

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ
UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA METALURGIE A MATERIÁLOVÉHO
INŽENÝRSTVÍ**

STUDIJNÍ OPORA

Název opory/předmětu: Management procesů

Autor: Darja Noskievičová

Katedra: 639

Ostrava, 2013

ÚVOD

Tato studijní opora je určena pro studium předmětu „Management procesů“, který je vyučován v rámci oboru Management jakosti navazujícího magisterského studia na Fakultě metalurgie a materiálového inženýrství. Je určena zejména studentům kombinované formy studia, ale poskytne informace i studentům prezenční formy. Předmět „Management procesů“ navazuje na předmět bakalářského studia „Systémy managementu jakosti I“. Je zaměřen na procesní přístup, věcnou, časovou a prostorovou strukturu procesů, normativní základnu podniku, operativní plánování výroby, moderní systémy řízení výroby, problematiku údržby, systému identifikovatelnosti a sledovatelnosti výrobků, otázky kontrolních činností. Předmět seznámí studenty také s vybranými metodami operačního výzkumu (lineárním programováním a systémy hromadné obsluhy). Úspěšné zvládnutí předmětu „Management procesů“ předpokládá také samostudium doplňkových témat, specifikovaných v rámci jednotlivých kapitol této studijní opory v části „Témata doplňkového samostudia“. Samostudium doplňkových témat předpokládá vyhledání informací k jejich zvládnutí v dalších zdrojích.

Všechny kapitoly mají tyto části:

- ◆ Členění kapitoly;
- ◆ Čas potřebný ke studiu;
- ◆ Cíl;
- ◆ Výklad;
- ◆ Shrnutí pojmů;
- ◆ Otázky;
- ◆ Literatura k dalšímu studiu.

Většina kapitol ještě obsahuje část

- ◆ Témata doplňkového samostudia.

1. PROCESY

Členění kapitoly

Čas potřebný ke studiu

Cíl

Výklad

Shrnutí pojmů

Otázky

Literatura k dalšímu studiu

Témata doplňkového samostudia



Čas potřebný ke studiu: 480 minut

Cíl: Při studiu této kapitoly



- pochopíte podstatu procesně řízené organizace a přínos tohoto přístupu;
- uvědomíte si rozdíl mezi procesní strukturou a klasickou funkcionální strukturou;
- seznámíte se s různými přístupy k členění procesů;
- poznáte různé metody a nástroje identifikace, modelování a popisu procesů;
- osvojíte si potřebné kroky procesního managementu.



Výklad

Proces

– soubor činností, které vyžadují jeden nebo více druhů vstupů a tvoří výstup, který má pro zákazníka hodnotu.

- řetězec činností, ve kterém se materiál mění na produkt

Definování procesů a procesní organizace podniku

- základem, který je potřebné definovat již ve fázi projektování. Nejsou-li procesy jasně definované, není-li známo, kolik času a zdrojů je na jednotlivé procesy třeba, těžko je

lze plánovat, řídit, udržet ve stabilním stavu, ekonomicky vyhodnotit a dále je zlepšovat,

Struktura procesů (věcná, prostorová, časová), jejich vzájemné vazby
- maximálně jednoduché, zbavené všeho zbytečného.

Hlavní cíl

- daný objekt (materiál, objednávka) musí projít přes procesy co nejrychleji, při dodržení předepsaných norem a minimálních nákladech.

Základ projektování, plánování, řízení, kalkulací, zlepšování

- správné měření – nutnost existence norem, zejména v oblasti práce.

Proces je vymezen: - dodavateli a odběrateli

- produktem
- parametry obsluhovaných (transformovaných) prvků
 - parametry obslužných prvků (prvky, realizující transformaci či ji napomáhající)
- postupy a parametry transformace

1.1 Procesní přístup

- Systematická identifikace a řízení procesů používaných v organizaci a jejich vzájemných vztahů
- řízení organizace v novém pojetí
- Veškeré procesy v organizaci se odvíjejí od požadavků zákazníků a jiných zainteresovaných stran
- Úspěšnost organizace se měří mírou spokojenosti zainteresovaných stran

- Vlastní uspořádání činností organizace je rozčleněno na jednotlivé rozhodující a pomocné procesy, které jsou řízeny vedením organizace.
- Vedení zajišťuje a řídí nezbytné zdroje pro procesy.
- Současně je prováděno měření a analýza a z jejich výsledků jsou přijímána opatření pro zlepšování procesů.

1.1.1 Metodika realizace procesního přístupu

- Identifikace a popis procesů
- Definování cílů a užitku
- Stanovení výsledků procesů a jejich kvantifikace (stanovení opatření a měřených veličin)
- Analýza dosahovaných hodnot
- Předefinování opatření, popř. i měřených veličin
- Zlepšování procesu

1.1.2 Identifikace a popis procesů v organizaci

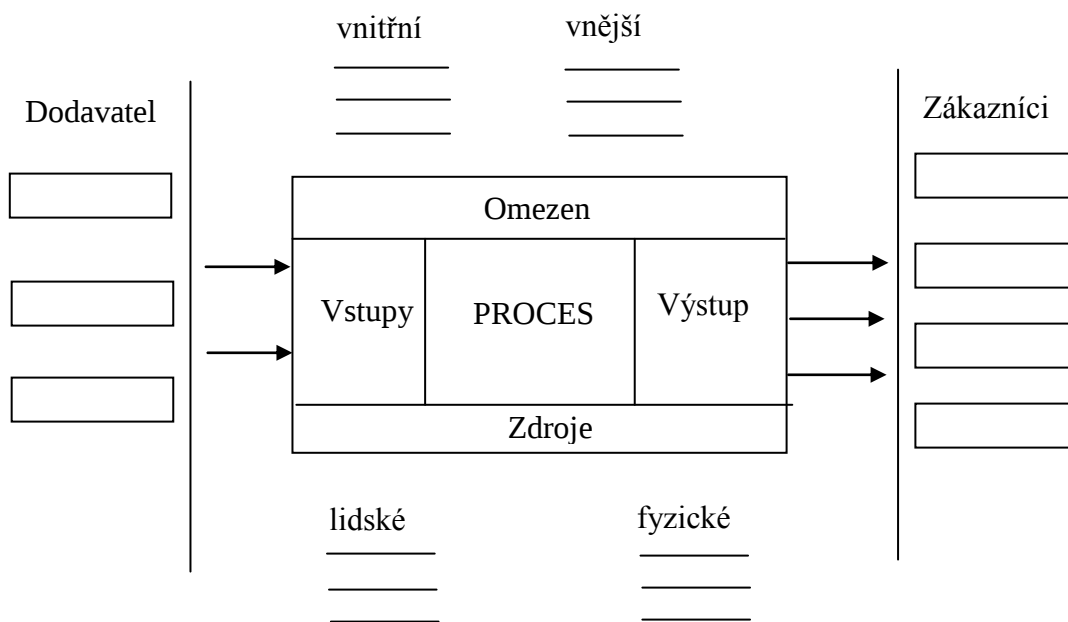
- Mapa procesů
- Funkční diagram procesu
- Vývojové diagramy s vyznačením bodů měření procesu

Identifikace procesů:

Otázky:

- Jaké zkušenosti s námi má zákazník (potřeby zákazníků)?
- Jaké zkušenosti s námi mají dodavatelé (potřeby dodavatelů)?
- Kdo se účastní procesu interně?
- Jaké je optimální pořadí jednotlivých kroků v rámci procesu?
- Známe procesy na straně dodavatelů?
- Jak, kdo a co se v tomto procesu měří?
- Kdo za celý proces odpovídá („vlastník procesu“)?

Popis procesu



Obr. 1.1 Základní model procesu

1.1.3 Členění procesů

1. Podle vazby na strukturu organizace

- horizontální procesy (QFD, realizace zakázky)
- vertikální (nákup, návrh technologie)
- individuální (svažování, servis)

2. *Podle rozsahu*

- proces (nákup)
- subprocess (výběr dodavatelů)
- činnost (vedení databáze dodavatelů)

3. *Podle priorit*

- klíčové procesy (orientace na zákazníka)
- vedlejší procesy (obsluha procesů klíčových)

4. *Dle ISO/DIS 9004:2000*

- realizační, přidávající hodnotu (výroba, návrh, nákup)
- podpůrné (logistika, kontrola, plánování, finanční řízení, personalistika, management informací)

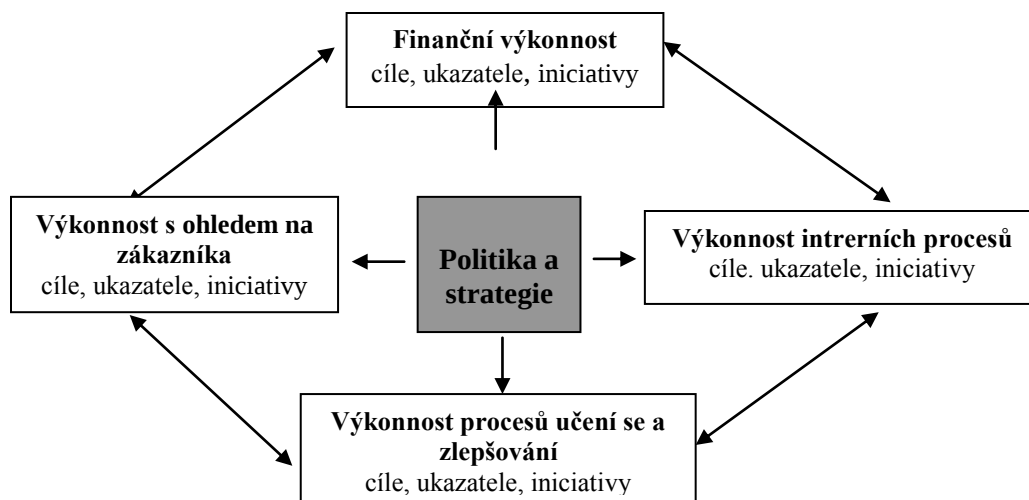
1.2 Výběr kritických procesů – přístupy

A. *Podle kritických faktorů úspěšnosti*

- tým managerů vybere max. 8 faktorů úspěšnosti firmy a k nim přiřadí relevantní procesy

B. *Pomocí metody vyvažování výkonnosti (Balance Scorecard – BCS)*

- pro každou ze 4 dimenzí výkonnosti se definují cíle, ukazatele a iniciativy a sleduje se jejich vzájemná vazba,
- procesy, které vytvářejí nevyváženosti ve výkonnosti, jsou definovány jako kritické.



Obr. 1.2 Princip metody vyvažování výkonnosti

C: Pomocí výběrových kritérií

- tým manažerů vybere max. 6 kritérií, např.
 - vliv na tvorbu cash-flow
 - vliv na míru spokojenosti zákazníka
 - významnost problémů spojených s procesem
 - objem zdrojů nutných pro proces
- stejný tým zpracuje seznam 25 až 30 firemních procesů
- vhodným způsobem se ohodnotí vliv těchto procesů na zvolená kritéria (velmi významný, významný, bezvýznamný)
- podle hodnocení se vybere soubor kritických procesů



Shrnutí pojmů

Po prostudování kapitoly by vám měly být jasné následující pojmy:

- proces
- procesní struktura
- model SIPOC
- procesní přístup
- management procesů
- mapa procesů
- členění procesů



Literatura k dalšímu studiu

- [1] Nenadál, J. a kol.: Metody a procesy měření v systémech managementu jakosti. VŠB-TU: Ostrava, 2002.
- [2] Šmída, F.: Zavádění a rozvoj procesního řízení ve firmě. Grada: Praha, 2007.
- [3] Řepa, V.: Podnikové procesy. Procesní řízení a modelování. 2. vyd., Grada: Praha, 2007.
- [4] Řepa, V.: Procesně řízená organizace. Grada: Praha, 2012.



Témata doplňkového samostudia

- různé definice procesu
- procesní management
- mapování procesů
- model SIPOC
- typy a formy organizační struktury
- současné trendy v managementu

2. PRODUKČNÍ SYSTÉMY

Členění kapitoly

Čas potřebný ke studiu

Cíl

Výklad

Shrnutí pojmů

Otázky

Literatura k dalšímu studiu

Témata doplňkového samostudia



Čas potřebný ke studiu: 240 minut



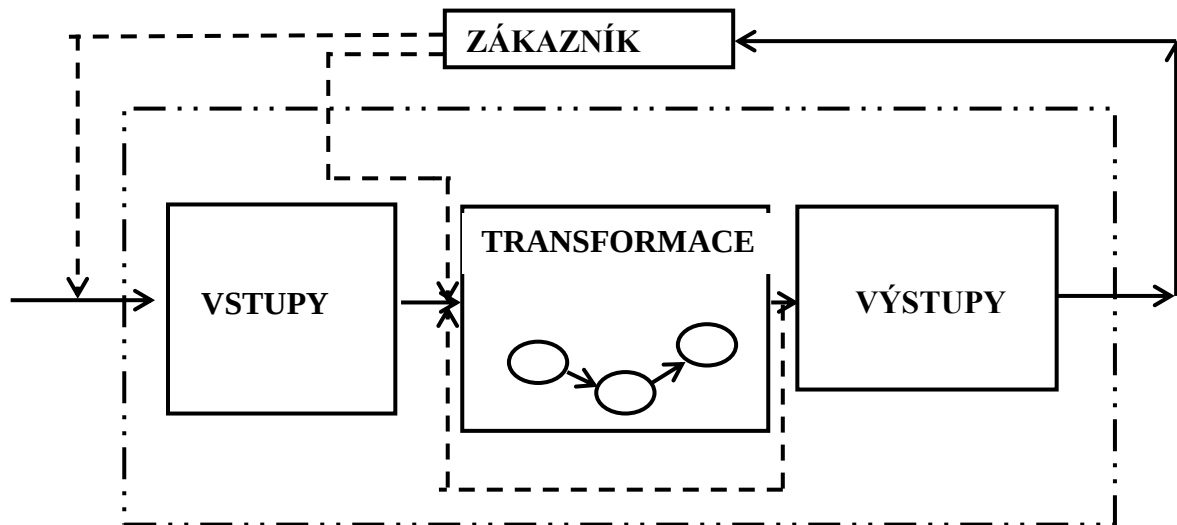
Cíl: Při studiu této kapitoly

- si ujasníte rozdíl mezi produkčním a výrobním systémem;
- seznámíte se s funkcemi výrobního podniku;
- seznámíte se s hlavním obsahem strategického, taktického a operativního řízení;
- seznámíte se se třemi dimenzemi struktury výrobního procesu (věcnou, časovou a prostorovou) a jejich základní charakteristikou;
- prostudujete obecné vlastnosti výrobních systémů;
- seznámíte se se základními pojmy z oblasti automatizace výrobních systémů;
- seznámíte se s fázemi životního cyklu výrobního systému



Výklad

Produkční systém je zobrazen na obr. 2.1.



Obr. 2.1 Zobrazení produkčního systému

Vysv.: ————— hmotné toky (podoba pohybu nebo čekání)
----- informační toky (informace o požadavcích a
spokojenosti zákazníků, informace o procesu a jeho
výsledku)

Produkční systém - prvky a vazby pro realizaci procesu (statický pohled na proces)

Produkční funkce - činnosti, při kterých dochází k transformaci vstupů na požadované výstupy

Činnosti - výrobní (hmotné výstupy)
- nevýrobní (výstup: nehmotné služby)

Výrobní proces - transformace hmotných vstupů (suroviny, materiálu) ve hmotný produkt

Výrobní systém - prvky a vazby pro realizaci výrobního procesu (statický pohled na výrobní proces)
- subsystém podnikového systému

Funkce výrobního podniku

- výrobní
- zásobovací
- odbytová
- inovační
- sociální
- ekologická
- ekonomická
- správní

Výrobní funkce - jedna ze základních hodnototvorných funkcí výrobního podniku
- propojení odbytového a nákupního trhu

Funkce vč. fyzického procesu transformace je nutné usměrňovat - *řídít*, aby bylo dosaženo cíle - tj. produktů požadované jakosti

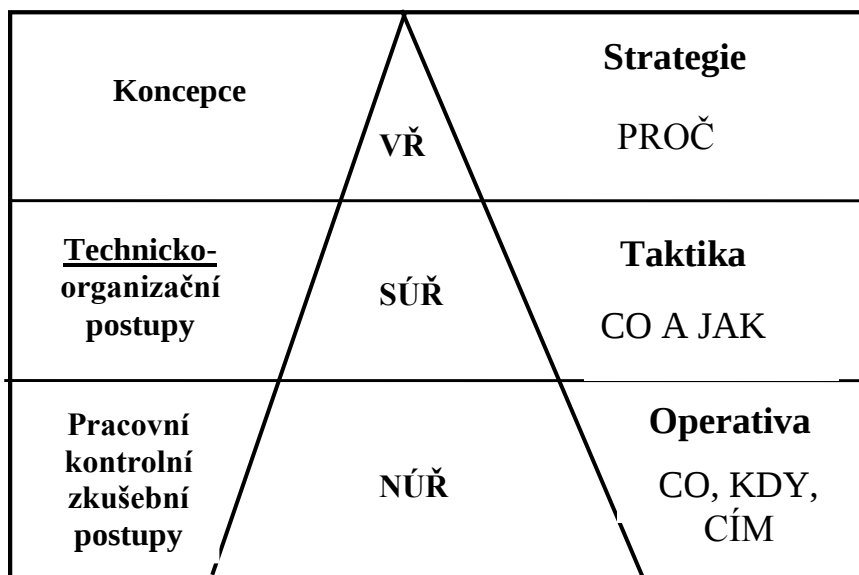
2.1 Řízení výrobního procesu

Řízení výrobního procesu - (řídící subsystém) - příprava průběhu a usměrňování průběhu výrobního procesu s cílem dosáhnout naplnění cílů.

Dva základní okruhy řízení výrobního procesu:

- Řídící okruh orientovaný na zakázky (vpravo od bodu rozpojení)
- Řídící okruh orientovaný prognosticky (vlevo od bodu rozpojení)

Hierarchie řízení výroby



Obr. 2.2 Schéma řízení výroby

Strategické řízení výroby - nalezení cílů pro výrobní systém

- vytvoření a udržení konkurenceschopné výroby

Taktické řízení výroby

- rozhodnutí o zásadní paletě produktů
- zajištění žádoucích výrobních zdrojů
- organizace výrobního systému

Operativní řízení výroby - optimální nasazení existujícího výrobního systému

Základní úkoly a řídicí veličiny na jednotlivých úrovních řízení výroby

Tab. 2.1 Základní úkoly a řídicí veličiny na jednotlivých úrovních řízení výroby

Základní úkoly	Řídicí veličiny
STRATEGICKÉ ŘÍZENÍ VÝROBY	
Koncepce výrobku Koncepce zdrojů (Hledání konkurenční výhody)	Ekonomické a sociální důsledky strategie Výrobní strategie (např. vedoucí strategie v nákladech)
TAKTICKÉ ŘÍZENÍ VÝROBY	
Výrobní program Kapacity strojní a lidské (Obsah koncepce)	Ekonomické a sociální důsledky taktiky (např. existence úzkých míst)
OPERATIVNÍ ŘÍZENÍ VÝROBY	
Vyráběné množství Nákup Termíny	Využití kapacit Stavy zásob Dodací lhůty Zabezpečování jakosti
HMOTNÝ TOK	

2.2 Struktura výrobního procesu

- je dána dělbou práce.

Hlavní faktory ovlivňující strukturu výrobního procesu:

- skladba výrobního programu
- druh výrobku
- opakovanost výroby (typ výroby)

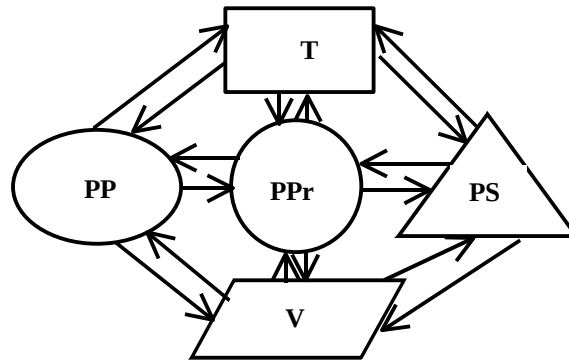
Prvky výrobního procesu

- pracovní předměty PP
- pracovní prostředky Ppr
- pracovní síla PS
- technologie T
- výrobek V

Vazby mezi prvky výrobního procesu

- technické
- ekonomické

- organizační



Obr. 2.3 Schéma prvků výrobního procesu a vazeb mezi nimi

2.2.1 Věcná struktura procesu

- proces je členěn na řadu dílčích částí v jejich vzájemných vztazích s vymezením jejich funkcí dle hledisek:
 - Výrobní profil (struktura pracovních prostředků)
 - Výrobní program
 - Produkty
 - Účast člověka na procesu
 - Přeměna pracovních předmětů
 - Charakter výroby.

Členění strojírenského výrobku

- ❖ Součástka (nejmenší vyrobená část)
- ❖ Díl (spojení několika součástek)
- ❖ Montážní podskupina
- ❖ Montážní skupina
- ❖ Finální výrobek

2.2.2 Prostorová struktura procesu

- je charakterizována soustavou pracovišť vhodně seskupených do určitých útvarů tak, aby
 - byly minimální náklady na manipulaci
 - byla zajištěna plynulost materiálového toku
 - byly zajištěny podmínky pro uchování úrovně jakosti dosažené ve výrobě.

Výchozí prvek prostorové struktury - pracoviště

Pracoviště - prostor, ve kterém se provádí určitá pracovní operace (jeden či více pracovníků,
- specializace na jednu či více operací)

- vybavení potřebnými pracovními prostředky
- efektivní organizace pracoviště

Hlavní faktor ovlivňující prostorovou strukturu - opakovanost výroby (ovlivňuje stupeň specializace pracovišť)

Individuální rozmístění (výrobní procesy se neopakují a počet pracovišť je malý)

Skupinové rozmístění

- a) Technologické (funkční) - pracoviště provádějící stejné typy operací jsou soustředěna do jedné organizační jednotky (dílny)
- b) Předmětné - seskupení pracovišť dle charakteristických znaků vyráběného produktu
- c) Směšeně organizovaná soustava pracovišť

Seskupování pracovišť - dílna

Seskupování dílen - provoz

Seskupování provozů - závod

Seskupování závodů - podnik

Typ výroby – je dán souhrnem znaků určitého výrobního procesu technického, organizačního a ekonomického charakteru. Rozhodujícím faktorem je

- charakter produktů
- množství produktů
- počet druhů produktů.

