc)}$$

$$1,13 = 28 / 24,62$$

$$1,71 = (1,46 + 1,96) / 2$$

$$48,68 = (24,46 + 0,159 \cdot 25) \cdot 1,71$$

Mesíc	Spotřeba 2001	Vyrovnaní přímkou	Indexy 2001 v měsíci	Spotřeba 2002	Vyrovnaní přímkou	Indexy 2002 v měsíci	Por. číslo měsíce rok 2003	Indexy průmerné v měsíci	Předpověd prodeje 2003
I	36	24,62	1,46	52	26,54	1,96	25	1,71	48,68
II	28	24,78	1,13	28	26,70	1,05	26	1,09	31,17
III	20	24,94	0,80	21	26,86	0,78	27	0,79	22,78
IV	18	25,10	0,72	15	27,02	0,56	28	0,64	18,40
V	18	25,26	0,71	20	27,18	0,74	29	0,72	21,07
VI	22	25,42	0,87	26	27,34	0,95	30	0,91	26,57
VII	30	25,58	1,17	42	27,50	1,53	31	1,35	39,71
VIII	32	25,74	1,24	31	27,66	1,12	32	1,18	34,95
IX	26	25,90	1,00	22	27,81	0,79	33	0,90	26,68
X	27	26,06	1,04	45	27,97	1,61	34	1,32	39,52
XI	20	26,22	0,76	28	28,13	1,00	35	0,88	26,41
XII	11	26,38	0,42	17	28,29	0,60	36	0,51	15,37



Předpovědi poptávky

Metody