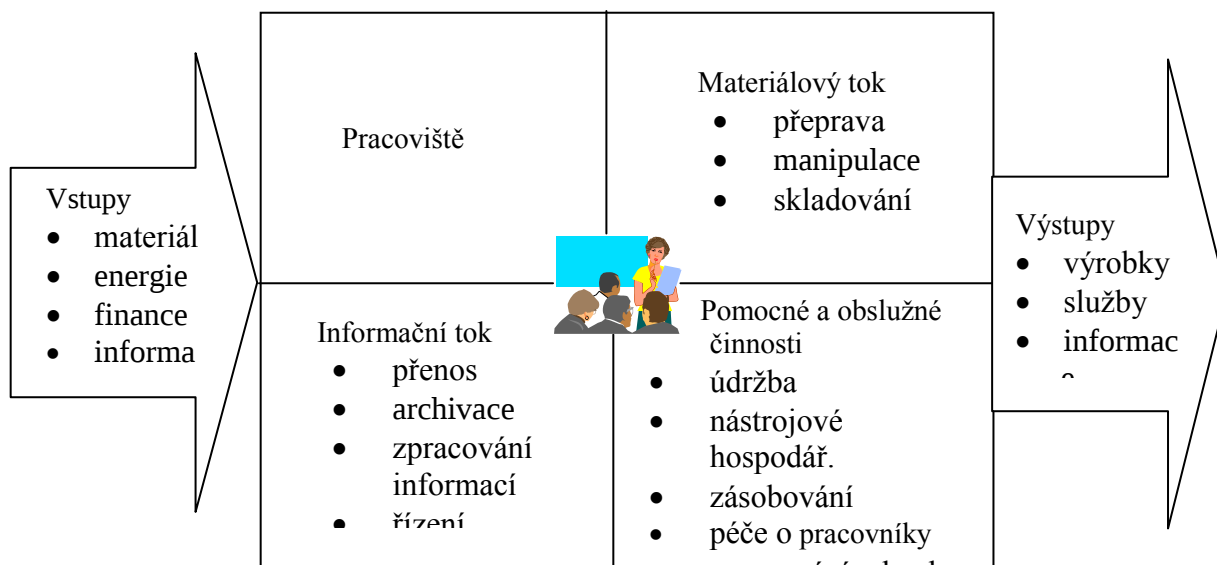
2.2.3 Časová struktura procesu

Z časového hlediska je výrobní proces charakterizován strukturou a délkou doby průběhu výrobků výrobním procesem, stejně jako časový rozsah a doba práce lidí a časové využití pracovních prostředků (blíže kap. 3.1.5)

2.3 Výrobní systém

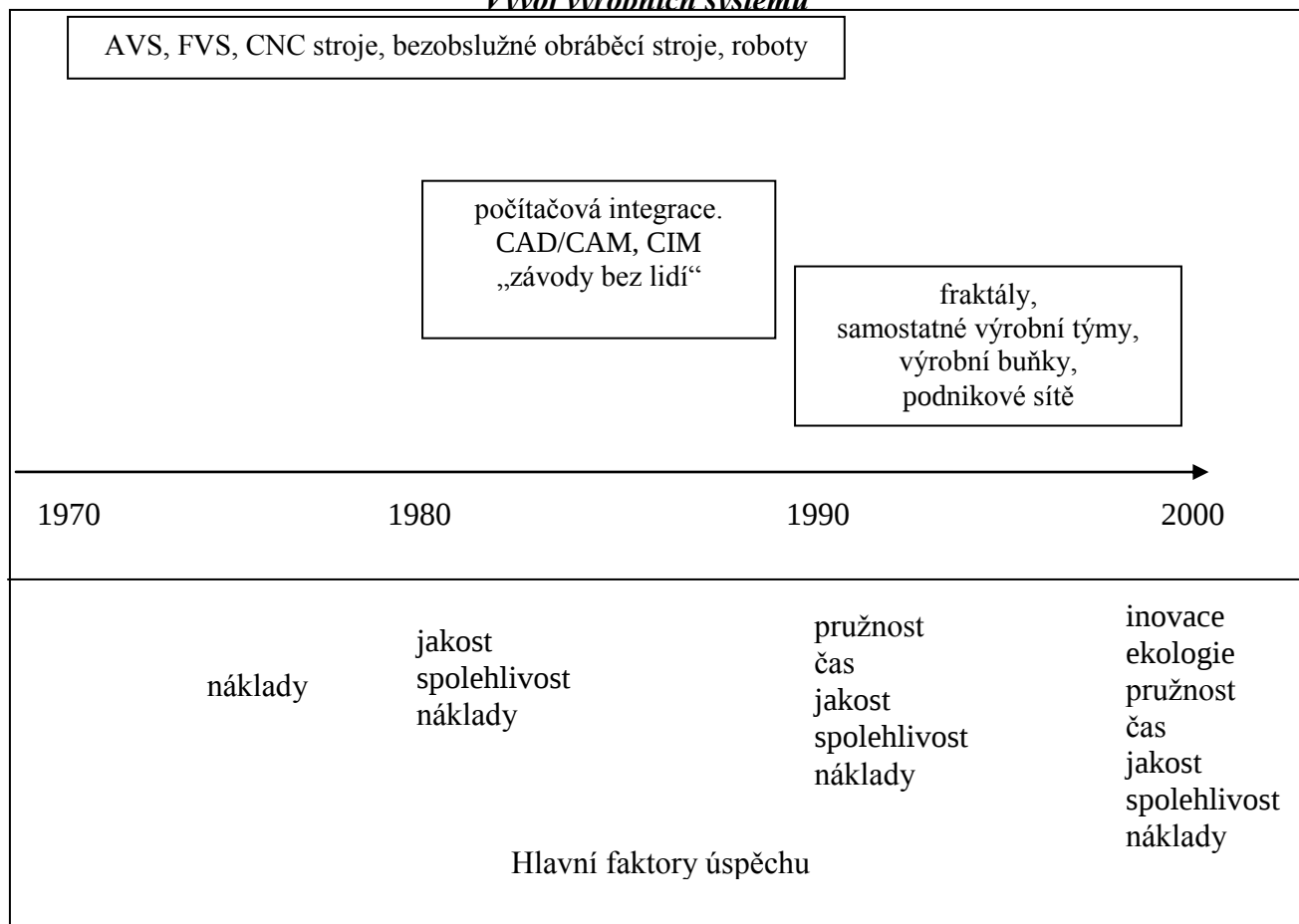
Výrobní systém – prvky a vazby, pomocí nichž se realizuje výrobní proces

Výrobní systém - základní subsystémy



Obr. 2.4 Základní subsystémy výrobního systému

Vývoj výrobních systémů



Obr. 2.5 Schéma vývoje výrobních systémů

2.3.1 Obecné vlastnosti výrobních systémů

1. *Pružnost*

2. *Produktivita*

- zvyšovat produktivitu = zvyšovat výstupy a snižovat vstupy
- mezi produktivitou a pružností nutné hledat kompromis

3. *Jakost*

- musí být zabudovaná ve výrobním systému již ve fázi jeho projektování

Zajištění obecných vlastností výrobních systémů

<i>Klasický přístup (zvyšování jakosti je spojeno se zvyšováním spotřeby času a nákladů)</i>	<i>přístup orientovaný na budoucnost (zvyšování jakosti je spojeno se snižováním nákladů a zkracováním času)</i>
▪ vysoká pružnost a produktivita dosahovaná pomocí moderních strojů ▪ centralizované řízení ▪ zlepšování systému bez zapojení lidí z výroby v rámci projektování ▪ složitost procesů ▪ specializace pracovníků ▪ orientace na operace a lokální výkon	▪ vysoká pružnost a produktivita dosahovaná pomocí moderních strojů a výrobních týmů ▪ decentralizované řízení ▪ zlepšování systému ve formě kombinace neustálého zlepšování přímo v procesu (Gemba Kaizen) a projekčního zlepšování (Engineering Kaizen) ▪ zjednodušování procesů ▪ pružnost pracovníků ▪ orientace na procesy a celkový průtok

Trendy ve vývoji výrobních systémů

- ◆ Pružná automatizace
- ◆ Minimalizace výrobních systémů, stavebnicová struktura
- ◆ Multifunkční stroje (vysoce výkonné nástroje, účinné chladicí systémy)
- ◆ Integrace výrobních, monitorovacích, diagnostických a kontrolních systémů a prvků
- ◆ Vysoká spolehlivost strojů a zařízení
- ◆ Minimalizace časů na přípravu a seřízení stroje – metoda SMED (Single Minute of Exchange Dies)- externí seřízení = za chodu stroje, - interní seřízení = mimo provoz stroje
- ◆ Vše v pohybu (Zásoby, stroje, montážní pracoviště, lidé...).

2.3.2 Základní pojmy z oblasti automatizace výrobních systémů

Tvrdá automatizace

- výrobní linka pro jeden výrobek
- velké objemy produktu

- stabilní sortiment
- nepružné výrobní systémy
- drahé, časově náročné změny

Pružná automatizace

- opakovatelnost při malých objemech produktu (skupinová technologie)
- stroje lze přeprogramovat na různé výrobky lišící se velikostí a tvarem
- lze přeprogramovat sekvence operací

NC stroje (Numeric control) – vlastní řídicí systém

CNC stroje (Computer numeric control) – vlastní řídicí systém je tvořen počítačem

DNC stroje (Distributed Numeric Control) – nadřazený řídicí systém

Obráběcí centrum - zařízení pro obrábění do finálního stavu při 1 či 2 upnutích

Hnízda - NC, CNC stroje + konvenční stroje, kde operace provádějí operátoři, zásobování materiálem, polotovary, nástroji - automatická mezioperační doprava, automatizovaný sklad, mezioperační manipulace s polotovary - roboty

FMS (Flexible manufacturing systém) = PVS – pružný výrobní systém

- vysoce automatizované technologické pracoviště s roboty a mezioperační dopravou
- řízení společným počítačem
- výroba probíhá automatizovaně, stejně tak přísun materiálu, a odsun odpadu, výměna náradí.
- CNC stroje, roboty, obráběcí centra propojené automatizovaným materiálovým tokem a informačním tokem (systém řízení výroby, sběr údajů, monitorování průběhu výroby)

CIM (Computer Integrated Manufacturing)- integrovaná automatizovaná výroba

- integrace všech činností v oblasti vývoje, přípravy výroby a realizace určitého produktu pomocí počítače
- hlavní komponenty CIM technologie "C")
 - CAD (Computer Aided Design) - konstruování podporované počítačem
 - CAPE (Computer Aided Production Engineering) - technologická příprava výroby podporovaná počítačem
 - CAPP (Computer Aided Production Planning) - plánování výroby podporované počítačem
 - CAM (Computer Aided Manufacturing - výroba podporovaná počítačem
 - CAST (Computer Aided Storage and Transportation) - skladování a doprava podporovaná počítačem
 - CAQ (Computer Aided Quality) - řízení jakosti podporované počítačem

2.3.3 Hlavní prvky, které je nutné rozvíjet v podniku v podmínkách globální konkurence

- Stabilita procesů, normy, analýza a měření práce
- Vize, strategie, benchmarking, audity, integrované cíle

- Rozvoj lidí a jejich zapojení do změn v podniku
- přechod od ISO norem k TQM, permanentní monitorování procesů
- Logistika
- Management úzkých míst
- TPM
- SMED
- Zjednodušování a zlepšování procesů.
- Dokonalý komunikační a informační systém, vizuální management
- JIT
- Týmová práce a fraktály
- Rychlé inovace a paralelní TPV

2.3.4 Fáze životního cyklu výrobního systému

Fáze životního cyklu výrobního systému a základní úlohy a techniky v jednotlivých fázích

1. fáze – analýza výrobního systému • analýza výrobního programu • (metoda ABC, PQ analýza) • analýza výrobního systému • (materiálový tok, prostorové uspořádání, • informační tok, analýza úzkých míst) • analýza ztrát • (zásoby, průběžné časy, náklady, časy na nastavení a seřízení pracoviště, poruchy)	2. fáze – projektování výrobního systému • stanovení cílů • koncepční projekt – varianty řešení • (projektování kapacit • prostorové uspořádání procesu) • vyhodnocení variant a volba optimální var. • detailní projektování • (projektování pracovišť • projektování pracovníků • projektování materiálového toku • projektování informač.toku a systému řízení • projektování pomocných a obslužných činností • (analytické modelování • počítačová simulace • ekonomické vyhodnocení)
3. fáze – instalace a provoz • projektové řízení a řízení změn • plánování a řízení výroby • budování týmů a organizování týmové spolupráce	4. fáze – zlepšování výrobního systému a procesů v něm probíhajících • kontinuální zlepšování – KAIZEN • SMED • další techniky – Muda, Mura, Muri , Jidoka,, Poka Yoke...

Obr. 2.6 Fáze životního cyklu výrobního systému



Shrnutí pojmů

- **produkční systém**
- **výrobní systém**
- **funkce výrobního podniku**
- **strategické řízení**
- **taktické řízení**
- **operativní řízení**
- **faktory určující strukturu výrobního procesu**
- **věcná struktura**
- **prostorová struktura**
- **časová struktura**
- **typy výroby**
- **vlastnosti výrobních systémů (produktivita, pružnost, jakost)**
- **tvrdá automatizace**
- **pružná automatizace**
- **fáze životního cyklu výrobního systému**



Otázky

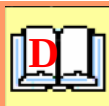
1. Jaký je rozdíl mezi produkčním a výrobním systémem?
2. Jaké znáte funkce výrobního systému?
3. Jaké jsou hlavní cíle strategického, taktického a operativního řízení výrobního systému?
4. Které faktory ovlivňují strukturu výrobního systému?
5. Jaká je základní charakteristika věcné, prostorové a časové struktury jakéhokoli procesu?
6. Jaké znáte typy výroby a jaká jsou hlediska jejich odlišení?
7. Jaký je rozdíl mezi tvrdou a pružnou automatizací výrobních systémů? Využívají se i v současných moderních výrobních podnicích obě formy?

8. Jak lze charakterizovat životní cyklus výrobního systému?
9. Jaké jsou trendy v současných výrobních systémech (v jejich struktuře a řízení)?



Literatura k dalšímu studiu

- [1] Kosturiak, J.-Gregor, M.: Projektovanie výrobných systémov pre 21. a. Storočie. ŽU, Žilina, 2000.
- [2] Kavan, M.: Výrobní a provozní management. Grada, Praha: 2002.
- [3] Nenadál, J. a kol.: Moderní management jakosti. Management Press, a. Praha: 2008.
- [4] Tomek, G.- Vávrová, V.: Řízení výroby a nákupu. Grada, Praha: 2007.
- [5] Dennis, P.: Lean Production Simplified. Productivity Press, 2007.
- [6] Gunasekaran, A.: Agile Manufacturing: The 21st Century Competitive Strategy. Elsevier, 2001.



Témata doplňkového samostudia

- štíhlá výroba
- agilní výroba
- JIDOKA
- Poka-Yoke

3. FÁZE I – ANALÝZA VÝROBNÍHO SYSTÉMU

Členění kapitoly

Čas potřebný ke studiu

Cíl

Výklad

Shrnutí pojmů

Otázky

Literatura k dalšímu studiu

Témata doplňkového samostudia



Čas potřebný ke studiu: 240 minut



Cíl: Po prostudování této kapitoly

- budete seznámeni s metodami překonávání odporu vůči změnám;
- budete obeznámeni s metodami analýzy výrobního programu;
- Vám bude jasná podstata metod analýzy materiálového toku;
- budete chápat rozdíly, výhody a nevýhody základních typů layoutu;
- budete znát podstatu buňkového a fraktálového uspořádání metodiku jejich vytváření;
- budete schopní provést analýzu časové struktury výrobního procesu.



Výklad

3.1 Analýza problému

Projekt = naplánování a realizace změny (zjednodušení a zlepšení procesu, odstranění plýtvání, odhalení úzkých míst)

- Co chceme změnit?
- Čeho chceme změnou dosáhnout?
- Jak toho chceme dosáhnout?

Oblasti, kde lze hledat možnosti zjednodušení:

- organizace
- řídicí systémy
- výrobní postupy
- logistika, výrobní procesy
- způsob komunikace
- pracovní metody
- sortiment materiálů a komponent
- výrobní program
- náklady, finance, odměny

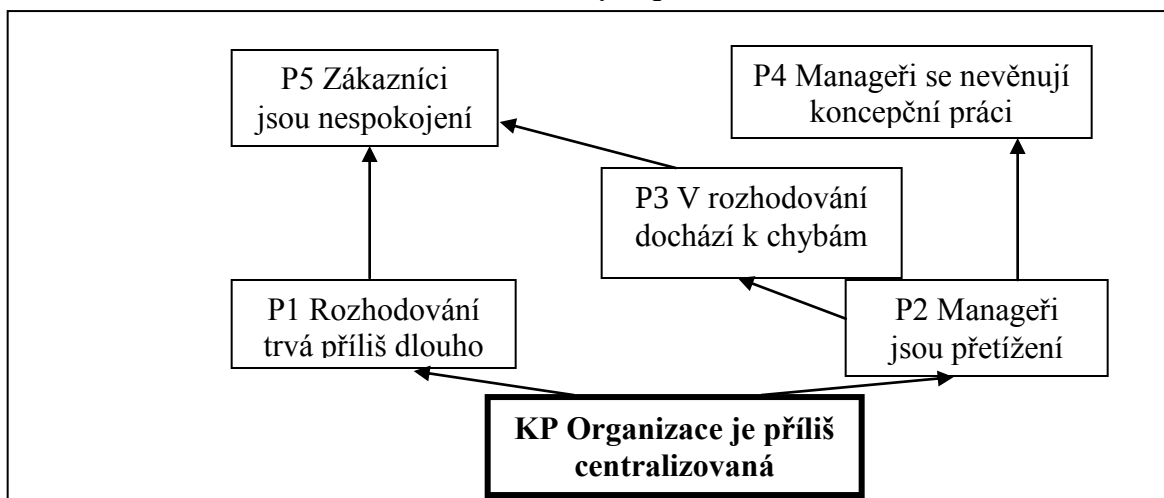
Hlavní příčiny plýtvání:

- nesprávně navržené prostorové uspořádání a materiálové toky
- špatná organizace, plánování a řízení výroby
- nedostatečný systém řízení jakosti
- nesprávné výrobní postupy
- nefungující obslužné činnosti (zásobování materiálem, nářadím...)
- nedostatečná údržba výrobních zařízení
- nestabilní výrobní procesy
- nedostatečná způsobilost a motivace lidí
- nesprávné postupy při seřizování pracovišť

3.1.1 Metody překonávání odporu vůči změnám

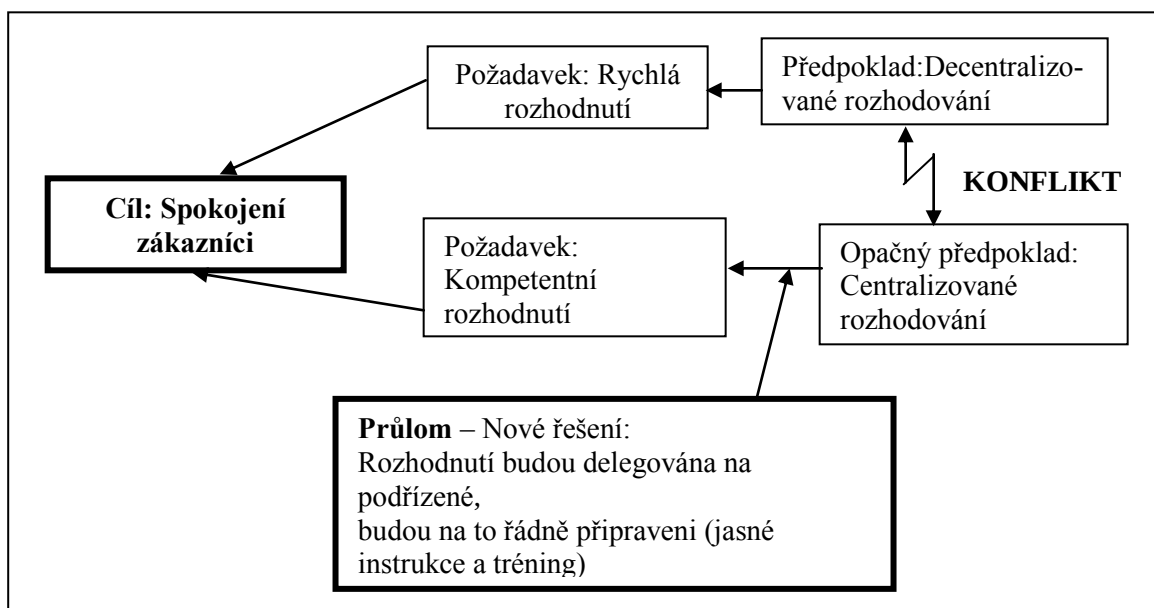
<i>Vrstva odporu</i>	<i>Metoda řešení</i>
Žádná změna není potřebná	Strom současných problémů – CRT Current Reality Tree
Neexistuje řešení	Diagram konfliktu – Evaporating Cloud
Není jasný cíl a efekt změny	Strom budoucích cílů – FRT Future Reality Tree
Změna vyvolá další rizika a problémy	Stroj možných rizik NBR Negative Branch Reservation
Realizace změny je spojena s nepřekonatelnými překážkami	Strom překážek – PT Prerequisite Tree
Není jasný postup realizace změny	Strom přeměny – TT Transition Tree

Strom současných problémů

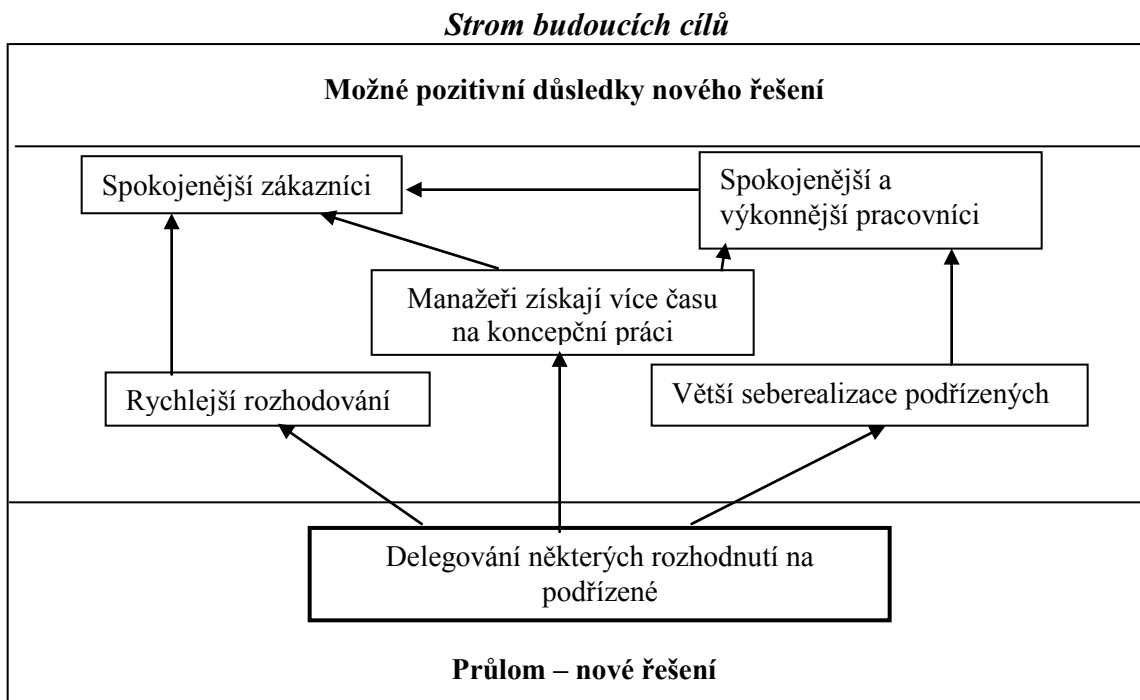


Obr. 3.1 Aplikace stromu současných problémů

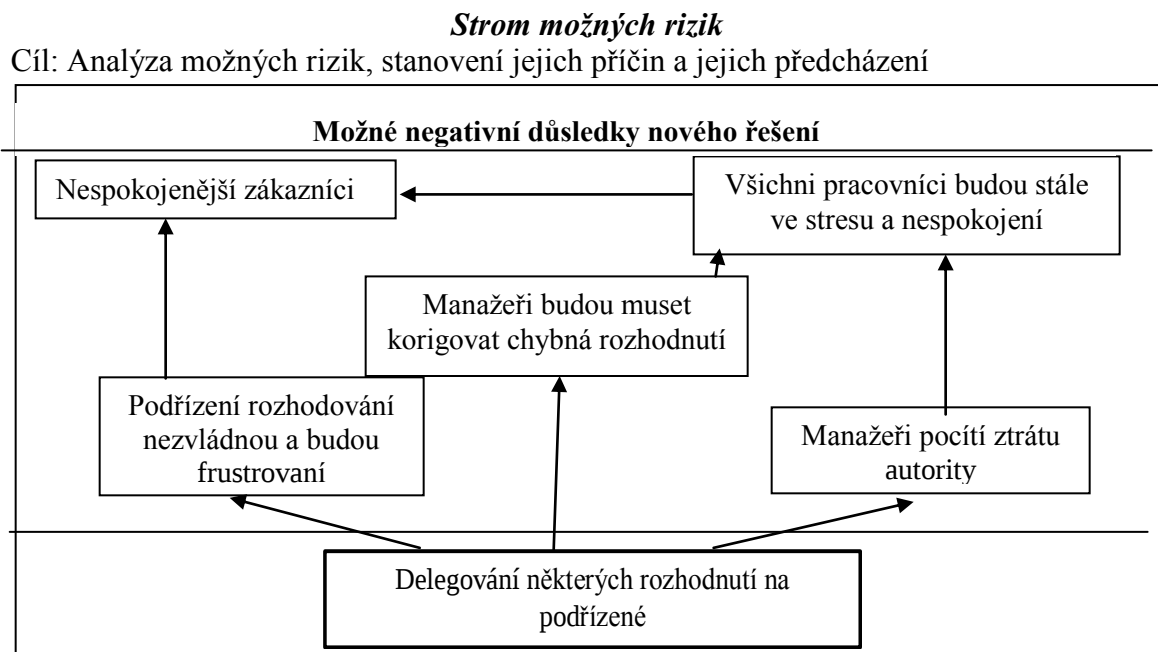
Diagram konfliktu



Obr. 3.2 Aplikace diagramu konfliktu

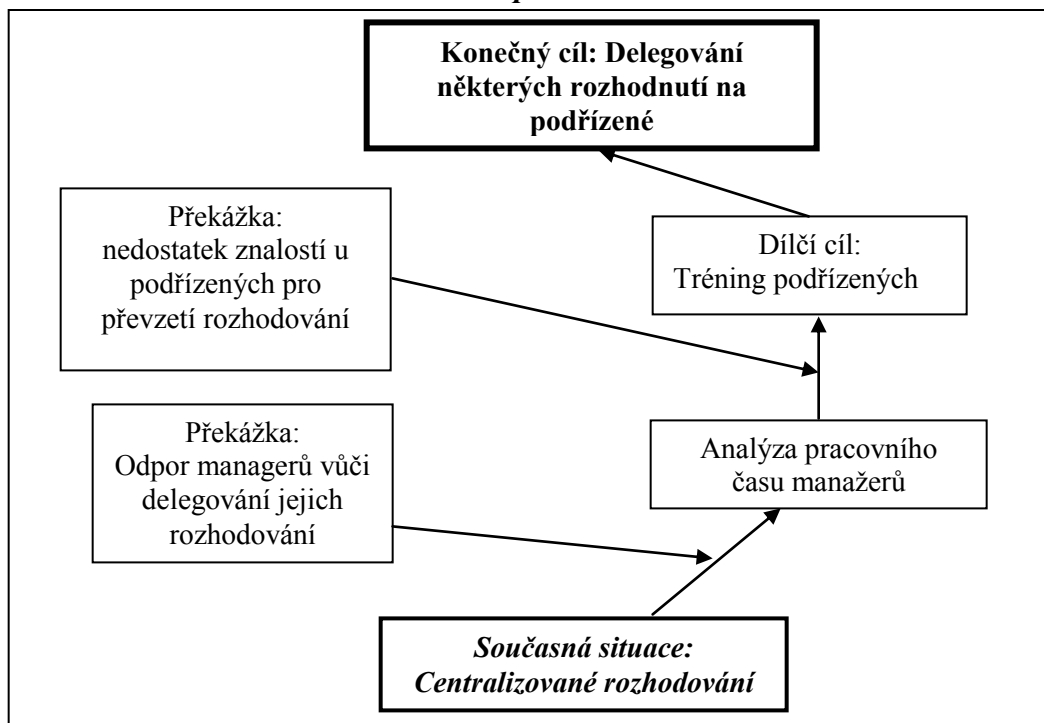


Obr. 3:3 Aplikace stromu budoucích cílů



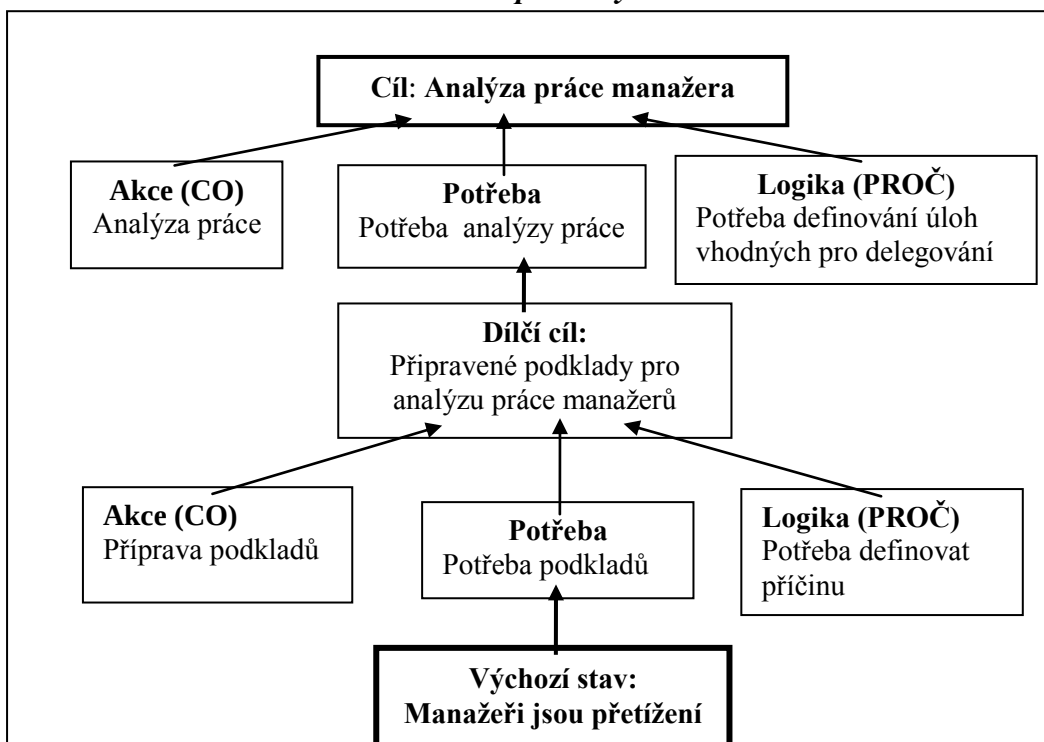
Obr. 3.4 Aplikace stromu možných rizik

Strom překážek



Obr. 3.5 Aplikace stromu překážek

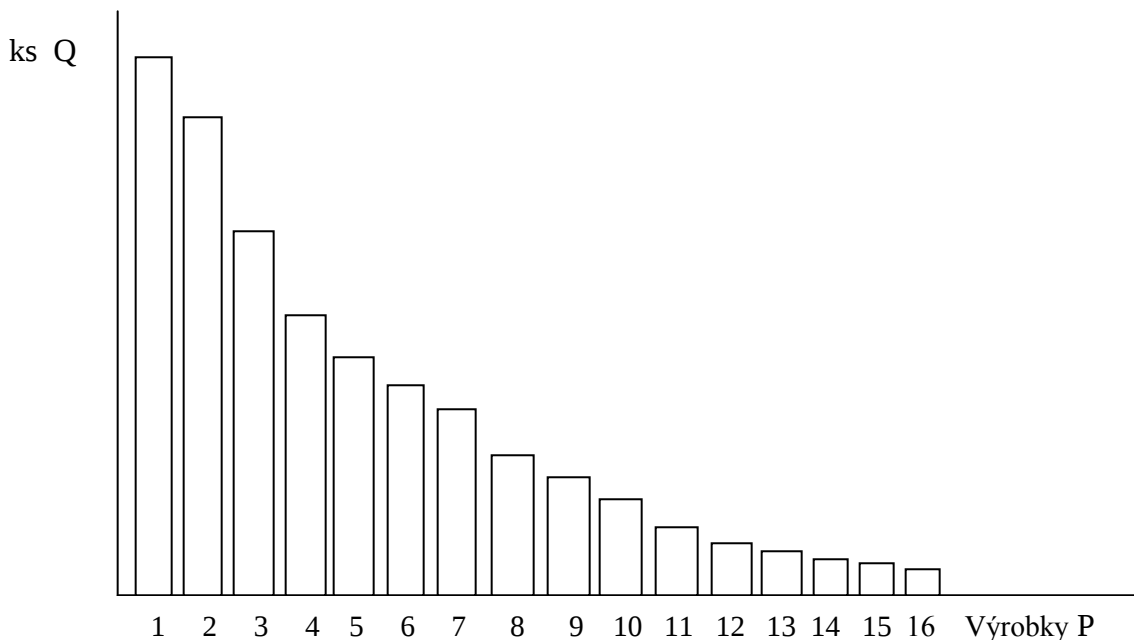
Strom přeměny



Obr. 3.6 Aplikace stromu přeměny

3.1.2 Analýza výrobního programu

P-Q diagram



jednouúčel.
stroje
sériová
výroba
předmětné
uspořádání

PVS – CNC
malosériová
výroba
buňkové
uspořádání
pracovišť

výrobní systém s univerzálními
stroji
kusová výroba
technologické uspořádání
pracovišť

**Příklad
výrobního
systému a
organizace
výroby**

KANBAN
průběhové
diagramy

řízení MRP
TOC
vytěžovací
řízení

vytěžovací řízení

**Příklad
systému
plánování a
řízení**

Obr. 3.7 Ukázka P-Q diagramu

Metoda ABC

Analýza výrobního programu z hlediska podílu výrobků na celkovém obratu:

A – významné výrobky (10% výrobků, 75% obratu)

B – méně významné výrobky (20% výrobků, 15% obratu)

C – nevýznamné výrobky (70% výrobků, 10% obratu)

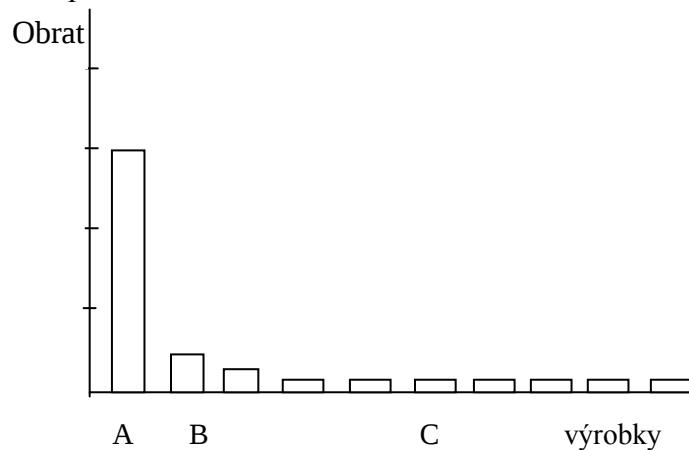
Rozbor na základě velikosti výrobních dávek a opakovatelnosti výroby za rok

Rozdělení součástek do tříd dle rozměrů, hmotnosti, přesnosti v souvislosti s použitými výrobními, manipulačními a skladovacími prostředky

Analýza nákladů

Rozbor součástek na základě dle pracnosti a a časů na seřízení.

Rozbor součástek dle použitého materiálu.



Obr. 3.8 .ABC analýza výrobního programu

P-G analýza

Rozbor součástek na základě hmotnosti

A – velké a těžké součástky (stojany, skříně)

B – součástky všeobecného charakteru (hřídele, čepy, ozubená kola)

C – normalizované, unifikované a typizované součástky (spojovací materiál, pouzdra...)

Definování reprezentantů výrobních skupin

Základní kritéria:

- tvarová podobnost
- typický sled operací
- vysoký podíl na výrobě

3.1.3 Analýza materiálového toku

Grafické metody zobrazení materiálového toku

1. Postupový diagram (viz příloha 1 a 2) - grafické zobrazení sledu všech technologických, kontrolních a manipulačních operací v rámci daného procesu
 - čas trvání operací
 - vzdálenosti pracovišť a způsob přepravy

Cíl: analýza posloupnosti operací, materiálového toku, vhodnosti přiřazení operace na pracoviště

2. Oběhový diagram (graf toku materiálu) - viz příloha 3
 - cesta produktu výrobním procesem zakreslená do přesného půdorysného plánu

Cíl: určení přepravních vzdáleností

3. Sankeyův diagram - grafické zobrazení průběhu materiálového toku – viz příloha 3
 - směr toku - *šipka*
 - objem přepravovaného množství za čas. jednotku - *tloušťka čáry*
 - přepravní vzdálenost - *délka čáry*
 - frekvence toku - *typ čáry*
4. Šachovnicová tabulka (matice přepravovaného množství) – viz příloha 4
 - znázornění materiálových přesunů mezi vnitrozávodovými útvary či závodem a okolím
 - výchozí podklad pro aplikaci metod optimalizace prostorové struktury procesu

Cíl: - rozbor vnitrozávodového toku materiálu
5. Trojúhelníková tabulka vzájemných vztahů – příloha 5
 - analýza vztahů mezi prostorovým uspořádáním pracovišť a činiteli ovlivňujícími prostorovou strukturu
 - klasifikace vztahů dle významnosti - pomocí klasifikačního znaku (u kvantitativního vyjádření významnosti vztahu - *klíč k určení klasifikačního znaku*)
 - zdůvodnění významnosti vztahu - důvodové číslo

3.1.4 Analýza prostorového uspořádání procesu (Layout)

1. Technologický princip (viz schéma v příloze 6)

- ♦ pracoviště provádějící stejné typy operací jsou soustředěna prostorově do jedné organizační jednotky (nejčastěji dílny)
- ♦ kusová, malosériová výroba

Nevýhody:

- křížení materiálových toků
- vysoké náklady na manipulaci (výrobní náklady, cena)
- nepřehlednost (složitě řízení)
- vysoké zásoby rozpracovanosti
- vysoké nároky na výrobní plochy, mezisklady
- dlouhá průběžná doba výroby
- nepříznivé pro odhalování neshod a neodpovídající úrovně jakosti

Výhody:

- vysoká kvalifikace pracovníků (široká, pružná)
- jednodušší reakce na změny požadavků zákazníka
- jednodušší TPV

2. Předmětný princip (viz schéma v příloze 6):

- ♦ pracoviště jsou řazena dle technologického postupu určitého výrobku
- ♦ hromadná, velkosériová výroba

Výhody:

- plynulý materiálový tok

- přehledné, jednoduché řízení
- TPV náročnější a detailnější
- nízké zásoby rozpracovanosti
- nízké náklady na manipulaci
- kratší průběžná doba výroby

Nevýhody:

- náročné přestavování linek na jiný produkt
- nízká kvalifikace pracovníků, monotónnost práce
- problémy s údržbou

Základní druhy realizace předmětného principu

- A. Diskontinuální výroba (pracoviště nejsou plně synchronizována)- nesynchronizované linky
- B. Plynulá (kontinuální) výroba – vysoký stupeň synchronizace – plynulé výrobní linky, pásová výroba

Výrobní linky - tvrdé
- pružné

Výrobní takt linky T – časový úsek, po jehož uplynutí se výrobní proces na lince ve všech svých operacích opakuje

Pracovní takt jednotlivých pracovišť na lince t_i – časový úsek, po němž se opakuje jedna a táž operace na pracovišti

Synchronizace operací – takové technické a organizační zásahy do procesu na lince, které umožňují, aby pracovní takt jednotlivých pracovišť byl roven výrobnímu taktu linky.

Vyvažování linek – metoda ALS – cíl – synchronizace linky.

Ukázky různých forem prostorového uspořádání výrobních linek jsou v příloze 7.

3. **Buňková organizace**

- ◆ Rozdílná pracoviště jsou prostorově zahrnuta do jednoho prostoru s předmětnou organizací
- ◆ Uplatnění skupinové technologie

Cíl:

- zvýšit pružnost výrobního systému na změny požadavků zákazníka
- zvýšit opakovatelnost výroby
- zjednodušit řízení
- minimalizovat časy na přípravu a seřízení strojů

Výhody:

- zajištění jednosměrnosti toku materiálu – zvýšení plynulosti

- zkrácení průběžné doby výroby snížením času na přípravu pracoviště, seřízení stroje,
- zakončení operace
- malé výrobní dávky
- snížení nákladů na upínací přípravky a nástroje
- zjednodušení TPV
- zjednodušení řízení
- minimalizace zásob
- možnost rychlého odhalení neshodných jednotek, neshod
- minimální časy manipulačních operací (stroje umístěny velmi blízko sebe, manipulaci může provádět přímo obsluha)
- možnost minimalizovat ztráty dosažené úrovně jakosti produktu
- týmová práce
- rozšíření kvalifikace pracovníků
- zvýšení příležitostí pro zavedení automatizace
- větší prostor pro průběžné plánování a řízení průběhu výroby namísto přesného plánování objemů výroby (rozhodující je překonávání disproporcí vznikajících ve výrobním systému)

Vznik buňkového uspořádání je patrný ze schématu v příloze 8.

Možné uspořádání buněk je na obrázku v příloze 9.

Fraktály

1. Dynamika a částečná autonomnost

- každý fraktál představuje „podnik v podniku“, má definované specifické úlohy a vymezený manévrovací prostor.

2. Samoorganizace

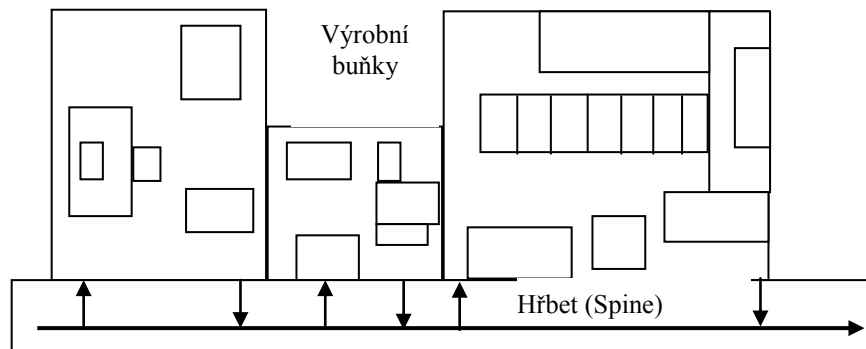
- v rámci stanovených úkolů a manévrovacího prostoru mají fraktály vysoký stupeň pravomocí i zodpovědnosti.

3. Samooptimalizace

- fraktály si navzájem nabízejí a odebírají výkony a služby, svoji činnost modifikují dle potřeb nebo zcela zanikají (zabezpečují pružnost výrobního systému s ohledem na měnící se výrobní sortiment, rozšiřování a modifikaci výroby).

Tompkinsův Spine koncept vytváření prostorového uspořádání (viz obr.3.9)

- hlavní materiálový tok vytváří hřbet (spine) a je jednosměrný
- kolem hřbetu jsou umístěné samostatné výrobní buňky
- materiálový tok v buňce odpovídá technologii výroby výrobkové skupiny
- jednotlivé buňky se mohou rozrůstat (posuvné příčky, přizpůsobené osvětlení...)



Obr. 3.9 Spine koncept

Fraktálový Spine koncept

- hřbet tvoří prostory pro sociální zázemí, komunikaci lidí, organizaci zlepšování procesů.

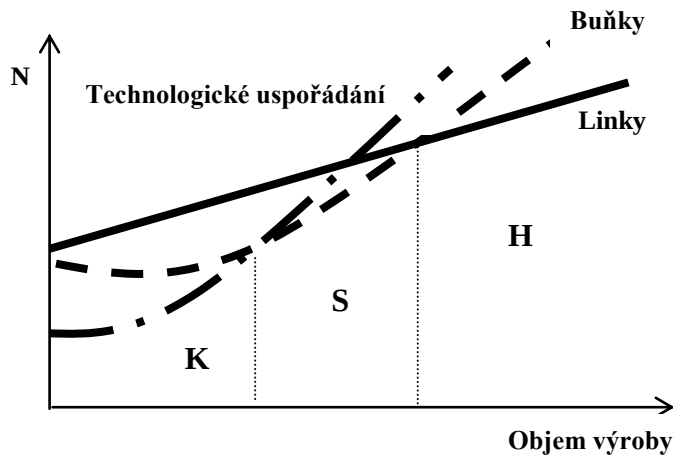
Postup projektování fraktálů

- sloučení technologicky podobných součástek do skupin
- výběr výrobních zařízení pro danou skupinu součástek
- sloučení technologicky podobných součástek do skupin
- výběr výrobních zařízení pro danou skupinu součástek
- definování výrobního týmu
- výcvik týmu a postupné přebírání zodpovědnosti
- vytvoření podnikatelského plánu (cíle, zdroje, dodavatele, odběratele...)
- projekt fraktálu (definování vstupů, výstupů, prostorové uspořádání, organizace toku materiálu, informační systém, systém řízení, komunikace s okolím, vizuální management...)

Vizuální management

- zobrazení složitých informací pomocí jednoduchých obrázků a symbolů
- komunikační prostředek v týmu a mezi týmem a jeho okolím
- zobrazení norem, výsledků (v oblasti jakosti, nákladů, výkonů, zlepšování), problémů a způsobů jejich řešení, úspěchů

Objem výroby jako faktor ovlivňující volbu prostorového uspořádání



Obr. 3.10 vazba mezi typem výroby (K-kusová, S-sériová, H-hromadná), layoutem a náklady)

3.1.5 Analýza časové struktury výrobního procesu

Průběžná doba - klíčová logistická veličina;

- odráží zvolenou strategii vytížení kapacit a stupeň synchronizace;
- souvisí s ní stav zásob rozpracovanosti;
- nutné zaměřit se na:
 - zkracování průběžné doby;
 - zvyšování podílu času činností přidávajících hodnotu pro zákazníka (technologické operace);
 - zmenšení variability průběžné doby (zvýšení spolehlivosti dodávek);
 - dosažení statistické stability.

Průběžná doba výrobku

Průběžná doba výrobku			
Zakázková fáze	TPV	Výrobní cyklus	Expedice

Cesty zvýšení efektivity a zkrácení předvýrobního cyklu

- zaměření pozornosti na změny stávajících výrobků, ne vývoj nových výrobků
- vysoký stupeň standardizace, nákup většiny součástí
- převádění výzkumu a vývoje na dodavatele
- štíhlý vývoj (paralelní vývoj)
 - týmová spolupráce (silná osobnost -LPL Large Project Leader)
 - komunikace v týmu
 - analýza technologičnosti konstrukce (DFM-Design for Manufacturing)

- produkování alternativních řešení - využívání CAD, CAPP
- aplikace dědičnosti
- odhalování chyb ve fázi TPV (FMEA, DOE, DR...)
- Rapid Prototyping - koncept rychlého vytvoření prototypu
- Simulace (virtuální realita)

Cíle: rychlejší, kvalitnější, levnější příprava výroby, zkrácení průběžné doby výrobku

Výrobní cyklus - průběžná doba výroby T_C

- Interval mezi okamžikem 1. technologické operace a okamžikem odvedení produktu do mezikladu či skladu hotových výrobků.

$$T_C = T_T + T_N + T_P \quad (3.1)$$

T_T časy technologických operací (operací přidávajících hodnotu pro zákazníka)

- čas kusový t_{ki} - doba opracování 1 jednotky výrobku na i-té operaci);

T_Nčasy netechnologických operací (operací nepřidávajících hodnotu pro zákazníka)

- čas přípravy a zakončení t_{pzi} (příprava pracoviště, seřízení, nastavení...);
- čas manipulace, kontrolní operace t_{Mi} ;

T_P časy přerušení - vyvolané

- organizací práce,
- stavem výrobního zařízení,
- technicko-organizačními nedostatky,
- operátorem.

Faktory ovlivňující délku výrobního cyklu

1. Příprava pracoviště na operaci:

- před převzetím dávky (překrytý způsob)
- po převzetí dávky (nepřekrytý způsob)

2. Způsob odvádění produktu

- neustálé (nepřetržité)
- opakované
- neopakované

3. Stupeň synchronizace navazujících operací

- Synchronizace - časové sladění navazujících operací
- Synchronizovaná výroba - $t_{ki} = t_{kj}$
- Nesynchronizovaná výroba - $t_{ki} \neq t_{kj}$
- Stupeň synchronizace

4. Velikost dávek a jejich vzájemný vztah

- Výrobní dávka d_v - počet jednotek výrobku, které jsou opracovávány při jednom seřízení pracoviště
- Dopravní dávka d_d - počet jednotek výrobku, které najednou přepravovány z jednoho pracoviště na druhé

$$\frac{d_v}{d_d} = k, \quad \text{kde } k \text{ je celé číslo (otázka minimalizace zásob)}$$

3. Smíšený způsob

a) seřizování nepřekrytým způsobem

$$T_{CSM} = \sum_{i=1}^n t_{pzi} + \sum_{i=1}^n t_{ki} + (d_v - 1) \sum_{i=1}^n (t_{kdl} - t_{kkr}) + (d_v - 1) t_{kposl} + \sum_{i=1}^n t_{Mi} \quad (3.6)$$

b) seřizování překrytým způsobem

$$T_{CSM} = t_{pzi} + \sum_{i=1}^n t_{ki} + (d_v - 1) \sum_{i=1}^n (t_{kdl} - t_{kkr}) + (d_v - 1) t_{kposl} + \sum_{i=1}^n t_{Mi} \quad (3.7)$$

t_{kdl} kusový čas delší operace (následuje-li kratší)

t_{kkr} kusový čas kratší operace (předchází-li delší)

t_{kposl} kusový čas poslední operace



Shrnutí pojmů

- Strom současných problémů
- Diagram konfliktu
- Strom budoucích cílů
- Strom možných rizik
- Strom překážek
- Strom přeměny
- P-Q diagram
- Metoda ABC
- P-G analýza
- Postupový diagram
- Oběhový diagram
- Sankeyův diagram
- Šachovnicová tabulka
- Trojúhelníková tabulka vzájemných vztahů
- Technologické uspořádání výrobního procesu
- Předmětné uspořádání výrobního procesu
- Výrobní linka

- Buňkové uspořádání výrobního procesu
- Fraktál
- Vizuální management
- Průběžná doba výroba a výrobku
- Postupné předávání dávek
- Souběžné předávání dávek
- Smíšené předávání dávek
- Překryté a nepřekryté seřizování pracoviště
- Výrobní dávka
- Dopravní dávka
- Zpracovací dávka
- Čas na přípravu a seřízení pracoviště vč. času na zakončení práce
- Kusový čas
- Manipulační čas
- Synchronizace pracovišť
- Ganttův diagram



Otázky

1. S jakými metodami překonávání odporu vůči změnám jste se seznámili a jaký je princip jednotlivých metod?
2. S jakými metodami analýzy výrobního programu jste se seznámili a jaký je princip jednotlivých metod?
3. S jakými metodami analýzy materiálového toku jste se seznámili a jaký je princip jednotlivých metod?
4. Jaké znáte formy layoutu a jaké jsou výhody a nevýhody jednotlivých forem?
5. Jaká je vazba mezi formou layoutu a typem výroby?
6. Co to je výrobní buňka a fraktál? Jaké přináší výhody? Kdy se hodí je použít?
7. Jaký je rozdíl mezi průběžnou dobou výroby a průběžnou dobou

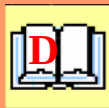
výrobku?

- 8. Které druhy spotřeby času se zahrnují do výpočtu výrobního cyklu?**
- 9. Jaký je rozdíl mezi 3 základními způsoby předávání dávky?**
- 10. Jak jednotlivé způsoby předávání dávky ovlivňují tvorbu mezioperačních zásob a prostojů pracovišť a jak lze výši těchto zásob a délku prostojů stroje ovlivnit?**
- 11. Jakými postupy lze stanovit délku výrobního cyklu?**
- 12. Co vše ovlivňuje jednotlivé fáze průběžné doby výrobku?**



Literatura k dalšímu studiu

- [1] Macurová, P.- Klabusayová, N.: Logistický management. EkF VŠB-TU, Ostrava: 1999 (skripta).
- [2] Tomek, G.- Vávrová, V.: Řízení výroby. Grada, Praha: 1999.
- [3] Kosturiak, J.-Gregor, M.: Projektovanie výrobných systémov pre 21. Storočie. ŽU, Žilina, 2000.
- [4] Kavan, M.: Výrobní a provozní management. Grada, Praha: 2002.
- [5] Svobodová, H.: Produkční a operační management. VŠEM, 2008.
- [6] Vaněček, D. a kol.: Operační management. Jihočeská univerzita, 2010.
- [7] Slack, N. a kol.: Operations Management. Pearson Education, 2010.



Témata doplňkového samostudia

- rapid prototyping
- simultaneous engineering
- předvýrobní etapy, cíle, obsah a výstupy

4. FÁZE II – PROJEKTOVÁNÍ VÝROBNÍHO SYSTÉMU

Členění kapitoly

Čas potřebný ke studiu

Cíl

Výklad

Shrnutí pojmů

Otázky

Literatura k dalšímu studiu



Čas potřebný ke studiu: 480 minut



Cíl: Po prostudování této kapitoly

- budete znát všeobecné zásady pro projektování layoutu;
- získáte přehled různých metod vytváření layoutu;
- budete znát princip a postup aplikace vybraných metod projektování layoutu;
- budete seznámeni s hlavními principy vybraných systémů řízení výrobních systémů;
- budete vědět, pro jaké podmínky se jednotlivé systémy řízení výrobních systémů hodí.



Výklad

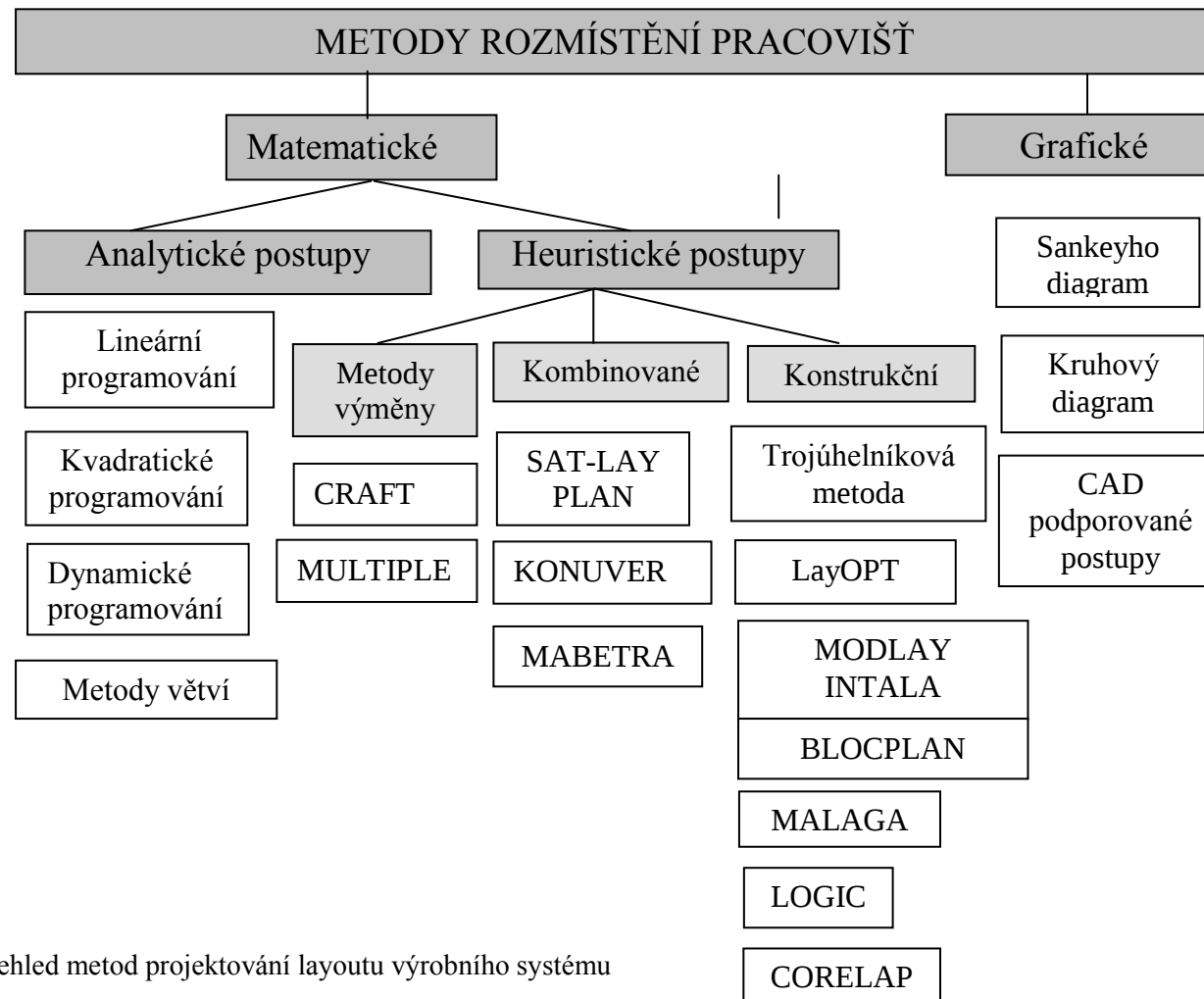
4.1 Všeobecné zásady pro vytváření výrobní dispozice (Layout)

- Minimalizace přepravních výkonů
- Minimalizace ploch
- Zajištění bezpečnostních a hygienických pracovních požadavků
- Pružnost a možnost změn v budoucnu
- Vhodnost pro týmovou práci (možnost komunikace, střídání práce, vizualizace procesů)
- Minimalizace zásob a průběžných časů
- Přímý materiálový tok
- Napojení na externí logistický řetězec
- Možnost optimalizovat uspořádání s ohledem na změny ve výrobním programu (mobilita strojů)

Pozn.:

- Vztahy mezi pracovišti nemusí mít vždy jen povahu materiálových toků
- materiálový tok není jediným kritériem pro rozmisťování strojů (nemusí být rozhodující přepravní náklady)
- Do výrobní dispozice je třeba zakomponovat i pomocné a obslužné procesy (údržba, energetika, ...)
- je nutné respektovat i organizační vztahy a vyváženost kapacit (mezisklady)
- zohlednění potřeby týmové práce a integrace podpůrných útvarů přímo do výrobního procesu

4.2 Metody rozmístění pracovišť



O br. 4.1 Přehled metod projektování layoutu výrobního systému

Nejčastěji používané metody pro rozmístění pracovišť – metody výměny a konstrukční (CORELAP, INTALA (MODLAY), MALAGA)

A. Metody výměnné

- vytvoří se výchozí řešení (i ručně);
- postupně se zaměňují pracoviště a hledá se minimální cílová funkce (min. přepravní výkon, minimální plochy...).

B. Metody konstrukční

- sestaví se šachovnicová tabulka a matice vzájemných vztahů;
- pracoviště s nejsilnějšími vazbami se umístí jako první;
- k prvnímu pracovišti se postupně přiřazují pracoviště s nejsilnějšími vazbami.

4.2.1 Metoda souřadnic

- určování optimálního prostorového umístění určitého centrálního objektu kooperujícího s prostorově již situovanými objekty
- cíl: minimální náklady na dopravu

Postup:

1. stanovení souřadnic stávajících systémů $[x_i, y_i]$
2. stanovení hmotnostního činitele q_i (tj. stanovení množství přepravovaného materiálu mezi umístěným centrálním objektem a existujícími objekty za určité časové období)
3. stanovení souřadnic centrálního objektu

$$X = \frac{\sum x_i \cdot q_{ii}}{\sum q_i} \qquad Y = \frac{\sum y_i \cdot q_{ii}}{\sum q_i} \qquad (4.1)$$

4.2.2 Metoda CRAFT

(Computerized Relative Allocation of Facilities Technique) - technika stanovení vzájemné polohy výpočtem)

- nalezení takového vzájemného rozmístění pracovišť, které umožní snížit celkové náklady na manipulaci na minimum

Princip:

n počet pracovišť

v_{ij}počet jednotek zatížení pohybujících se mezi útvary i a j
 $i, j = 1, \dots, n$

u_{ij}náklady na pohyb jednotky zatížení na jednotku vzdálenosti mezi pracovišti i a j

l_{ij}vzdálenosti mezi středy pracovišť i a j .

Lze vyjádřit pomocí matice L

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & \dots & l_{1n} \\ l_{21} & l_{22} & \dots & l_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{n1} & l_{n2} & \dots & l_{nn} \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

Náklady na pohyb celého produktu mezi pracovišti i a j na jednotku vzdálenosti

$$c_{ij} = u_{ij} \cdot v_{ij} \quad (4.3)$$

lze opět zapsat pomocí matice C .

Celkové náklady na manipulaci u každé varianty rozmístění pracovišť jsou dány vztahem:

$$N_c = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot l_{ij} \quad (4.4)$$

Postup:

1. Vyjde se z libovolného výchozího rozmístění pracovišť, pro něž vypočteme celkové náklady na manipulaci N_c .
2. Provedou se vzájemné výměny pracovišť, které jsou z hlediska nákladů na manipulaci nejvýhodnější.
3. Výměna pracovišť se provádí tak dlouho, až dosáhneme řešení s nejmenšími celkovými náklady N_c .
(nutné respektovat určitá omezení daných pracovišť - některá nelze přemístit, některá musí sousedit...).
4. Provede se výpočet celkové úspory nákladů na manipulaci, čisté úspory, doby úhrady nákladů na přemístění pracovišť.

4.2.3 Systém MODLAY (autoři – pracoviště IPA Stuttgart)

- Definování prvků, které mají být rozmístěny (jejich funkce a geometrie).
- Definování vztahů mezi jednotlivými prvky a jejich atributy (max. přípustné vzdálenosti, potřeba určitého druhu přepravníku, přípustné zatížení podlahy, klimatizace, vazby na sklad, zastavěné plochy...) – automatická kontrola omezení během tvorby výrobní dispozice.
- Interaktivní tvorba variant (program automaticky přepočítává všechny změny a jejich vliv na cílovou funkci (mater. tok, využití ploch, investice...)).
- Vyhodnocení variant a výběr nejlepší varianty.
- Zpracování detailního projektu.

4.2.4 Systém MALAGA

- Napojení na podnikový informační systém (výrobní postupy, objemy výroby,...).

- 2D a 3D grafická podpora, knihovna stavebních prvků, makety strojů, kontrola vzdálenosti mezi prvky.
- Propojení na simulaci průběhu výroby s možností dynamického prověření výrobní dispozice
(zobrazení a analýza tvorby zásob, velikosti skladů, využití manipulačních prostředků...
- Optimalizační algoritmy.

4..3 Projektování informačního toku a systému řízení ve výrobním systému

- *Klasický výrobní systém* - návrh toku informací a základní výrobní dokumentace
- *Počítačem řízený výrobní systém* je třeba navíc ještě vyprojektovat – způsob sběru a přenosu údajů, vzájemné propojení technických a programových prostředků

Hlavní úlohy projektování informačního toku:

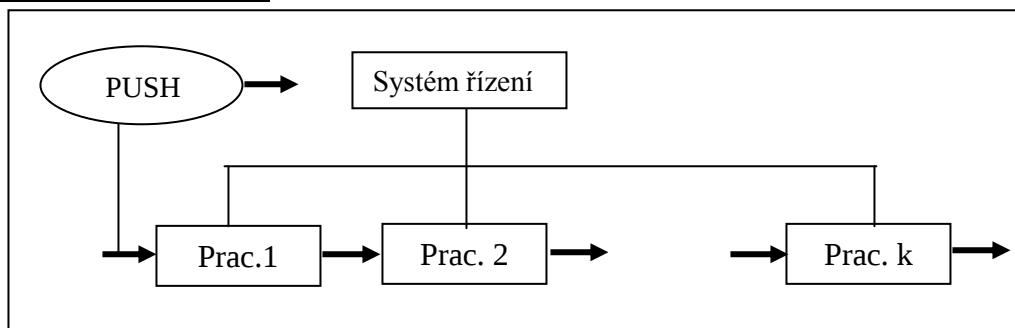
- Definování informačních toků mezi jednotlivými prvky výrobního systému a systémem a okolím
- (informační obsah, frekvence, způsob přenosu)
- Definování jednotlivých funkcí systému řízení (příprava výrobní dokumentace, výrobní rozvrhování, sledování rozpracovanosti výroby...)
- **Výběr vhodného systému řízení**

Metody pro popis informačních vazeb

- *funkční schémata*
- ARIS - komplexní systém pro analýzu, popis, vytváření architektury složitých inf. systémů.
- IDEF0
- CIM-OSA CALP, IMPACS

4.3.1 Hlavní principy vybraných metod dílenského řízení výroby (systémů řízení)

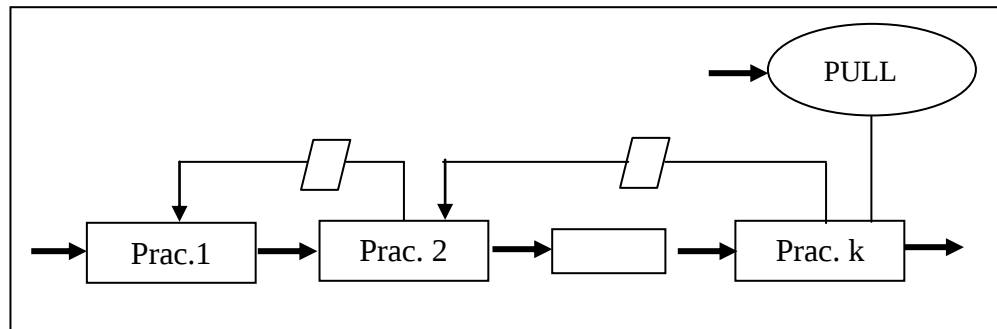
1. MRP – princip tlaku



Obr. 4. 2 Schéma MRP

- permanentně vysoké vytižení všech pracovišť
- vysoké využití kapacit
- vysoká rozpracovanost a dlouhé průběžné doby
- složité rozvrhování výroby s využitím prioritních pravidel

2. **KANBAN – princip tahu**



Obr. 4.3 Schéma Kanbanu

- systém „pull“;
- jednoduchá a účinná forma bezprostředního řízení výroby;
- cíl: samočinná regulace vazeb mezi 2 navazujícími pracovišti dle potřeb finalizujících pracovišť tak, aby byly minimální zásoby rozpracovanosti ;
- nejčastěji aplikováno jako součást koncepce JIT;
- Předpoklady vhodné aplikace:
 - sériová, hromadná výroba (buňková organizace, PVS);
 - určitý stupeň synchronizace operací;
 - relativní setrvačnost odbytu;
- Základní principy fungování systému KANBAN
 - Odebírající pracoviště – je povinno odebrat materiál na svém vstupu
 - v potřebném předstihu musí vrátit zpět dodávajícímu pracovišti kartu (kanban), která je pro dodávající pracoviště signálem, že má vyrobit a dodat požadované množství požadovaných produktů (karta slouží jako objednávka a současně jako výrobní příkaz pro dodávající pracoviště)
 - nesmí se předzásobit
 - dodávající pracoviště - musí vyrobit a připravit k odeslání požadovaný materiál (polotovary) dle karty zaslané odebírajícím pracovištěm
 - musí uložit tento materiál do přepravního kontejneru
 - musí přiložit do kontejneru kanban, která opravňuje k přesunu na určené odebírající pracoviště (karta slouží jako dodací list)
 - nesmí vyrábět, pokud k tomu nemá oprávnění ve formě karty
 - Regulací počtu karet v oběhu se řídí a kontroluje stav rozpracovanosti v procese.

- 2 základní systémy KANBAN
 - system používající 1 kanban
 - system používající 2 kanbany

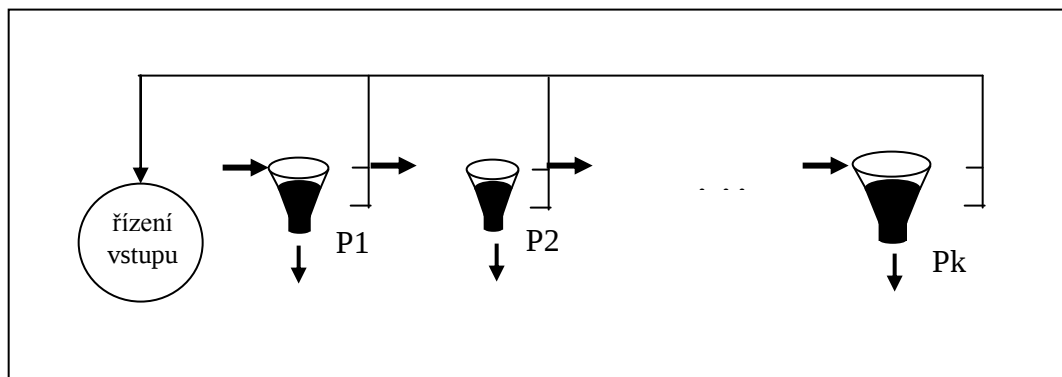
Popis systému se 2 kanbany

- P-karta (výrobní příkaz)
- M-karta (dodací list)

Princip fungování systému se dvěma kartami

1. Na odebírajícím pracovišti je spotřebován materiál a kontejner je prázdný.
2. Do prázdného kontejneru je vložena M-karta.
3. Z plného kontejneru je ve vyrovnávacím skladu u dodávajícího pracoviště vytažena P-karta, je zaměněna M-kartou, která přišla s prázdným kontejnerem, což je signál pro přepravu kontejneru na odebírající pracoviště.
4. Vytažená P-karta je umístěna např. na nástěnce, kde signalizuje, že má být vyrobeno dané množství daného produktu.
5. Prázdný kontejner je dle instrukcí na P-kartě doplněn vyrobeným materiálem a danou P-kartou a umístěn do vyrovnávacího skladu, aby nahradil odsunutý kontejner.

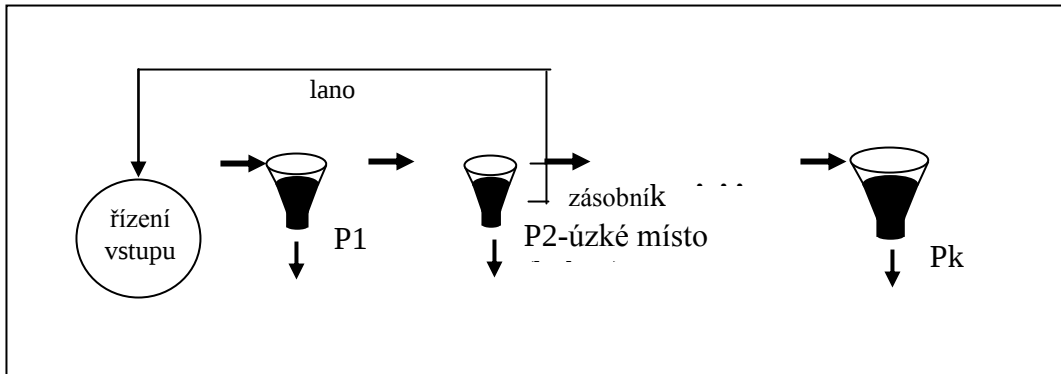
3. LOC – vytěžovací řízení (H.P. Wiendahl)



Obr. 4.4 Schéma LOC

- pracoviště mají stanoven vytěžovací limit, který limituje povolenou úroveň zásob rozpracovanosti na pracovišti a celkovou úroveň rozpracovanosti v procese
- je-li překročen vytěžovací limit pracoviště alespoň na jedné operaci – není do systému vpouštěna další výrobní úloha

4. DBR – Drum Buffer Rope (E.M: Goldratt)



Obr. 4.5 Schéma DBR

- každé úzké místo má definovaný vytěžovací limit, který určuje jeho maximální využití
- úzká místa limitují průtok systému a zásadně ovlivňují výrobní parametry;
- vstup výrobních úloh do systému je řízen úzkým místem.

5. Systém OPT (Optimized Production Technology)

- vychází z teorie úzkých míst (TOC);
- jde o počítačový produkt pro *plánování a rozvrhování výroby*.
- *Princip:*
 - nalézání úzkých míst ve výrobním systému, jejich neustálá analýza;
 - zvyšování propustnosti úzkých míst;
 - vytvoření výrobního plánu, který zajišťuje maximální průtok úzkým místem (snaha o využití kapacity úzkých míst na 100% a maximální plynulost toku materiálu);
- od tohoto plánu se odvozují rozvrhy pro pracoviště před a za úzkým místem, vyrábí se jen tolik, kolik mohou produkovat úzká místa vč. určité rezervy (zásob ve vyrovnávacích skladech před úzkými místy).
- Definice úzkého místa: zdroj, který limituje objem produkce.
- **8 základních pravidel OPT:**
 1. je třeba bilancovat tok materiálu, ne kapacity;
 2. úroveň využití zdrojů, která nejsou úzkým místem, není určena jejich vlastní schopností výkonu, ale jinými omezeními systému;
 3. hodina ztracená na úzkém místě je ztrátou celého systému;
 4. hodina získaná jinde než na úzkých místech je pro systém bezvýznamná;
 5. úzká místa určují jak průtok, tak úroveň zásob rozpracované výroby;
 6. dopravní dávka by neměla být stejně veliká jako výrobní dávka;
 7. výrobní dávka by neměla být fixní;
 8. průběžné doby jsou výsledkem výrobního rozvrhu a nelze je určit předem.

4.3.2 Teorie omezení (TOC)

3 základní ukazatele:

Průtok P – množství peněz, které vyprodukuje výrobní systém za čas. jednotku

- rychlost, s jakou výrobní systém dokáže vydělávat peníze
- přidaná hodnota ve výrobě za čas. jednotku - množství peněz, které vyprodukuje výrobní systém za čas. jednotku
- rychlost, s jakou výrobní systém dokáže vydělávat peníze
- přidaná hodnota ve výrobě za čas. j. (hodnota prodeje za určité období mínus hodnota nákupu materiálu pro vyrobené položky za toto období

Zásoby Z – množství peněz vázaných (ukrytých) ve výrobním systému, aby mohl produkovat (zásoby + zůstatková hodnota výrobních prostředků

Provozní náklady PN – množství peněz, které je potřebné pravidelně vkládat do výrobního systému, aby mohl proměňovat zásoby na průtok (mzdy, energie, náklady na plochy... = fixní náklady)

Tyto 3 ukazatele ovlivňují 3 základní ekonomické ukazatele:

- čistý zisk NP
- tok hotovosti (*Cash Flow*)
- návratnost investic (*ROI*)

Platí:

$$NP = P - PN \quad (4.5)$$

$$ROI = NP/Z \quad (4.6)$$

$$\text{Obrátkovost zásob} = P/Z \quad (4.7)$$

$$\text{Produktivita} = P/PN \quad (4.8)$$

Snaha o:

- maximalizaci průtoku P ;
- minimalizaci zásob;
- minimalizaci provozních nákladů PN ,.



Shrnutí pojmů

Po prostudování kapitoly by vám měly být jasné následující pojmy:

- Layout
- Metody výměnné
- Metody kombinované
- Metody analytické
- Metody konstrukční
- Metody grafické
- Metoda CRAFT
- Metoda souřadnic
- Systém Modlay
- Systém Malaga
- MRP I
- MRP II
- Kanban
- LOC
- DBR
- OPT
- Teorie omezení



Otázky

1. Co to je výrobní layout?
2. Jaké jsou hlavní zásady tvorby layoutu?
3. Jaké znáte metody projektování layoutu?
4. Čím se liší metody analytické od metod heuristických?
5. Jaký je princip metod výměnných a konstrukčních?
6. Jaké znáte moderní systémy tvorby layoutu?
7. Jaký je postup aplikace metody CRAFT?
8. Jaký je cíl a princip metody souřadnic?
9. Co to je MRP I?

- 10. Co to je MRP II a jak se liší do MRP I?**
- 11. Co to je KANBAN a jaké druhy znáte?**
- 12. Co to je LOC?**
- 13. Co to je DBR?**
- 14. Co to je OPT?**
- 15. Jak souvisí systém OPT s teorií omezení (TOC)?**
- 16. Pro jaký typ výroby se hodí systémy řízení výrobního systému, se kterými jste se seznámili v této kapitole?**



Literatura k dalšímu studiu

- [1] Tomek, G.- Vávrová, V.: Řízení výroby. Grada, Praha: 1999.
- [2] Kosturiak, J.-Gregor, M.: Projektovanie výrobných systémov pre 21. Storočie. ŽU, Žilina, 2000.
- [3] Kavan, M.: Výrobní a provozní management. Grada, Praha: 2002.
- [4] Svobodová, H.: Produkční a operační management. VŠEM, 2008.
- [5] Vaněček, D. a kol.: Operační management. Jihočeská univerzita, 2010.
- [6] Slack, N. a kol.: Operations Management. Pearson Education, 2010.
- [7] Hlavenka, B.: Projektování výrobních systémů. Akademické nakladatelství CERM, Brno, 2005.

5. FÁZE III – INSTALACE A PROVOZ VÝROBNÍHO SYSTÉMU

Členění kapitoly

Čas potřebný ke studiu

Cíl

Výklad

Shrnutí pojmů

Otázky

Literatura k dalšímu studiu

Témata doplňkového samostudia



Čas potřebný ke studiu: 480 minut



Cíl: Po prostudování této kapitoly

- budete chápat smysl technické standardizace;
- budete znát strukturu a obsah normativní základny podniku;
- budete umět stanovit vybrané technické, technicko-hopodářské normy a normativy operativního řízení výroby;
- budete znát cíle a obsah jednotlivých fází operativního řízení výroby;
- budete znát základní mechanismus tvorby operativního plánu výroby;
- budete mít přehled o metodách výrobního rozvrhování;
- budete znát obsah, cíle a systémy operativní evidence výroby a budete schopni posoudit vhodnost jednotlivých systémů ve vazbě na typ výroby;
- budete znát obsah, cíle a systémy bezprostředního řízení výroby a

budete schopní posoudit vhodnost jednotlivých systémů ve vazbě na typ výroby;

- **pochoptíte rozdíl mezi změnovým a odchylkovým řízením a seznámíte se s etapami změnového řízení;**



Výklad

5.1 Normativní základna řízení výroby

- souhrn norem uspořádaných do relativně samostatného informačního systému

Norma

- závazný předpis vlastností, funkcí, míry množství výrobních činitelů, jejich vztahů, kombinací a způsobů fungování ve výrobním procesu
- výsledek procesu standardizace

Standardizace

- proces redukce a usměrňování diverzifikace
- činnosti omezující nežádoucí rozmanitost prvků, činností, informací ve výrobě
- cíl: stabilita, přehlednost, jednoznačnost, hospodárnost procesu výroby
nalezení optimálního výběru činitelů výrobního procesu tak, aby odpovídal posledním poznatkům výzkumu trhu a stavu techniky a technologie a současně požadavkům na hospodárnost při nákupu, skladování a užití.

Předmět standardizace

- Výrobní činitelé
- Výrobky
- Pracovní metody
- Technologické postupy
- Vztahy a kombinace mezi činiteli a činnostmi

Struktura normativní základny – viz příloha 10

A. Technické normy (TN) - standardizace věcných prvků - vstupů a výstupů a činností

- TN pracovních předmětů
- TN pracovních prostředků
- TN konstrukce výrobků
- TN technologických postupů

B. Technicko-hospodářské normy (THN) - standardizace vztahů ve spotřebě a využití výrobních činitelů

- THN spotřeby práce
- THN výrobních kapacit
- THN spotřeby materiálu
- THN zásob materiálu

C. Standardní normativy operativního řízení výroby (SN) - slouží k věcnému a časovému uspořádání, plánování a řízení výrobního procesu

- SN výrobních dávek
- SN taktu a rytmu
- SN průběžné doby výroby
- SN zásob rozpracované výroby

D. Organizační normy - standardizace řídicího procesu (organizační řád, pracovní řád, ...)

5.1.1 Technické normy

1. Technické normy technologických postupů

Cíl: - tvorba postupů společných pro technologicky příbuzné součásti

- Zefektivnění TPV
- Zkrácení průběžné doby výroby
- Minimalizace časů na přípravu a seřízení

Formy: - souborový technologický postup

- typový
- sdružený
- skupinový

Typový technologický postup

- všechny operace pro celý soubor součástí tvořících technologickou řadu
- technologická řada - tvořená součástmi, kde všechny nebo alespoň všechny hlavní operace jsou stejné (součásti shodné tvarově, materiálově i jakostí opracování hlavních ploch)

Skupinový technologický postup

- vytvořen pro tzv. komplexní součást (obsahuje všechny hlavní plochy všech součástí ve skupině opracovávané na dané operaci)
- je omezen na jednu operaci, která je společná pro skupinu součástí, které mohou být i tvarově odlišné
- sjednocení přípravků a nářadí pro skupinu součástí
- Opracování celé skupiny součástí při jednom seřízení

2. Technické normy konstrukce výrobku

Cíl: - odstranění rozmanitosti a mnohotvárnosti výrobků a jejich částí

- zjednodušení a zkrácení doby TPV, plánování a řízení výroby
- snížení počtu druhů výrobků - zvýšení opakovatelnosti výroby - snížení nákladů na jednici výroby

Formy:

Typizace - výběr nebo vytváření hospodárného počtu typů výrobků dle hlavních parametrů - výsledkem je typová řada

Unifikace - výběr nejvhodnějšího technického řešení ze všech užívaných

- vytváření jednotného předmětu co největším sjednocováním rozměrů, struktury, vlastností (u předmětů se stejným či podobným účelem)
- unifikovaný výrobek - výrobek mající znaky několika podobných výrobků

Konstrukční normalizace - stanovení nejvýhodnějšího tvaru, který se uplatňuje pro různé velikosti součástí

Dědičnost - přejímání součástí z dosud vyráběných výrobků do výrobků nových

Stavebnicové řešení - konstrukce výrobků na základě stejných montážích sestav a součástí

5.1.2 Technicko-hospodářské normy

- kvantitativní a kvalitativní vztahy mezi vstupními a výstupními prvky a činnostmi procesu

1. THN spotřeby práce

- vyjádření množství živé práce potřebné k vykonání pracovního úkolu (operace)

Využití: - při sestavování plánu podniku

- pro operativní řízení výroby
- jako prostředek měření spotřeby práce
- k rozdělení fondu pracovního času mezi různé druhy práce

Třídění spotřeby času ve směně – viz příloha č.11.

Operace a její členění

Operace - časově souvislá část výrobního procesu vykonávaná na 1 či více pracovištích, na jednom či několika pracovních předmětech jedním pracovníkem či četou.

Úsek - část operace, která se provádí na jedné ploše, jedním nástrojem při stejných technologických podmínkách

Úkon - část operace, obsahující jednoduchou pracovní činnost stejného charakteru

Pohyb - nejmenší pracovní činnost, která se při tvorbě výkonových norem měří.

Členění THN spotřeby práce

1. **Normy pracnosti** - množství pracovního času potřebného k provedení určitého objemu práce nebo k vytvoření jednotky výrobku
2. **Normy výkonové** - spotřeba času nutná k provedení pracovní operace
 - času
 - množství (množství pracovních operací připadajících na čas. jednotku)
3. **Normy obsazení** - vztahy mezi počtem pracovníků a počtem jimi obsluhovaných strojů
4. **Normativy početních stavů** - počet pracovníků v daném organizačním útvaru, kteří mají vykonávat práce nevýrobní povahy

Normativy času - výchozí údaj pro stanovení norem času

- nutná spotřeba pracovního času potřebného na provedení určité části operace práce prováděné za určitých technických a organizačních podmínek

Struktura výkonové normy času

$$t = t_1 + t_2 + t_3 \quad (5.1)$$

t_1 - čas práce

t_2 - čas obecně nutných přestávek

t_3 - čas podmíněčně nutných přestávek

- norma jednotkového času

$$t_A = t_{A1} + t_{A2} + t_{A3} \quad (5.2)$$

- norma dávkového času

$$t_B = t_{B1} + t_{B2} + t_{B3} \quad (5.3)$$

- norma směnového času

$$t_C = t_{C1} + t_{C2} + t_{C3} \quad (5.4)$$

Vybrané metody stanovení výkonových norem

1. **Metoda rozborově výpočtová** (H, S)

- rozbor operace na jednotlivé složky
- stanovení času jednotlivých složek operace pomocí normativů času
- výpočet normy

2. **Metoda rozborově průzkumová** (chronometrážní)

- důsledný rozbor pracovní operace na úkony
- stanovení potřeby času pro jednotlivé úkony pomocí snímkování operace

3. **Metoda sumárně porovnávací** (K, MS)

- neprovádí se rozbor operace

- porovnání uvažované operace s operací technologicky podobnou, pro niž je stanovena norma výkonu
- zohlednění odlišností

4. Statistická metoda (H)

- z operativních evidenčních podkladů o dosahovaných výkonech na určité operaci se vypočte průměrný výkon za jednotku času a z něho souhrnná spotřeba času na jednici výroby.

2. *THN výrobních kapacit*

Výrobní kapacita

- maximální množství výrobků, které může jednotka výrobního zařízení vyprodukovat ve vymezeném období za daných, přesně vymezených podmínek (org., personálních, technologických) a při plném využití efektivního časového fondu zařízení.

A. THN využitelného časového fondu výrobního zařízení T_k

$$T_k = [(t_k - t_n) \cdot s \cdot t_h] - [(t_v + t_p) \cdot s \cdot t_h] \text{ (hod/rok)} \quad (5.5)$$

t_k počet kalendářních dní v roce

t_n počet nepracovních dní v roce

s počet směn v 1 pracovním dni

t_h počet pracovních hodin v jedné směně

t_v počet dnů na plánované opravy

t_p počet dnů ostatních nezbytných přerušení činnosti

B. THN výrobní kapacity Q_k

$$Q_k = T_k \cdot V_k \quad (5.6)$$

$$Q_k = \frac{T_k}{P_k} \quad (5.7)$$

V_k THN výrobnosti – maximální množství výrobků, které vyprodukuje určité výrobní zařízení za jednotku času

P_k THN pracnosti – čas potřebný na výrobu jednice výkonu na určitém výrobním zařízení

Základní metody stanovení norem výrobních kapacit

1. Metoda propočtově analytická – viz vzorec pro výpočet T_k na předchozí straně

2. Metoda typových reprezentantů

Pro typového reprezentanta určíme normu propočtově analyticky a pomocí převodových koeficientů tuto normu přepočteme na normu i-tého člena typové řady.

Převodový koeficient – je dán poměrem hodnoty hlavního parametru reprezentanta a výrobku, pro nějž určíme normu kapacity (i-tého člena typové řady).

$$Q_{ki} = Q_{kR} \cdot \frac{p_i}{p_R} \quad (5.8)$$

Q_{kr} norma výrobní kapacity pro typ. reprezentanta

p_i hodnota hlavního parametru u i-tého člena typové řady

p_R hodnota hlavního parametru reprezentanta

Struktura kalendářního časového fondu výrobního zařízení - viz příloha 12.

3. THN spotřeby materiálu

- kvalitativní a kvantitativní vztahy mezi materiálem a jednicí výkonu
- vyjadřuje optimální míru spotřeby materiálu na jednici výkonu za daných technických a ekonomických podmínek

Struktura normy – viz příloha 13.

Individuální norma spotřeby materiálu

- spotřeba 1 druhu materiálu na daný výrobek

Souhrnná norma spotřeby materiálu

- spotřeba veškerých druhů materiálu na výrobek

Základní metody stanovení THN spotřeby materiálu

1. Metoda propočtově analytická

- stanovení čisté spotřeby dle konstrukční dokumentace
- stanovení nezbytně neužitečné spotřeby – dle technologické dokumentace
- technicko- ekonomické analýzy s cílem snížit spotřebu – mohou vyplynout konstrukční a technologické změny
- metodu lze doplnit o optimalizační úlohy lineárního programování – mělo by vést ke zvýšení využití výchozího materiálu (řezné plány, nástřihové plány, směšovací úloha)

2. Metoda typových reprezentantů

- určení typového reprezentanta (nutná existence úplné konstrukční a technologické dokumentace)
- stanovení THN spotřeby materiálu pro typového reprezentanta metodou propočtově analytickou N_R
- určení převodového součinitele k_{pi} dle hlavního parametru dané typové řady
- výpočet normy pro ostatní členy typové řady

$$N_i = N_R \cdot k_{pi} \quad (5.9)$$

N_R norma spotřeby materiálu pro typ. reprezentanta

k_{pi} převodový součinitel

3. Metoda propočtu dle ukazatelů využití materiálu

- určení typového reprezentanta
- stanovení THN spotřeby materiálu pro typového reprezentanta metodou propočtově analytickou N_R
- stanovení součinitele využití materiálu u reprezentanta k_R pomocí čisté spotřeby u reprezentanta $N_{\check{c}R}$

$$k_R = \frac{N_{\check{c}R}}{N_R} \quad , \quad ;(5.10)$$

$N_{\check{c}R}$... čistá spotřeba u typ. reprezentanta

N_R norma celkové spotřeby u reprezentanta.

- stanovení celkové normy spotřeby materiálu u ostatních členů typové řady

$$N_i = \frac{N_{\check{c}i}}{k_R} \quad , \quad (5.11)$$

$N_{\check{c}i}$čistá spotřeba materiálu u i-tého výrobku

4. *THN výrobních zásob*

Tab. 5.1 Druhy zásob a jejich výskyt v produkčním řetězci

Produkční řetězec	Druhy zásob
Dodavatel	
Sklad výrobních zásob	Výrobní zásoby
Výroba	Zásoby nedokončené výroby
Sklad hotových výrobků	Zásoby hotových výrobků
Odběratel	

Výrobní zásoby

- zásoby veškerého materiálu nakoupeného od dodavatelů vč. hotových výrobků a polotovarů,
- materiál od jeho pořízení po předání do výrobního procesu.

THN výrobních zásob materiálu

- ekonomicky přiměřené množství materiálu na skladě nutné ke krytí reálných potřeb výroby mezi 2 po sobě jdoucími dodávkami materiálu (v časových nebo hmotných jednotkách)

Druhy norem výrobních zásob

1. Norma běžné zásoby

- množství materiálu na skladě nutné ke krytí potřeby mezi 2 následujícími dodávkami

$$\bar{Z}_B = \frac{Z_{max} - Z_{poj}}{2} \quad \bar{Z}_B = \frac{\bar{q}}{2} \quad \bar{Z}_B = \frac{\bar{t}}{2} \cdot \bar{y} \quad , \quad (5.12)$$

$Z_{\max}$... zásoba maximální
 Z_{poj} zásoba pojistná
 $\bar{q}$ průměrná velikost dodávky
 $\bar{t}$ průměrná délka dodacího cyklu
 $\bar{y}$ průměrná spotřeba materiálu za čas. jednotku

2. Norma pojistné zásoby

- THN pojistné zásoby představuje množství materiálu na skladě, které zabezpečuje nerušený průběh krytí potřeb výroby v případě zpožděné nebo snížené dodávky nebo zvýšené spotřeby materiálu oproti předpokladům.

$$Z_{\text{poj}} = I \cdot (\sigma_y + \sigma_q + \sigma_t \cdot \bar{y}) \quad , \quad (5.13)$$

I ... koeficient jištění
 σ_y směrodatná odchylka spotřeby za čas. jednotku
 σ_q směrodatná odchylka velikosti dodávek
 σ_t směrodatná odchylka velikosti dodacího cyklu

3. Norma technologické zásoby

- vzniká v případě nutnosti např. zrání, sušení materiálu...

5.1.3 Standardní normativy operativního řízení výroby

- umožňují v opakovaných výrobach vybrat optimální kombinace průběhu výrobního procesu, sjednotit je, stabilizovat a uplatňovat je jako závazné podklady operativního řízení výroby,
- představují stanovení nejvýhodnější časové, prostorové a věcné struktury výrobního procesu,
- umožňují kontrolu průběhu výrobního procesu, synchronizaci dílčích činností, plynulé, rytmické odvádění výrobků.

Základní standardní normativy

- velikosti výrobní dávky
- průběžné doby výroby
- zásob rozpracovaných výrobků
- výrobního taktu a rytmu

1. Standardní normativ velikosti výrobní dávky

Výrobní dávka

- soubor výrobků nebo součástí, které jsou na určitém pracovišti opracovávány při jednorázovém vynaložení nákladů na přípravu a zakončení práce na této dávce

Výhody zvyšování velikosti výrobní dávky

- snižování nákladů na přípravu a zakončení práce na dávce

- zvyšování využití časového fondu strojů
- zvýšení produktivity práce
- zjednodušení operativního řízení výroby

Nevýhody zvyšování velikosti výrobní dávky

- zvyšování vázanosti prostředků ve zásobách
- růst nákladů na udržování zásob
- vyšší potřeba skladovacích a výrobních ploch
- prodlužování průběžné doby výroby

V SOUČASNÝCH VÝROBNÍCH SYSTÉMECH - SNAHA MINIMALIZOVAT
VELIKOST VÝROBNÍ DÁVKY.

Způsoby stanovení velikosti výrobní dávky

1. Kapacitní přístup

- Stanovuje se *minimální výrobní dávka*,
- zohledňuje se pouze faktor využití kapacity strojů a zařízení,
- určuje se dolní ekonomicky přípustná hranice velikosti dávky z hlediska využití výrobních zařízení,
- čas přípravy a zakončení nesmí překročit maximálně přípustný podíl na čase aktivního působení stroje – empiricky stanoveno jako koeficient k_a

$$k_a = \frac{t_{pzi}}{t_{ki} \cdot d_v} \qquad d_{vmin} = \frac{t_{pzi}}{t_{ki} \cdot k_a} \quad (\text{hm.j.}) , \qquad (5.14)$$

t_{pzi} čas přípravy a seřízení (Nh, Nmin)

t_{ki} čas kusový (Nmin, Nhod)

d_v velikost výrobní dávky

$$d_{vmin} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{pzi}}{\sum_{i=1}^m t_{ki} \cdot k_a} \quad (\text{hm.j.}) , \qquad (5.15)$$

m počet operací

(lze vyjádřit i nákladově).

Koeficient k_a se pohybuje mezi 2-12%

- velké složité součásti $k_a = 0.04$
- středně -" $k_a = 0.05$
- drobné součásti $k_a = 0.08$
- výroba na automatech $k_a = 0.1$

2. Nákladový přístup

- určuje se optimální velikost výrobní dávky
- má se stanovit taková velikost výrobní dávky, aby celkové náklady byly minimální
- dvě skupiny nákladů:

- a) náklady na přípravu a zakončení 1 dávky n_{pz} , resp. celkové náklady na přípravu a zakončení N_{pz} , všech dávek za časové období T
b) náklady na skladování a udržování 1 ks produktu za čas. jednotku n_s

$$d_{vopt} = \sqrt{\frac{2 \cdot N_{pz} \cdot Q_p}{n_s \cdot T}} \quad (5.16)$$

T plánovací období (např. 1 rok),

Q_p ...plánovaný objem výroby na období T .

3. Metoda standardizované frekvence dávkování

- základem je stanovení optimální velikosti výrobní dávky, která se pak přibližuje reálné frekvenci dávkování
- standardní frekvence vychází z kalendářního rytmu plánování zadávání výroby.

2. Standardní normativ taktu a rytmu

- využití ve výrobach s vyšším stupněm opakovatelnosti.
 - ♦ Výrobní takt T - časový interval mezi odvedením 2 po sobě jdoucích součástí

$$T = \frac{F_t}{Q} \quad (\text{čas.j.}) \quad (5.17)$$

F_t využitelný časový fond zařízení

Q plánovaný objem výroby na období t

Rytmus práce výrobní linky, úseku

$$r = \frac{F_t - (t_{tz} + t_{orgz})}{Q(1 + \frac{z}{100})} \quad (5.18)$$

t_{tz} ztráty způsobené technologickými nedostatky

t_{orgz} ztráty způsobené organizačními nedostatky

z procento zmetků

- ♦ Tempo odvádění výrobků $1/T$

- ♦ Koeficient synchronizace

- stupeň dosažené synchronizace u jednotlivých operací

$$k_s = \frac{t_{ki}}{r} \quad (5.19)$$

t_{ki} kusový čas,

r rytmus.

Přínosy vyššího stupně synchronizace

- lepší využívání výrobního zařízení, pracovníků
- zkracování průběžné doby výroby
- snižování vázanosti prostředků v rozpracované výrobě

Způsoby dosažení vyššího stupně synchronizace

- lepší seřízení stroje,
- lepší vybavení stroje nářadím a přípravky
- výměna stroje za stroj s vyšším výkonem, se sdruženými operačními schopnostmi
- doplnění linky o další stroje, pracovníky...
- zásahy do používaných technologií a postupů (vyloučení operací, sloučení operací, změna technologického postupu...)
- změna rozměru výchozího materiálu, změna druhu materiálu)
- konstrukční úpravy ovlivňující pracnost, počet a rozsah operací
- změny v organizaci výroby (zlepšení prac. podmínek, snížení zmetkovitosti, změna režimu práce, změna velikosti výrobních a dopravních dávek, změna způsobu manipulace s materiálem, výměna pracovníka...)

3. Standardní normativ zásob rozpracované výroby

Zásoby rozpracované výroby

- veškeré pracovní předměty, které opustily sklady materiálu
- jsou v procesu přeměn, nebyly dosud převedeny do skladu hotových výrobků.

Standardní normativ zásob rozpracované výroby

- pro opakované procesy určuje nezbytně nutné množství rozpracovaných výrobků pro zajištění plynulého výrobního procesu (v hm. j.).

Členění zásob rozpracované výroby

1. mezioperační zásoby (mezi operacemi v rámci 1 výrobního úseku)

- technologická zásoba
- obrátová zásoba
- dopravní zásoba
- opravárenská zásoba
- pojistná zásoba

2. Skladové zásoby (mezi výrobními úseky- linkami, pracovišti...)

- obrátová zásoba
- pojistná zásoba

a) Technologická zásoba

- představuje rozpracované výrobky, které jsou právě opracovávány na jednotlivých pracovištích nebo jsou kontrolovány na kontrolních stanovištích

$$Z_T = \sum_{i=1}^m p.s \quad (5.20)$$

p počet pracovišť provádějících stejnou operaci
s počet součástí opracovávaných současně na jednom pracovišti
m ... počet operací

b) Obratová zásoba

- vzniká na linkách, kde nejsou synchronizována pracoviště,
- mezi 2 operacemi, které mají různý pracovní režim,
- mezi 2 operacemi, které mají odlišný technologický charakter.

Cyklus obratu - doba, za kterou obratová zásoba vykoná 1 obrat, který se pravidelně opakuje

c) Dopravní zásoba

- představuje nedokončené výrobky přepravované mezi navazujícími pracovišti

$$Z_d = \frac{L}{r \cdot v} \cdot d_d(hm.j.) \quad , \quad (5.21)$$

Lpřepavní vzdálenost

v rychlost přepravy

r rytmus linky

d_d.....velikost dopravní dávky

d) Oprávérenská zásoba

- zásoba rozpracované výroby potřebná na překrytí doby plánované či jiné opravy

$$Z_{op} = \frac{t_{op}}{r} \quad (5.22)$$

t_{op}..... čas nutný k provedení opravy

e) Pojistná zásoba

- zásoba, která má pokrýt nepředpokládané krátkodobé výkyvy ve výrobě

$$Z_{poj} = \frac{t_{poj}}{r} \quad (5.23)$$

t_{poj} čas nutný k odstranění výkyvů v procesu .

5.1.4 Standardizace řídicího procesu

- organizační normy, které určují:
 - průběh vykonávaných činností
 - oběh dokladů
 - zodpovědnosti
 - působnost jednotlivých organizačních jednotek.

Typické organizační normy – směrnice upravující:

A. Základní organizační vztahy firmy

- Statut a jednací řady řídicích orgánů
- Organizační řád
- Podpisový řád
- Pracovní řád
- Platový řád – mzdový předpis
- Spisový a skartační řád
- Příručka jakosti

B. Dílčí činnosti

- Nárokování, příjem a výdej materiálu, nářadí...
- Směrnice pro oblast kontroly a řízení jakosti
- Evidence výroby
- Evidence materiálu
- Evidence nedokončené výroby, hotových výrobků, nářadí, nástrojů
- Evidence zmetků a manků
- Evidence mezd a pracovníků
- Evidence využití výrobních kapacit
- Oběh dokladů (vč. způsobu vyplňování, zpracování, archivace)
- Postup při přijímání a vystavování objednávek (vč. poptávkového a nabídkového řízení)
- Změnové a odchylkové řízení
- Organizační uspořádání provozů a pracovišť (vč. označování)
- Dokumentace TPV

C. Principy kódování a číselníky

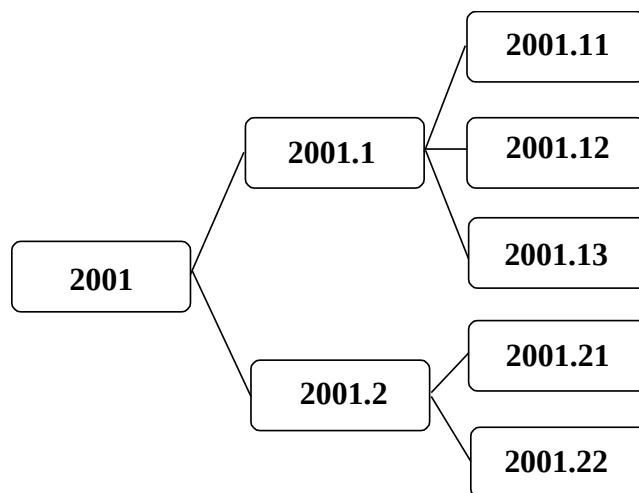
- Materiálu, nářadí, nástrojů
- Strojů a zařízení
- Pracovníků
- Organizačních jednotek
- Technologických postupů
- Dílů, součástí a hotových výrobků.

Systémy číslování technické dokumentace (výkresů a technologických postupů)

A. Větvené číslování

- finální výrobek – kódové označení (základní kombinace písmen a číslic)
- všechny části až po základní díly jsou postupně značeny v návaznosti na předchozí vyšší část výrobku

- pro každý stupeň – konstrukční a technologická dokumentace (obsahující kód příslušné součásti)
- vhodné pro omezený sortimentní rozsah výroby s malou variantností výrobků

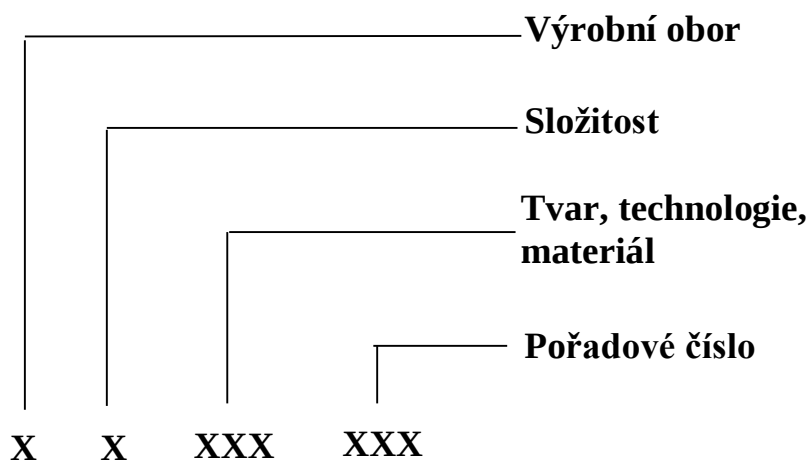


Obr. 5.1 Schéma větveného číslování výrobků

B. Tvarové číslování

Bere v úvahu

- složitost
- tvar
- výchozí materiál
- způsob použití
- způsob opracování



Obr. 5.2 Schéma tvarového číslování

5.2 Operativní řízení výroby

Struktura OŘV



Obr. 5.3 Schéma struktury operativního řízení výroby

Základ subsystému – *komplex operativních plánů*

- prodeje (odbytu)
- výroby
- nákupu

v různých časových horizontech

- čtvrtletí, měsíce, dekády, týdne, dne, směny

Nutné odlišovat od pojmu „*vnitropodnikové (nákladové) řízení*“
= řízení vnitropodnikových útvarů na základě nákladů a výnosů.

Obsah OŘV

- relativně samostatný subsystém řízení podniku
- zabezpečuje funkce řízení výroby
- je neoddělitelný od vlastního výrobního procesu a kontroly jeho průběhu
- zajišťuje naplnění strategických a taktických cílů vytvářením a neustálým obnovováním proporcionality mezi všemi výrobními činiteli

Hlavní cíl:

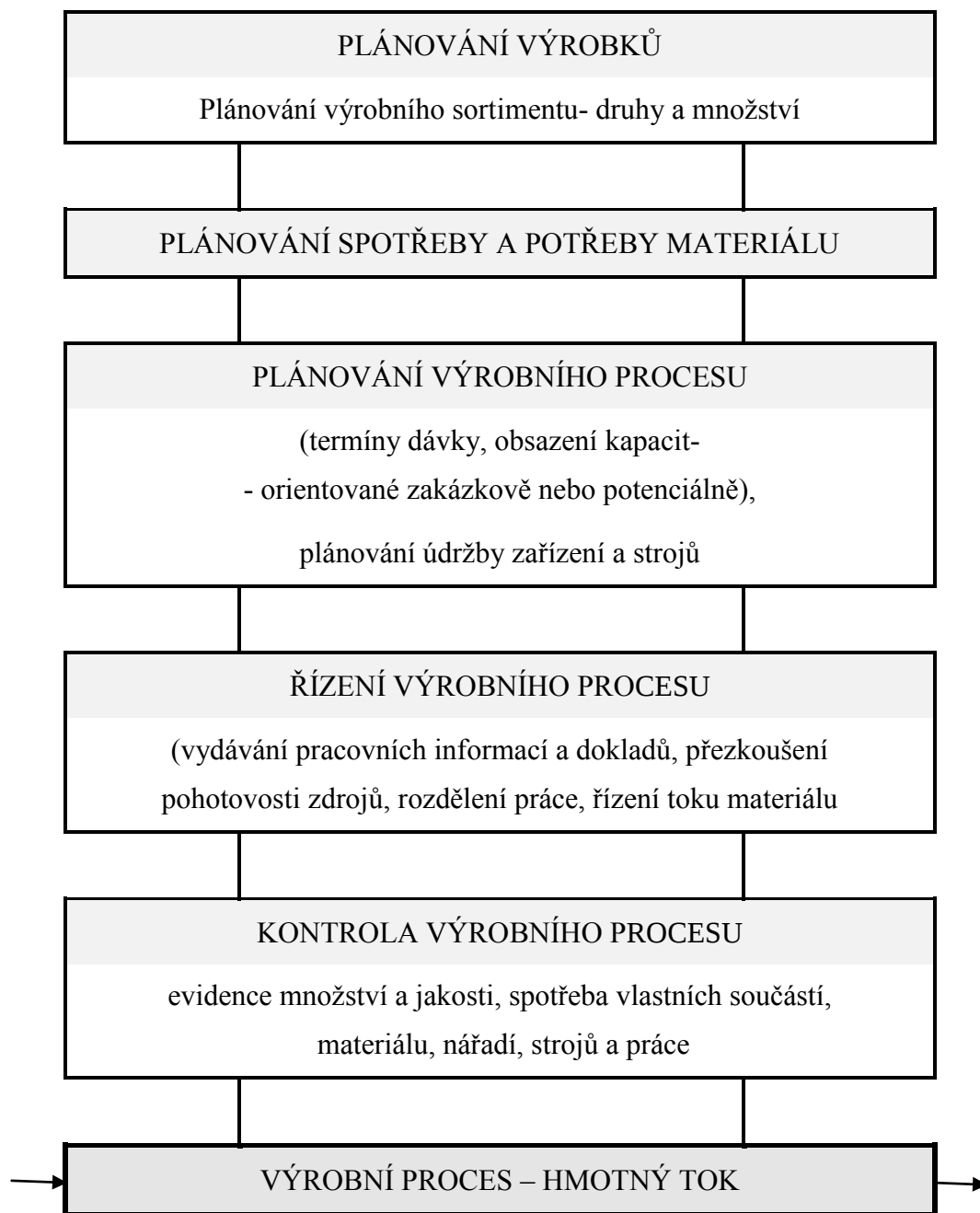
- stanovení konkrétních úkolů jednotlivým organizačním jednotkám
- koordinace činností z věcného a časového hlediska

Funkce OŘV

- Vytvoření plánu odvádění výroby (plán finální výroby)

- Transformace plánu finální výroby do plánu zadávání výroby
 - a) rozpis výrobních úkolů – po linii věcné až na jednotlivé operace
 - po linii zodpovědnosti až na jednotlivá pracoviště,
 - v čase
 - b) stanovení požadavků na zabezpečující subsystemy (zásobování materiálem, energií, nástroji..., údržba)
- Bezprostřední řízení výrobního procesu
 - řešení odchylek od předpokládaného průběhu
 - vč. krátkodobého zpřesňování operativních plánů výroby z hlediska prostorového, časového i věcného.
- Zaznamenávání a vyhodnocování skutečného stavu a průběhu výrobního procesu
- Změnové řízení

5.2.1 Operativní plánování výroby (OPV)



Obr. 5.4 Obsah základních subsystémů operativního řízení výroby

Hlavní výrobně ekonomické cíle OPV:

- Minimalizace nákladů
- Minimalizace průběžných dob
- Maximalizace využití kapacit

- Minimalizace odchylek v termínech předávání ve výrobě a dodržení dodacích lhůt

Obecný postup při OPV

1. Výpočet spotřeby částí na výrobek - kusovníky
2. Stanovení ekonomických výrobních dávek (výrobních zakázek)
3. Bilancování potřeby výrobních dávek
4. Stanovení termínů odvádění a zadávání
5. Bilance kapacit pracovníků, strojů
6. Výpočet potřeby nástrojů, nářadí a přípravků
7. Lhůtový plán dílny.

Ad 1. Výpočet spotřeby částí na výrobek - kusovníky

- první plánu krok transformace odbytu (odváděné výroby) na plán zadávané výroby
- věcná specifikace plánu
- podklad pro lhůtové plánování a řízení výroby, pro správný výpočet potřeby jednotlivých činitelů výroby (materiálu, pracovníků dle profesí, nářadí, nástrojů)
- podklad pro výpočet ekonomických výrobních dávek
- základní dokument – *kusovník (Bill of Material)* (u mechanicko-fyzikálních procesů)
- postupný propočet částí v jednotlivých kolech dle struktury kusovníků = rozpouštění výrobků podle kusovníků do částí.

Kusovníky

- znázornění skladby jednotlivých výrobků a jejich částí
- nástroj pro výpočet spotřeby jednotlivých částí i spotřeby materiál

Druhy kusovníků:

- Nestrukturovaný kusovník
 - přehled množství spotřebovávaných částí výrobku či materiálu
 - jde o souhrnný kusovník bez vyjádření vnitřních vazeb mezi jednotlivými částmi
 - jde o souhrnnou THN spotřeby
- Kusovník strukturní
 - vyjadřuje vnitřní vazbu
 - charakterizuje postupný vznik jednotlivých stupňů výrobku
 - umožňuje určit i vnitřní výrobní a montážní vazby
- Kusovníky zvláštní
 - variantní
 - gozinto graf
 - vedle základních kusovníkových vazeb obsahuje i údaje o primární, sekundární a dodatečné spotřebě (náhradní díly)

ad 2. Stanovení ekonomických výrobních dávek (výrobních zakázek) - hrubá potřeba

- základní evidenční jednotka výrobního procesu

ad 3. Bilancování potřeby výrobních dávek (stanovení čisté potřeby)

- zohlednění volných zásob nedokončené výroby ve výrobních meziskladech a rozpracované výroby přímo ve výrobním procesu;
- zohlednění požadavků na pojistné zásoby.

ad 4. Stanovení termínů odvádění a zadávání

- Termín odvádění – z bilance potřeby jednotlivých vyr. dávek
- Termín zadávání – z termínu odvádění

ad 5. Bilance kapacit pracovníků, strojů

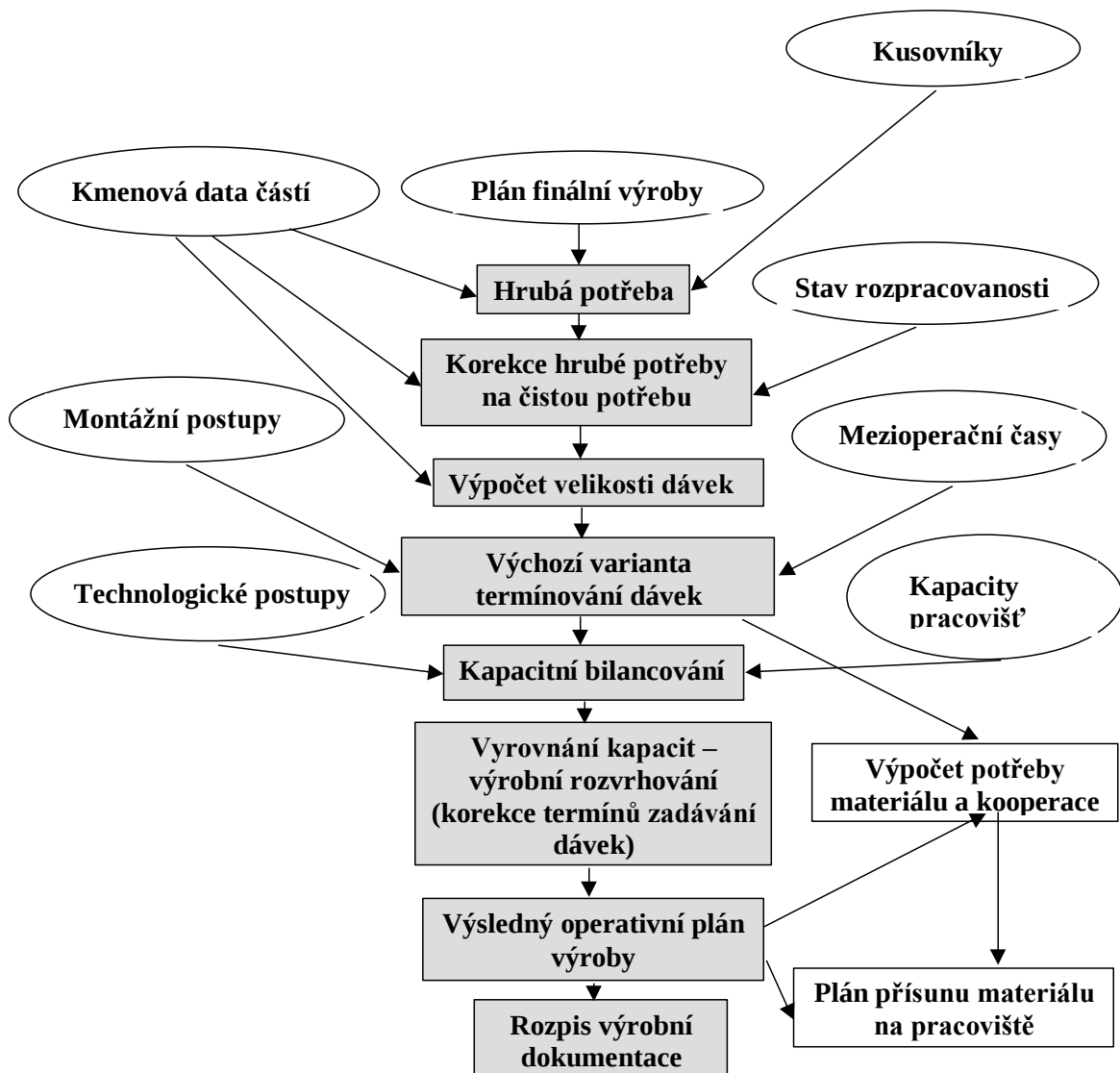
- = zatěžovací plán – aktualizace krytí skutečné potřeby kapacit s využitelným časovým fondem zařízení a pracovníků
- řešení rozporů těchto bilancí – *vyrovnání kapacitních disproporcí* (viz obr. 5.6 Opatření k odsouhlasení použitelné a poptávané kapacity)

ad 6. Výpočet potřeby materiálu, nástrojů, nářadí a přípravků

- slouží ke stanovení objednacích množství a dodacích termínů
- využití THN spotřeby materiálu, nářadí....

ad 7. Lhůtový plán

- předpis lhůt zadávání a odvádění pro dílnu
- předpis provedení jednotlivých operací na výrobní dávce (H, VS).
- zpřesňování krátkodobých plánů jako řešení méně závažných kapacitních disproporcí (pomocí *výrobního rozvrhování* – určení pořadí jednotlivých výrobních úkolů)
- na základě výsledného plánu výroby – nárokování přísunu materiálu ze skladu
- rozpis výrobních úkolů na pracoviště (předání výrobní dokumentace)



Obr. 5.5 Rámcový postup operativního plánu výroby –opakovaná strojírenský výroba

Základní činitelé ovlivňující metodiku operativního plánování výroby

1. Typ výroby
2. Kontinuita (přetržitost) výroby
3. Stupeň automatizace výroby
4. Výroba na sklad či na zakázku

Nepřetržité výrobní systémy - plánování je soustředěno na:

- Časový sled přísunu materiálu
- Časový sled odsunu hotových výrobků nebo částí či odpadu
- Stanovení denního objemu výroby – z toho plynoucí plánování odstávek, údržby, oprav

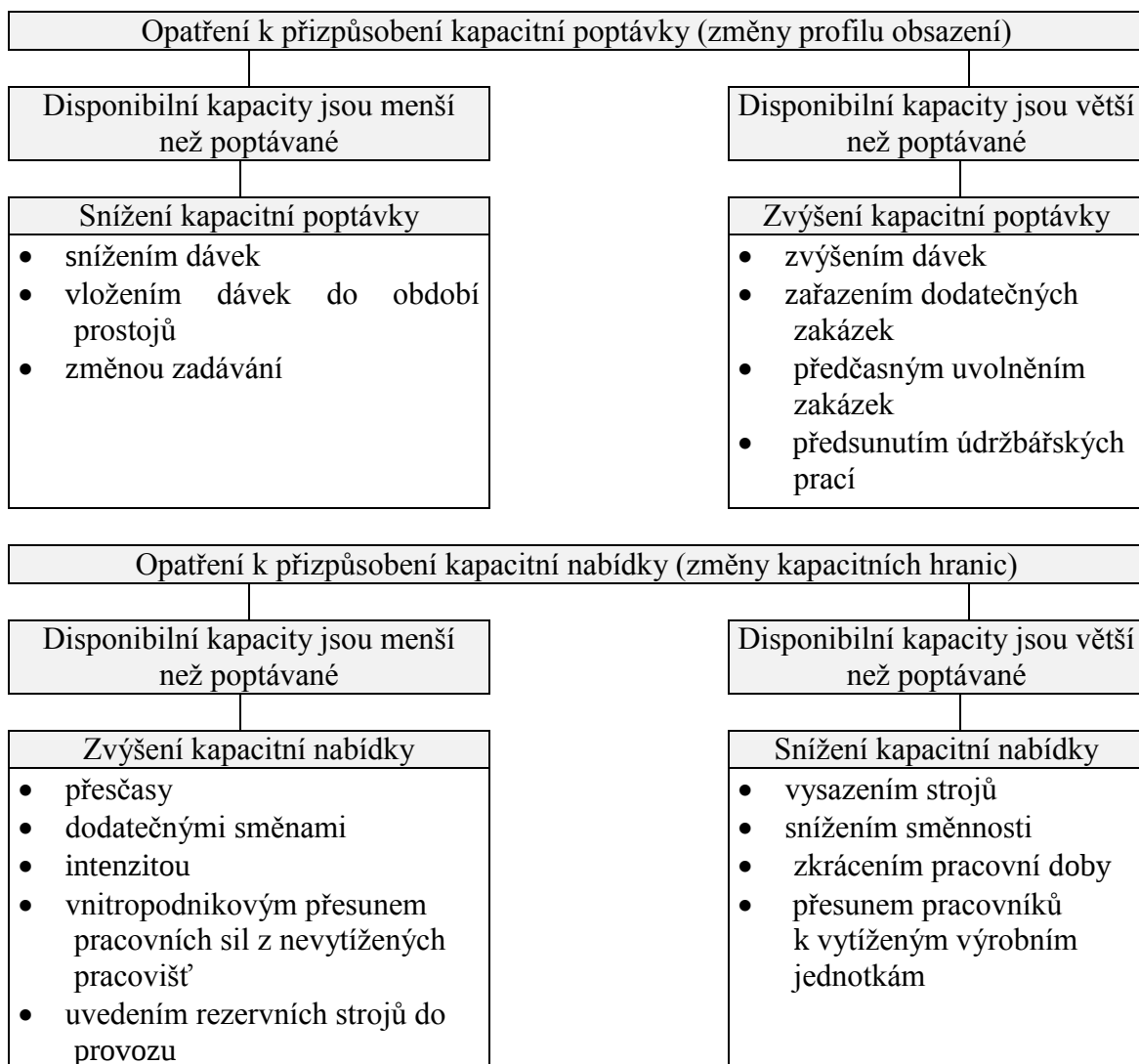
Přetržité výrobní systémy s dostatečnou mírou opakovanosti– zaměřeni na:

- využívání standardních podkladů
- podřízení se určitému rytmu, organizaci práce
- sledování stavu zásob

Zakázková a kusová výroba – cíl plánování:

- určení pořadí jednotlivých činností a jejich uvedení v soulad – metody síťové analýzy.

Opatření k odsouhlasení použitelné a poptávané kapacity



Obr. 5.6 Kapacitní bilance

5.2.2 Výrobní rozvrhování

Výrobní rozvrh – soubor údajů, z nichž je zřejmé, ve kterých časových intervalech a v jakém pořadí se mají plnit výrobní úkoly

Rozvrhovací úlohy (sekvenční úlohy, úlohy o následnosti práce)

- spočívají v určování následnosti realizace jednotlivých prací na jednotlivých výrobcích)

Postup při rozvrhování

1. získání vstupních informací:

- seznam úkolů v členění na operace s nejpozději nutnými termíny odvedení
- z nich odvozené nejpozději nutné (ideální) termíny zadávání
- přiřazená příslušná pracoviště

2. stanovení fronty prací – množina operací, které v daném časovém intervalu nárokují totéž pracoviště

3. stanovení nejdříve možného začátku operací (časový posun oproti nejpozději nutnému začátku operací) – manévrovací prostor

4. řešení střetu operací v rámci manévrovacího prostoru

- určení jejich finálního pořadí
- definitivní otermínování operací.

Metody rozvrhování

A. Rozvrhování dle prioritních pravidel

Tab. 5.2 Druhy prioritních pravidel

PRIORITA	CHARAKTERISTIKA
First come – first served	Výrobek přicházející jako první má nejvyšší prioritu
Nejvyšší zbývajících čas práce	Jako první je zařazen výrobek, kde je nejvyšší potřeba času na dokončení
Nejkratší zbývajících čas práce	
Nejméně zbývajících operací k provedení	
Nejméně zbývajících operací k provedení	
Nejdelší operační čas	Operace na daném stroji nejdelší čas
Nejkratší operační čas	
Nejdřívější termín dohotovení	
Nejmenší difference mezi termínem dodání a zbývajícím časem práce	Nejmenší skluz
Nejvyšší hodnota úkolu jako celku	
Nejvyšší hodnota před provedením stávající operace	Dynamické hodnotové pravidlo

- využití simulace

B. Heuristické metody

Zohledňují zkušenosti a odhad řešitele

C. Exaktní metody

1. Metody z oblasti kombinatoriky (metoda párování, sdružování...)
2. Metody sekvenční (Sokolycynova, Johnsonova)
3. Metody vícekritériální optimalizace (celočíselné LP, dynamické programování, ...)

Základní kritéria nalezení správného pořadí:

- dosažení minimální průběžné doby
- maximální využití kapacity zařízení
- minimalizace prostojů zařízení

Trendy: - dialogový režim práce s počítačem – počítačové procedury jsou kombinovány s měnícími zásahy,
- simulačně heuristické postupy

5.2.3 **Operativní evidence výroby**

- zajištění kontroly plnění operativních plánů
- evidence vlastního hmotného toku
- evidence spotřeby výrobních faktorů
- evidence odchylek, změn a ztrát při plnění výrobních úkolů v čase, množství a jakosti

Typy dokladů operativní evidence výroby

- Mzdový (pracovní) lístek – podklad pro provedení operace vč. doby trvání, popř. určení odpovídající mzdy.
- Výdejka materiálu - podklad pro výdej materiálu ze skladu výrobních zásob
- Výdejka součástí
- Odváděcí doklad součástí – podklad pro převzetí do výrobního meziskladu
- Odváděcí doklad výrobku - podklad pro převzetí do skladu hotových výrobků
- Výdejka nářadí

Další doklady jako reakce na odchylky :

- Odchylka mzdy
- Odchylka ve výdeji materiálu
- Zmetkové hlášení

Systémy operativní evidence výroby

Faktory ovlivňující konkrétní způsob evidence:

- Způsob, charakter a typ výroby
- Složitost výrobního procesu
- Průběžná doba výroby
- Počet pracovníků
- Organizační struktura

1. Systém průvodek

- K, MS výroba, krátké doby operací, kratší celková průběžná doba
- evidence se provádí v závislosti na průběhu dávky výrobním procesem
- základní doklad – průvodka, která obsahuje:
 - postup zpracování
 - opracovávaný materiál či součásti
 - lhůty zpracování jednotlivých operací
 - evidence vyrobeného množství a zmetků
 - odpracované hodiny či odpovídající mzda
- průvodka je postupně doplňována na jednotlivých pracovištích

2. Systém pracovních lístků

- K výroba, složité výrobní operace různé délky, dlouhá průběžná doba
- každá operace – vlastní evidenční doklad (slouží jako pracovní příkaz)
- doplněno o přehled o operacích, které se mají provést na každém výrobku a záznam o pracovních lístcích vydaných pro tyto operace

3. Systém výrobních příkazů

- komplexní shrnutí dat za den, směnu.
- výrobní příkaz i evidence plnění úkolu
- *Obsah:*
 - přesné označení výrobku či jeho části
 - plánované množství
 - spotřeba materiálu, celková hodnota výroby
 - odpracované hodiny
 - prostoje pracovníka a stroje
 - vyrobené množství celkem, zmetky
 - spotřebovaný materiál
 - jména pracovníků
 - celková hodnota odvedené výroby.

5.2.4 Bezprostřední řízení výrobního procesu (BŘ)

Cíl: Řízení průběhu zakázek

- sleduje se plnění krátkodobého oper. plánu výroby
- zjišťují se rozdíly

- pomocí dočasných odchylek od plánu se opětovně vytváří soulad mezi skutečností a plánem

Uvolnění zakázky (dávky, kusu)

- předpoklad započetí vlastního výrobního procesu

Cíl: Prověření zajištěnosti výroby zakázky materiálem, stroji, přípravky a nástroji.

Metody řízení výrobního procesu

Odlišnosti dle:

- míry centralizace řízení
- míry podrobnosti výrobních úkolů předávaných řízeným jednotkám

1. Řízení mistrem

Mistr sám provádí všechny řídicí činnosti na svěřeném úseku výroby.

Vhodné pro: - jednoduchou méněstupňovou výrobu s nižšími požadavky na kooperaci

2. Dispečerské řízení

- centralizovaný systém řízení založený na zadávání úkolů a jejich kontrole
- řízení dle rozdílů a odchylek
- *základ:* - podrobně rozpracovaný operativní plán výroby až na jednotlivá pracoviště
- předvídání a odstraňování poruch

Vhodné pro: Vícestupňovou výrobu s vyššími požadavky na kooperaci

3. Přímé řízení výroby

- decentralizovaný systém řízení založený na nepříliš podrobných operativních plánech dopracovávaných na jednotlivých nižších výrobních jednotkách
- chybějící podrobnost plánů je nahrazena:
 - soustavným rozvrháváním výroby
 - udržováním fronty práce
 - soustavným zajišťováním chodu obslužných činností.

Vhodné pro: - K, MS výrobu, kde jsou - výrobní buňky, PVS

4. Automatická regulace procesu

- systém řízení dle stanoveného algoritmu v reálném čase
- technický prostředek řízení (jednouúčelový regulátor nebo řídicí počítač) je zapojen přímo do technologického procesu
- svými výstupy řídicí systém působí přímo na řízené členy procesu (regulační ventily, pohony, el. obvody...).

Vhodné pro: - spojitou aparaturní výrobu

5.2.5 Změnové řízení

1. Změnové řízení

2. Odchylkové řízení

- organizovaný proces (existence směrnice pro provádění změnového řízení)

- soubor činností, které souvisí s dodatečnou úpravou technologické a konstrukční dokumentace
 - V průběhu TPV
 - po jejím vydání
 - po zahájení výroby

Soubor činností zahrnuje:

- evidenci změn a odchylek
- promítání změn do:
 - THN
 - technické a výrobní dokumentace
 - kalkulací
 - zakázek
 - operativních plánů
- ekonomické zhodnocení změn

Změny - trvalý charakter

- promítnutí do všech podkladových, finančních, plánovacích dokumentů

Změna = důsledek inovativního chování

ALE současně - Změny = rušivé vlivy na proces

Ochylky - dočasný charakter

- promítnutí pouze do dokladů operativní evidence výroby
- výsledek soustavného vývoje a zdokonalování výrobních systémů.

- rentabilita změn
- minimalizace nákladů
- minimalizace ztrát
- evidence změn tak, aby bylo možné zjistit:
 - původní stav
 - příčiny změny
 - původce
 - termín platnosti změny



Obr. 5.7 Základní etapy změnového řízení

Tab. 5.3 Klasifikace změn

<i>Kritérium</i>	<i>Typ změny</i>
Obsah změny	• Technické • Výkonové • Formální
Doba platnosti	• S ohraničenou platností • Trvalého rázu
Dle okamžiku uvedení změny v platnosti	• Okamžité • Termínové
Dle příčin	• Z nutnosti • Na základě úvahy o vhodnosti • Vyžadované zákazníkem
Způsob projednávání	• Bez připomínkového řízení • S připomínkovým řízením

Změny bez připomínkového řízení

- nedochází k úpravám konstrukční dokumentace (technologické změny, organizační změny).

Odchylové řízení

- dočasná řešení (nákup nemůže zajistit správný materiál, přechodně je nepoužitelný určitý stroj...)

Předpoklady dokonalé změnové služby:

- metodika klasifikace změn
- vhodné formuláře pro evidenci změn (popis, připomínky, ekonomické vyhodnocení)
- určení funkcí, zodpovědných za realizaci změnového řízení
- důsledná registrace změn
- systém snadného opravování dokladů a kontrolních informací o provedení změny

- vytvoření jednoho registračního místa, které je zároveň i kontrolním místem
- projednání změny - útvary, jichž se mohou dotknout (konstrukce, technologie, nákup, prodej, výroba, ekonomika, řízení jakosti).



Shrnutí pojmů

Po prostudování kapitoly by vám měly být jasné následující pojmy:

- **Norma**
- **Normativní základna podniku**
- **Standardizace**
- **Technické normy technologických postupů**
- **Technické normy konstrukce výrobku**
- **Typizace**
- **Unifikace**
- **Konstrukční normalizace**
- **Dědičnost čas podmíněčně nurných přestávek**
- **Stavebnicové řešení**
- **Technicko-hospodářské normy spotřeby práce**
- **Operace**
- **Úsek**
- **Úkon**
- **Pohyb**
- **Čas práce**
- **Čas obecně nutných přestávek**
- **Jednotkový čas**
- **Dávkový čas**
- **Směnový čas**
- **Technicko-hospodářské normy výrobních kapacit**
- **Typový reprezentant**
- **Typová řada**
- **Technicko-hospodářské normy spotřeby materiálu**
- **Čistá spotřeba**

- **Nezbytná neužitečná spotřeba**
- **Technicko-hospodářské normy výrobních zásob**
- **Norma běžné zásoby**
- **Norma pojistné zásoby**
- **Norma technologické zásoby**
- **Standardní normativy operativního řízení výroby**
- **Standardní normativ velikosti výrobní dávky**
- **Standardní normativ taktu a rytmu**
- **Tempo odvádění výrobků**
- **Standardní normativ zásob rozpracované výroby**
- **Technologická zásoba**
- **Obratová zásoba**
- **Dopravní zásoba**
- **Větvené číslování**
- **Tvarové číslování**
- **Operativní řízení výroby**
- **Operativní plánování výroby**
- **Kusovník**
- **Termín zadávání do výroby**
- **Termín odvádění z výroby**
- **Čistá potřeba**
- **Hrubá potřeba**
- **Bilancování potřeby výrobních dávek**
- **Bilance kapacit**
- **Lhůtový plán**
- **Výrobní rozvrhování**
- **Heuristické metody rozvrhování**
- **Exaktní metody výrobního rozvrhování**
- **Fronta prací**
- **Předstih**
- **Manévrovací prostor**

- Přípustný výrobní rozvrh
- Stromečkový diagram
- Operativní evidence výroby
- Řízení mistrem
- Dispečerské řízení
- Přímé řízení výroby
- Automatická regulace procesu
- Změnové řízení
- Odchylkové řízení



Otázky

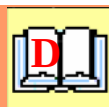
1. Co to je norma?
2. Co je smyslem a předmětem standardizace?
3. Z čeho se skládá normativní základna podniků?
4. Co standardizují technické normy?
5. Co standardizují technicko-hospodářské normy?
6. Co standardizují normativy operativního řízení výroby?
7. Jaké znáte standardizované technologické postupy? Jaký je mezi nimi rozdíl?
8. Co to je typizace, unifikace, normalizace? K čemu tyto procesy slouží?
9. Jaké jsou části výrobní operace?
10. Jaké znáte normy spotřeby práce a jaká je jejich základní struktura?
11. Jak lze spočítat výkonové normy?
12. Jaké znáte příklady času jednotkového, dávkového, směnového práce?
13. Jaké znáte příklady jednotkového, dávkového, směnového času obecně nutných a podmíněčně nutných přestávek?
14. Jakým způsobem lze stanovit výkonovou normu?
15. Co vše ovlivňuje výši normy výrobních kapacit?

16. Jakými metodami lze spočítat normu výrobních kapacit?
17. Jaká je struktura normy spotřeby materiálu?
18. Jaké metody lze použít ke stanovení výše normy spotřeby materiálu?
19. Jaké znáte druhy výrobních zásob?
20. Jak lze stanovit velikost výrobní dávky?
21. Jak určit normativ výrobního taktu a rytmu?
22. Co to je koeficient synchronizace?
23. Jaké znáte způsoby zvýšení synchronizace pracovišť?
24. Co je cílem vyšší synchronizace pracovišť?
25. Jaké znáte druhy zásob rozpracované výroby?
26. Kdy zásoby rozpracované výroby vznikají?
27. Jaké znáte systémy číslování technické dokumentace?
28. Co je cílem operativního řízení výroby a jaké má fáze?
29. Jaký je postup tvorby operativního plánu výroby?
30. Co to je lhůtový plán?
31. Jaké faktory ovlivňují metodiku operativního plánování výroby?
32. Jaké aktivity umožní přizpůsobení kapacitní poptávky, resp. kapacitní nabídky?
33. Co je podstatou výrobního rozvrhování a co to je přípustný výrobní rozvrh?
34. Jaké existují metody výrobního rozvrhování?
35. Co je cílem operativní evidence výroby?
36. Jaké znáte systémy operativní evidence výroby a jak jejich výběr ovlivňuje typ výroby?
37. Co je cílem bezprostředního řízení výroby, jaké znáte systémy operativního řízení výroby a jak jejich výběr ovlivňuje typ výroby?
38. Co je cílem změnového a odchylkového řízení?
39. Jaké jsou základní etapy změnového řízení?



Literatura k dalšímu studiu

- [1] Tomek, G.- Vávrová, V.: Řízení výroby. Grada, Praha: 1999.
- [2] Kosturiak, J.-Gregor, M.: Projektovanie výrobných systémov pre 21. Storočie. ŽU, Žilina, 2000.
- [3] Kavan, M.: Výrobní a provozní management. Grada, Praha: 2002.
- [4] Svobodová, H.: Produkční a operační management. VŠEM, 2008.
- [5] Vaněček, D. a kol.: Operační management. Jihočeská univerzita, 2010.
- [6] Slack, N. a kol.: Operations Management. Pearson Education, 2010.
- [7] Keřkovský, M.: Moderní přístupy k řízení výroby. 2. vyd. C H Beck, 2009.



Témata doplňkového samostudia

- metody stanovení obrátové zásoby
- štíhlé plánování a řízení

6. FÁZE IV – ZLEPŠOVÁNÍ VÝROBNÍHO SYSTÉMU A PROCESŮ

Členění kapitoly

Čas potřebný ke studiu

Cíl

Výklad

Shrnutí pojmů

Otázky

Literatura k dalšímu studiu

Témata doplňkového samostudia



Čas potřebný ke studiu: 480 minut



Cíl: Po prostudování této kapitoly

- budete rozumět podstatě metody SMED
- budete seznámeni s vybranými metodami analýzy a měření spotřeby práce



Výklad

6.1 SMED – Single Minute Exchange Of Die

Metoda redukce časů na přípravu a seřízení

- systematický proces pro minimalizaci časů prostojů (čekání zařízení) mezi zpracováním dvou po sobě následujících výrobních dávek.
- krátké časy na přípravu a seřízení = podmínka uplatnění malých výrobních dávek

Vysoké náklady na přípravu a seřízení :

- vedou k velkým výrobním dávkám (snížení možnosti reagovat na nečekané změny požadavků zákazníka)
- vedou ke značným zásobám
- zvyšují se požadavky na skladovací prostory

Metodika snížení času na přípravu a seřízení

1. krok oddělení činností, které musí být vykonány jedině v době, kdy je zařízení vypnuté (interní seřizování) od činností, které lze provádět během provozu (externí seřizování)
2. krok redukce času na interní seřizování převodem některých činností do externího seřizování
 - předem provedené nastavení
 - zjednodušení upnutí
 - přípravky na dávku
 - pomocný pracovník
3. krok redukce času na externí seřizování
 - organizace pracoviště a ostatních činností v dílně
 - redukce časů nastavení
4. krok redukce celkového času na přípravu a seřízení
 - zrušení seřizování prostřednictvím standardizace dílů

6 technik

- standardizace činností externího seřizování
- standardizace strojů
- aplikace rychlých upínačů
- využívání doplňkových nástrojů, které budou připravené v přípravku a s ním vložené do stroje
- vytvoření multipersonální skupiny pro seřizování
- automatizace procesu seřizování

Standardizovaný postup pro rychlé změny:

1. Měření časů na přípravu a seřizování (časové studie).
2. Podpora vrcholového vedení a vytvoření a práce týmu (vedoucí provozu, seřizovači, technici, průmysloví inženýři).
3. Analýza procesů seřizování (pozorování, vidoesnímky).
4. Definování plýtvání při seřizování (hledání nástrojů, uvolňování, dotahování šroubů, dodatečné korekce...).
5. Definování opatření k odstranění plýtvání.
6. Příprava realizace opatření (zapojení širokého okruhu pracovníků).
7. Realizace opatření.
8. Vyhodnocení dosažených výsledků, jejich prezentace a standardní zavedení.

6.2 Analýza a měření práce

6.2.1 Časové studie

- Snímek pracovního dne
- Snímek pracovní operace
- Momentkové pozorování

6.2.2 Pohybové studie

MTM (Methods Time Measurement)

- postup, který je založen na principu, že každou manuální práci lze rozdělit na základní pohyby, ze kterých je možné vytvořit zpětně jakýkoliv pracovní postup,
- postup, který člení manuální činnosti nebo metody na základní pohyby a přiřazuje každému pohybu předdefinovanou časovou normu (obsažená v tabulkách)
- časová norma je závislá na druhu pohyb a podmínkách, ve kterých je pohyb prováděný.
- jednotlivé druhy případy pohybů jsou označené mezinárodně platnými symboly

Tab. 6. 1 Značení pohybů

Základní pohyb	Symbol	Základní pohyb	Symbol
Sáhnout	R	Přemístit	M
Uchopit	G	Přehmátnout	G2
Tlačit	AP	Spojit	P
Pustit	RL	Oddělit	D
Otáčet	T	Přemístit zrak	ET
Zkoušet	EF		

Pohyby jsou určeny v časových jednotkách TMU – Time Measurement Unit)

1 TMU = 0,0006 min

MTM1 – metoda vhodná pro velmi krátké operace v podmínkách vyššího stupně opakovatelnosti

MTM2 – MTM5 - metody odvozené pro podmínky malosériové a kusové výroby

Další metody pro měření spotřeby práce

- UAS – pro sériovou výrobu
- MEK-TMT - pro kusovou a malosériovou výrobu
- Systém MOST (Maynard Operation Sequence technique)



Shrnutí pojmů

Po prostudování kapitoly by vám měly být jasné následující pojmy:

- **SMED**
- **externí seřizování**
- **interní seřizování**
- **snímek pracovního dne**
- **snímek pracovní operace**
- **momentkové pozorování**
- **metoda MOST**
- **metoda MTM**



Otázky

1. **Co je cílem metody SMED?**
2. **Jaký je postup implementace metody SMED?**
3. **Jaké znáte techniky uplatňované v rámci SMED?**
4. **Jaké znáte časové studie a co je jejich cílem?**
5. **Jakéo znáte pohybové studie a co je jejich cílem?**
6. **Co to je TMU?**



Literatura k dalšímu studiu

- [1] Tomek, G.- Vávrová, V.: Řízení výroby. Grada, Praha: 1999.
- [2] Kosturiak, J.-Gregor, M.: Projektovanie výrobných systémov pre 21. Storočie. ŽU, Žilina, 2000.
- [3] Kavan, M.: Výrobní a provozní management. Grada, Praha: 2002.
- [4] Svobodová, H.: Produkční a operační management. VŠEM, 2008.
- [5] Vaněček, D. a kol.: Operační management. Jihočeská univerzita, 2010.
- [6] Slack, N. a kol.: Operations Management. Pearson Education, 2010.
- [7] Keřkovský, M.: Moderní přístupy k řízení výroby. 2. vyd., Praha: C H Beck, 2009.
- [8] Tomek, G.- Vávrová V.: Jak zvýšit konkurenční schopnost podniku.

Praha: C H Beck, 2009.



Témata doplňkového samostudia

- Snímek pracovního dne
- Snímek pracovní operace
- Momentkové pozorování
- metoda MOST

7. SYSTÉMY ÚDRŽBY VE VÝROBĚ

Členění kapitoly

Čas potřebný ke studiu

Cíl

Výklad

Shrnutí pojmů

Otázky

Témata doplňkového samostudia

Literatura k dalšímu studiu



Čas potřebný ke studiu: 240 minut



Cíl: Po prostudování této kapitoly

- Budete seznámeni s významem, cíli a principy výrobní údržby;
- Budete mít přehled o formách údržby;
- Budete mít jasno v rozdílech mezi údržbou po poruše, preventivní a prediktivní údržbou;
- Budete chápat ekonomické aspekty údržby;
- Seznámíte se s ukazateli udržitelnosti a zajištění údržby;
- Budete chápat vazbu zajišťování kvality a procesu údržby;
- Budete seznámeni s principy a specifiky TPM.



Výklad

- Součást pomocných procesů
- opravy a údržba mechanického a energetického zařízení, budov, staveb, rozvodů;
- výroba, udržování a opravy výrobního příslušenství (nástroje, měřidla, přípravky, nářadí),

Proces reprodukce pracovních prostředků = obnova pracovních prostředků – 3 základní způsoby:

1. Prosté opravy – odstraňují hlavně fyzické opotřebení a vracejí pracovním prostředkům původní technické parametry
2. Opravy spojené s modernizací – bere se v potaz i morální opotřebení (technické parametry se zvyšují)
3. Výměna za nový pracovní prostředek

7.1 Péče o výrobní zařízení

Pro zabezpečení požadované a stabilní úrovně jakosti je nutné+
– plně způsobilé (spolehlivé, funkční a přesné) výrobní zařízení
– lze zajistit:

- v *etapě TPV* – „vprojektováním“ optimální bezporuchovosti a udržitelnosti do návrhu
- v *etapě výroby* – správnou výrobou
- v *etapě provozu* – správnou instalací a provozem při zajištění optimálního systému údržby a správné obnovy
s cílem dosáhnout minimálních nákladů na provoz a obnovu zařízení.

Nutný předpoklad zajištění dlouhodobé stability požadované úrovně jakosti – plynulý chod výrobního procesu (odpovídající technický stav zařízení).

Výrobní proces = proces opotřebení různých součástí stroje v různé míře – vede ke snižování úrovně jejich spolehlivosti a způsobilosti.

Úkoly údržby:

- zpomalování procesu opotřebení
- snížení či odstranění následků opotřebení
- obnova technického stavu na požadovanou úroveň.

Cíle řízení údržby

- udržovat stabilní požadovaný technický stav (spolehlivost, přesnost, funkčnost) zařízení;
- obnovovat jej na požadované úrovni;
- minimalizovat ztráty produktivního času zařízení a náklady spojené s jejich poruchou;
- minimalizovat ztráty produktivního času zařízení a náklady spojené s vlastní údržbářskou činností;
- efektivně využívat lidských a materiálních zdrojů, které jsou k dispozici pro provádění údržbářských výkonů;
- prodlužovat produktivní životnost zařízení,.

Efektivní systém údržby

= Vhodná kombinace a míra uplatnění jednotlivých druhů údržbářských výkonů
= Vhodný systém zodpovědnosti a pravomocí.

7.1.1 Členění údržby zařízení

I. Hledisko obsahu a rozsahu

1. Instruktaž obsluhujícího personálu o:

- obsluze a čištění
- způsobu, jak zabránit poruchám

2. Denní ošetřování

- Soustavný dohled na provoz
- Mazání, čištění
- Organizované předávání zařízení mezi směnami

3. Běžná údržba

- Soustavný dozor nad provozem
- Pravidelná kontrola a doplňování maziv
- Odstraňování drobných vad

4. Opravy zařízení

- Odstranění nebo snížení následků fyzického opotřebení součástí

5. Modernizace

- Opravy spojené s úpravami zlepšujícími
 - ❖ Výkon
 - ❖ Přesnost
 - ❖ Výrobnost
 - ❖ Trvanlivost

6. Rekonstrukce

Cíl: jiný technologický účel zařízení

II. Hledisko míry obnovy a časového horizontu

1. Opravy běžné

= zajištění normální výkonnosti zařízení, zmenšení důsledků fyzického opotřebení, prodloužení životnosti zařízení

A. *Preventivní prohlídky* (zjištění stavu opotřebení, naplánování příští opravy, odstranění menších závad)

- ❖ Výměna a doplnění chladicí kapaliny
- ❖ Kontrola přesnosti (před a po opravě dle norem přesnosti)

B. *Malé opravy*

- ❖ oprava nebo výměna méně nákladných součástí

- ❖ promytí a čištění součástí
- ❖ odstranění škodlivých vůlí
- ❖ výměna olejů, maziv, těsnění, pročištění potrubí

C. *Střední opravy*

- ❖ po několika malých opravách
- ❖ nejen výměna či oprava opotřeбенých základních skupin či mechanismů
- ❖ Rozebírání jednotlivých částí stroje
- ❖ seřízení celého stroje.

2. Generální opravy

- ❖ obnova původních technických vlastností, odstranění následků fyzického opotřebení
- ❖ výměna nebo oprava všech opotřeбенých součástí

III. Hledisko úrovně organizovanosti a míry plánování

1. Péče následná (po poruše)

- nejjednodušší metodika
- úplně potlačen princip predikce
- plánování a realizace opravy až po projevení poruchy a po vyhledání její příčiny (vznik prostojů jak v důsledku vlastní poruchy, tak v důsledku vlastní opravy)
- K, MS výroba
- u pomocného výrobního zařízení, elektronických zařízení (když nelze stanovit rozsah opotřebení)

2. Péče preventivní (preventivní standardní údržba)

- údržbářské aktivity jsou prováděny preventivně s cílem snížit pravděpodobnost výskytu poruchy
- nedostatky: nákladný systém který může vést k přebytečnému množství prohlídek

Systémy preventivní péče:

A. *Opravy po prohlídce*

- termín a rozsah oprav – na základě míry opotřebení dílů či součástí zjištěné při pravidelných prohlídkách,
- nevhodné pro H a VS výrobu a technicky složité stroje

B. *Standardní opravy*

- termíny, rozsah a obsah oprav – dle předem stanoveného plánu pro jednotlivé druhy strojů a zařízení,
- opravy jsou realizovány bez ohledu na skutečný stav opotřebení
- vhodné tam, kde porucha může ohrozit zdraví či bezpečnost lidí či způsobit velké ekonomické ztráty

C. *Preventivní periodické opravy (PPO)*

- Systém preventivních oprav dle technické náročnosti stroje
- Opravy (běžné, střední, generální) se opakují v plánovaných cyklech
- rozsah oprav je normován dle složitosti zařízení a pracnosti opravy
- *Periodické prohlídky* – realizují se mezi opravami – dle skutečnosti se upravuje plán oprav
- Základ plánování – *cyklus opravářských výkonů* – preventivní prohlídky– preventivní periodické kontroly přesnosti stroje- malé, střední, generální opravy.

D. *Diferencovaná proporcionální péče (DiPP)*

- H, VS výroba
- diferenciacie údržbářských výkonů dle skupin důležitosti zařízení:

Tab. 7.1 PPO

Č.skup.	Skupina zařízení dle důležitosti	Používaná metodika údržby
1.	Drahá, úzkoprofilová zařízení	• Standardní opravy • PPO
2.	Další důležitá zařízení	• PPO
3.	Méně důležitá	• Opravy po prohlídce
4.	Nevýznamná zařízení	• Globální plány oprav • Opravy po prohlídce

3. Prediktivní péče (preventivní diagnostická údržba)

- periodické monitorování stavu zařízení
- sledování a vyhodnocování vybraných parametrů jeho chování
- problém je identifikován ještě za stavu, kdy stroj pracuje uspokojivě a porucha je predikována před tím, než se projeví.
- možnost diagnostikovat budoucí problémy za chodu stroje
- včasný zásah, aby se poruše předešlo, ale aby nebyl zásah proveden zbytečně brzy
- opravu lze naplánovat na dobu, kdy stroj není v provozu

- základ: *diagnostika* – *smyslová* (sluchová, zraková)
 - *technická* (sledování a vyhodnocování opotřebení nástrojů, doby provozu, analýza kapalin, sledování obvodů v infračervené oblasti záření (teplotní mapy) , analýza vibrací...)
 - spojeno s využitím náročných technických prostředků (VT, snímací a diagnostická zařízení).

7.1.2 Udržovatelnost zařízení a zajištěnost údržby

(ČSN IEC 50(191):193, ČSN-IEC 706 1-6)

- významná součást spolehlivosti

udržovatelnost – „schopnost objektu v daných podmínkách používání setrvat ve stavu nebo se vrátit do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci, jestliže se údržba provádí v daných podmínkách a používají se stanovené prostředky a postupy“

- je dána:

1. kostrukčním provedením (technologičností konstrukce)- podmiňuje nároky na objem preventivní údržby a ulehčuje realizaci oprav provozními opatřeními (kvalifikovaný a vycvičený personál údržby, optimální systém údržby, technická dokumentace, údržbářské a zkušební zařízení, zásobování náhradními díly...),
2. ve specifikacích a smlouvách.

Výrobek s vysokou udržovatelností je konstruován tak, že se snadno:

- udržuje
- diagnostikuje
- opravuje.

Kvantitativní ukazatele udržovatelnosti

- Časové úseky, kdy zařízení není provozuschopné z důvodu vykonávání údržby
- Časový interval mezi preventivními údržbami
- Pracnost údržby
- Kumulativní náklady na údržbu za dobu užitečného života zařízení
- Průměrné jednotkové náklady na údržbu
- Náklady na zajištěnost údržby za celý životní cyklus zařízení
- Náklady životního cyklu zařízení

Kvalitativní ukazatele udržovatelnosti

- Požadavky na kvalifikaci pracovníků údržby
- Potřeba speciálního nářadí přípravků a diagnostických přístrojů
- Požadavky na seřizování
- Normalizace, unifikace a dědičnost součástí
- Jasně určené správných funkcí jednotlivých strojích skupin
- Přístup pro vizuální kontrolu
- Vestavěná diagnostická zařízení
- Řádné označení všech diagnostických bodů
- Použití barevného kódu pro mazací místa apod.

Zajištěnost údržby (ČSN IEC 50(191):1993)

- Schopnost organizace poskytující údržbářské služby zajišťovat podle požadavků v daných podmínkách prostředky potřebné pro údržbu podle dané koncepce údržby.

7.2 Ekonomické aspekty spolehlivosti a údržby

Největší vliv:

- Životnost
- Pohotovost
 - *Bezporuchovost*
 - *Udržovatelnost*
 - *Zajištěnost údržby*

Okamžitá pohotovost

Pravděpodobnost $A(t)$, že objekt je ve stavu schopném plnit v daných podmínkách a v daném časovém okamžiku požadovanou funkci, za předpokladu, že požadované vnější prostředky jsou zajištěny.

Součinitel ustálené pohotovosti

Střední hodnota okamžité pohotovosti v ustálených podmínkách v daném časovém intervalu.

Při konstantní intenzitě poruch a konstantní intenzitě oprav lze součinitel ustálené pohotovosti vyjádřit:

$$A = \frac{\bar{t}_{ps}}{\bar{t}_{ps} + \bar{t}_{ns}}, \quad (7.1)$$

kde je $\bar{t}_{ps}$... střední doba použitelného stavu

$\bar{t}_{ns}$... střední doba nepoužitelného stavu (doba poruchy a údržby po poruše nebo preventivní)

Ekonomické dopady velikosti součinitele ustálené pohotovosti

Tab. 7.2 Vliv velikost součinitele ustálené pohotovosti

<i>Malá hodnota součinitele A</i>	<i>Velká hodnota součinitele A</i>
Menší náklady vložené do konstrukce, výroby a zajištění údržby	Větší náklady vložené do konstrukce, výroby a zajištění údržby
Velké ztráty v důsledku prostojů výroby	Malé ztráty v důsledku prostojů výroby
Velké náklady na údržbu a servisní logistiku	Malé náklady na údržbu a servisní logistiku
- menší náklady na preventivní údržbu - větší náklady na údržbu po poruše	- větší náklady na preventivní údržbu - menší náklady na údržbu po poruše

Souvislosti mezi spolehlivostí a dopady na ekonomiku provozu zařízení

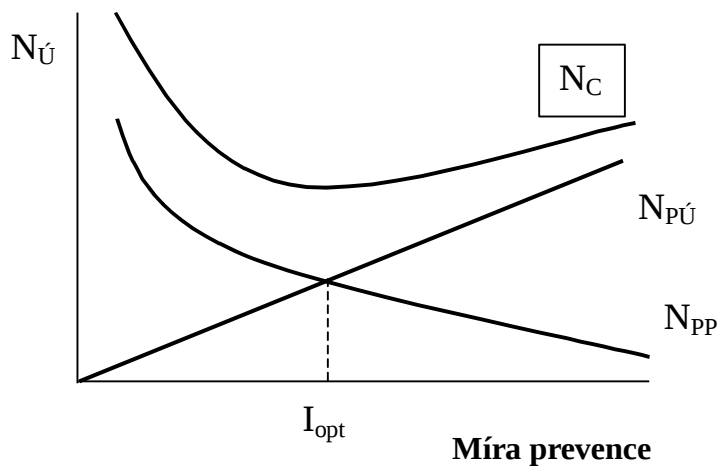
- zjednodušeně lze vyjádřit pomocí ukazatele průměrných jednotkových nákladů na pořízení a provoz zařízení jako celku $u(T)$ (Kč/hod) v závislosti na době jeho užitečného života

$$u(t) = n_{jp} + n_{jpru} + n_{jup} + n_{jp} , \quad (7.2)$$

kde jsou n_{jp} ... jednotkové pořizovací náklady
 n_{jpru} ... jednotkové náklady na preventivní údržbu
 n_{jup} ... jednotkové náklady na údržbu po poruše
 $n_{jp..}$... jednotkové náklady na prostoje způsobené nepohotovostí zařízení

Je nutné hledat optimální poměr mezi preventivní údržbou a údržbou po poruše.

Optimalizace preventivní údržby
- důležitá úloha plánování údržby a jejího zajištění.



Obr. 7.1 Ekonomický model závislosti míry prevence a nákladů na údržbu

Zobrazení vztahů nákladů na prevenci a na opravy po poruše

Legenda: I_{opt} optimální interval mezi dvěma preventivními údržbářskými zásahy
 $N_{\dot{U}}$ náklady na údržbu
 N_C celkové náklady na údržbu
 $N_{P\dot{U}}$ náklady na preventivní údržbu
 N_{PP} náklady na opravy po poruše

Specifické znaky údržbářského procesu

- charakter pomocného procesu – poskytuje služby hlavnímu výrobnímu procesu
- obtížnost aplikace systému jakosti v údržbě – pro žádný okamžik doby provozu zařízení nelze předem přesně stanovit rozsah a obsah účelného údržbářského zásahu.
- 5 základních etap údržbářského procesu:
 1. demontáž (výrobní charakter) a další pomocné operace (čištění, mytí) pro posouzení technického stavu
 2. kontrola a třídění demontovaných prvků (dle míry opotřebení)

- nadále ihned použitelné
 - nepoužitelné (šrot)
 - určené k renovaci
3. renovace (opravy) poškozených prvků nebo výroba nových náhradních dílů (výr. charakter)
 4. kompletace souboru prvků pro zpětnou montáž (renovované, ihned použitelné, nové..)
 5. montáž vyšších celků (obdobně jako výrobní proces)
 - Z toho plyne skutečnost, že i u stejného typu zařízení – *specifická náplň a rozsah údržbářských výkonů*
- zařízení není po údržbě ve stejném stavu jako nové stejné zařízení

7.3 Total Productive Maintenance (totálně produktivní údržba)

Údržba musí stejně jako hlavní výrobní oblast maximálně přispívat ke zvyšování produktivity a stát se produktivní údržbou.

Základní limitní cíle TPM

- Žádné poruchy
- Žádné neshodné výrobky

Základní principy

1. *přenesení zodpovědnosti* za denní, běžnou údržbu a běžné opravy (velký důraz na tyto formy údržby), vč. smyslového diagnostikování a za čistotu pracoviště na obsluhu stroje (*autonomní údržba*)
2. Dělbá práce mezi výrobními dělníky a pracovníky *údržby (změna postojů všech pracovníků)* – i údržba zodpovídá za výkon, i obsluha stroje zodpovídá za poruchy, jejich odstranění, analýzu příčin a předcházení poruch)
3. Tréníng a motivace obsluhy stroje a pracovníků údržby (ověřování zvládnutosti nových úkolů a postupné předávání zodpovědnosti za údržbářské úkony
4. Vytváření malých pracovních týmů pro realizaci procesu neustálého zlepšování s cílem minimalizovat a odstraňovat „6 velkých ztrát“ (six big losses)
5. Důraz na preventivní a prediktivní údržbu.

Tři hlavní zásady

1. Zachování normálních podmínek (denní čištění, kontrol, mazání..)
2. Včasné rozpoznání abnormalit
3. Rychlá odezva na abnormality (dají se odstranit nebo zlepšit)

Hodnocení celkové efektivnosti zařízení OEE

$$OEE = A \times P \times Q, \quad (7.3)$$

A..... ukazatel pohotovosti (dostupnosti) - availability

P..... ukazatel účinnosti výkonu (efektivnosti výkonu) – performance efficiency

Q..... míra jakosti (quality rate)

$A = \text{provozní čas} / \text{čistý dostupný čas}$

$P = (\text{ideální doba výrobního cyklu} \times \text{počet ks}) / \text{provozní čas}$

$Q = (\text{vyrobené ks} - \text{neshodné jednotky}) / \text{vyrobené ks}$

Cíl TPM – dosažení OEE > 85%.



Shrnutí pojmů

Po prostudování kapitoly by vám měly být jasné následující pojmy:

- Údržba
- Péče o výrobní zařízení
- Denní ošetřování
- Běžná údržba
- Oprava
- Modernizace
- Preventivní údržba
- Údržba po poruše
- Prediktivní údržbas
- TPM
- Autonomní údržba
- Udržovatelnost zařízení
- Zajištěnost údržby
- Pohotovost
- Součinitel ustálené pohotovosti
- Renovace
- OEE
- DiPP
- PPO



Otázky

1. Jaké jsou cíle a úkoly péče o výrobní zařízení?
2. Jaká znáte hlediska členění údržby?

3. **Jaká je podstata údržby po poruše, preventivní a prediktivní údržby?**
4. **Co to je udržitelnost zajištění údržby?**
5. **Co je podstatou, cíli a principy metody TPM?:**
6. **Co to je autonomní údržba?**
7. **Co to je Six Big Losses?**



Témata doplňkového samostudia

- Six Big Losses
- autonomní údržba
- postup implementa TPM



Literatura k dalšímu studiu

- [1] Nenadál, J. a kol.: Moderní management jakosti. Management Press, Praha: 2008.
- [2] Dennis, P.: Lean Production Simplified. Productivity Press, 2007.
- [3] Wireman, T.: Total Productive Maintenance. New York: Industrial Press, Inc., 2004.

8. IDENTIFIKOVATELNOST A SLEDOVATELNOST

Členění kapitoly

Čas potřebný ke studiu

Cíl

Výklad

Shrnutí pojmů

Otázky

Literatura k dalšímu studiu

Témata doplňkového samostudia



Čas potřebný ke studiu: 240 minut



Cíl: Po prostudování této kapitoly

- budete chápat cíle a obsah identifikovatelnosti sledovatelnosti;
- budete seznámeni s různými formami identifikace;
- porozumíte rozdílu mezi pojmem identifikovatelnou a identifikace;
- budete znát koncepci a průběh identifikace a sledovatelnosti v podnicích;
- osvojíte si, kdo je zodpovědný za identifikaci v jednotlivých útvarech podniku a které konkrétní činnosti je nutné realizovat.



Výklad

Identifikovatelnost – vlastnost produktu, která umožňuje jeho jednoznačné rozpoznání ve všech fázích a místech produkčního procesu

Sledovatelnost – schopnost zpětně určit, z čeho, kde, jak, kým, kdy byl daný produkt zpracován

Identifikace – určení totožnosti produktu

- stanovení stavu, ve kterém se produkt nachází
- konkrétní způsob značení produktů

Hlavní cíle systému identifikovatelnosti a sledovatelnosti v podniku:

- Vyjádření příslušnosti jednotlivých materiálů, subdodávek, dílů k finálnímu produktu v celém výrobním cyklu
- Prevence před použitím nesprávného produktu
- Zajištění neměnnosti a „trvanlivosti“ identifikačních znaků od okamžiku přijetí materiálu po dodání finálního výrobku odběrateli
- Ochrana proti záměně produktů
- Jasné a jednoznačné vyjádření stavu produktu vč. výsledků kontroly a zkoušení
- Vytvoření podmínek pro efektivní řízení neshodných výrobků
- Poskytnutí informací pro rychlé odhalování příčin výskytu neshod

Koncepce identifikovatelnosti a sledovatelnosti v podniku

- Stanovení způsobů dokladové a fyzické identifikace
- Definování způsobu zajištění přenosu identifikačních znaků produktu při jeho přechodu z jedné operace a druhou
- Vymezení zodpovědnosti za definování požadavků na identifikaci a za jejich realizaci a kontrolu v průběhu celého procesu
- Určení rozsahu a formy dokumentace pro zabezpečování identifikovatelnosti a sledovatelnosti a jejího řízení
- Zajištění návaznosti na operativní evidenci výroby

Nutné zohlednit charakter procesu, velikost a složitost produktů.

Způsoby identifikace

Forma a způsob identifikace závisí na :

- druhu produktu
- složitosti produktu
- typu výroby
- způsobu organizace procesu
- požadavcích odběratele

Dokladová identifikace – identifikační znaky se zaznamenávají do výrobně technické dokumentace (průvodka, technologický postup, výkres...)

Fyzická dokumentace – umístění identifikačního znaku přímo na výrobek či dávku výrobku

- křídou
- barvou
- ražením kovovými razidly

- přivázaným štítkem s označením
- vloženým štítkem do přepravní palety
- etiketovacími kleštěmi
- předlitím značení (u odlitků)...

Základní identifikační znaky

- číslo výkresu
- výrobní číslo
- číslo zakázky
- název součástky
- barevný pruh, kolečko...

Obecné vlastnosti značení

- trvanlivost během celého procesu až po dodání k zákazníkovi
- jednoznačnost

9.1 Průběh identifikace v podniku

<i>Fáze</i>	<i>Činnosti</i>	<i>Zodpovědný pracovník</i>
<i>I. stanovení identifikace</i>		
Konstrukční příprava	Výkresová dokumentace: - stanovení čísla zakázky, čísla výkresu, položky - stanovení požadavků na značení - způsob značení a vč. zajištění trvanlivosti (JAK) - obsah značení (CO) (jednoznačnost, sledovatelnost) - umístění identifikačního znaku (KDE) (přenositelnost)	Konstrukér
Technologická příprava	Technologická dokumentace: - přenesení požadavků na identifikaci do technol. dokum. - pokyny pro provádění identifikace během procesu a po kontrolách a zkouškách - způsob ověřování identifikace písemným záznamem	Technolog
Projektování systému	- stanovení a označení místa pro separaci odpadů, neshodných výrobků	Projektant
Operativní řízení výroby	- ověření shody požadavků na identifikaci v technické a výrobní dokumentaci - předání ověřených podkladů výrobnímu středisku	Pracovník operativního řízení výroby
<i>II. Provádění identifikace</i>		
Vstupní kontrola	- označení materiálu po přejímce - stvrzení přijetí materiálu do skladu podpisem přejímacího listu - záznam o vstupní kontrole	Pracovník vstupní kontroly
Skladování výrobních zásob	- označení materiálu (jednoznačnost, trvanlivost, přístupnost)	Vedoucí skladu
Výdej materiálu	- provedení a dodržení identifikace při výdeji	Skladový dělník

<i>Fáze</i>	<i>Činnosti</i>	<i>Zodpovědný pracovník</i>
Operace ložení a manipulace	- zajištění identifikace materiálu v přepravkách, na dopravních prostředích - opětovná identifikace při znehodnocení identifikačního znaku	Skladový dělník, pracovník vnitropodnikové přepravy Technická kontrola Vedoucí střediska
Výroba	- správné označení, kontrola udržování a přenášení identif. znaků během procesu - identifikace použitelných odpadů - identifikace a separace neshodných výrobků - označení stavu po kontrole - záznam o kontrole	Operátor, plánovač, manipulační dělník Vedoucí střediska Manipulační dělník Pracovník technické kontroly
Výstupní kontrola	- označení stavu po kontrole - záznam o kontrole - identifikace a separace výrobků, které nebyly uvolněny pro expedici	Pracovník výstupní kontroly
Expedice	- přenesení identifikačních znaků na obaly - kompletace průvodní dokumentace - zajištění trvanlivosti a udržení identifikačního znaku během přepravy k odběrateli	Pracovník expedice a dopravy Externí dopravce



Shrnutí pojmů

Po prostudování kapitoly by vám měly být jasné následující pojmy:

- Identifikovatelnou
- Sledovatelnost
- Fyzická identifikace
- Dokladová identifikace
- Identifikační znak



Otázky

1. Co je to identifikovatelnost a co je jejím cílem?
2. Co je to sledovatelnost a co je jejím cílem?
3. Jaký je rozdíl mezi identifikovatelností a sledovatelností?
4. Které kroky obsahuje koncepce identifikovatelnosti a sledovatelnosti v podniku?
5. Jaké jsou formy identifikace?
6. Jaké znáte základní identifikační znaky?
7. Jaké faktory ovlivňují volbu formy identifikace a systému identifikovatelnosti a sledovatelnosti?
8. Které útvary se na procesu identifikace a sledovatelnosti podílejí?
9. Jaké konkrétní činnosti je nutné v rámci realizace identifikovatelnosti a sledovatelnosti provádět, aby byla účinná?
10. Jaký znáte konkrétní systém zabezpečení identifikovatelnosti a sledovatelnosti?



Literatura k dalšímu studiu

- [1] Nenadál, J. a kol.: Moderní management jakosti. Management Press, Praha: 2008.
- [2] Sahin, E. a kol.: Performance evaluation of a traceability system. An application to the radio frequency identification technology. Systems, Man and Cybernetics, 2002 IEEE International Conference Vol.3.



Témata doplňkového samostudia

- pokročilé formy identifikace

9. OVĚŘOVÁNÍ SHODY

Členění kapitoly

Čas potřebný ke studiu

Cíl

Výklad

Shrnutí pojmů

Otázky

Literatura k dalšímu studiu

Témata doplňkového samostudia



Čas potřebný ke studiu: **240 minut**



Cíl: Po prostudování této kapitoly

- si ujasníte význam ověřování shody a kontroly v souvislosti s preferováním prevence;
- budete znát obsah a cíle ověřování shody a kontroly;
- budete seznámeni s obecným algoritmem kontroly;
- budete znát různé formy kontroly;
- ujasníte si, co to je efektivní kontrola.



Výklad

Ověřování shody – zjištění stupně shody mezi skutečnými parametry, vlastnostmi, funkcemi produktů a požadavky na ně kladenými

- jádro tvoří *kontrola a zkoušení*
- postavení, obsah i formy se mění s tlakem na *prevenci neshod*

(souvisí se zvýšenými nároky zákazníka, vyšším stupněm složitosti produktů, s novými technologiemi, s požadavky na minimalizaci plýtvání zdroji
- *kontrola jakost nevytváří, ale zvyšuje výrobní náklady*

Hlavní cíle ověřování shody

- Objektivní posouzení míry shody mezi požadavky a skutečností
- Zabránění průniku neshodných produktů nejen až k odběrateli, ale na každý další stupeň zpracování
- Zajištění technologické kázně
- Zpracování výsledků kontroly s cílem odhalit příčiny neshod u produktů i ve vlastním procesu
- Podpora přijímání nápravných a preventivních opatření

10.1 Obecný algoritmus kontroly

1. Požadavek na kontrolu

- provedení kontroly požaduje – mistr, vedoucí skupiny, dělník
- žádá o kontrolu na základě technologického postupu na kontrolu = *kontrolní technologie*
- předkládá ke kontrole technickou a výrobní dokumentaci (výkres, výrobní postup, kontrolní postup, průvodku, ...)

2. Kontrola podkladů

- provádí pracovník technické kontroly (TK)
- = kontrola úplnosti předložených podkladů pro provedení kontroly
- = kontrola, zda byla provedena předchozí operace

3. Příprava metodiky měření

- pracovník TK si připraví a prostuduje *metodiku měření* potřebnou k provedení požadované kontroly
- metodiky měření jsou zpracovány dle VP.

4. Příprava kontrolní a měřicí techniky

- dle kontrolního postupu a metodiky měření
- dle požadované přesnosti, citlivosti, rozsahu měření, spolehlivosti měření, dle výrobní technologie
- dle ekonomického hlediska.

5. Příprava veškeré dokumentace dle kontrolního postupu a metodiky měření

- dokumentace předaná žadatelem
- normy
- tabulky
- technické podmínky

6. Předložení a příprava výrobků ke kontrole

- výrobky připravují operátoři (čištění, spočtení, roztrídění)
- výrobky předkládají mistři (vedoucí skupiny, operátoři)

7. Provedení kontroly

Kontrolou je ověřováno, zda stanovené znaky jakosti odpovídají předepsaným specifikacím ve výrobně-technické dokumentaci

- provádí pracovník TK v souladu s
 - technologickým postupem na kontrolu
 - výkresovou dokumentací
 - dle metodik měření

8. Identifikace stavu po kontrole, záznam výsledku kontroly

(není-li výrobek shledán shodným – řízení neshodných výrobků)

9. Protokol o dosažení shody

- prohlášení shody dodavatelem

10. Uvolnění do výroby nebo k expedici

11. Analýza výrobního procesu

12. Sepsání zprávy o analýze

13. Návrh a realizace nápravného opatření, kontrola účinnosti.

Kontrolní technologie

- závazný písemný předpis, který určuje, jak postupovat při kontrole a zkoušení jakosti ve výrobním či jiném procesu.

-vzniká v rámci TPV

-definuje:

- CO kontrolovat
- KDE
- KDO
- JAK –typ kontroly, metoda, kritérium přijatelnosti
- ČÍM
- KDY
- JAK ČASTO

Formy zpracování kontrolních technologií

1. Součást plánu jakosti

2. Součást technologického postupu (návodky) – vhodné při samokontrolě

3. Kontrolní návodka – samostatný kontrolní postup (při opakovaných operacích kontroly
- kontrola svarů, povrchové úpravy, u složitých výrobků, při vstupní a výstupní kontrole))
4. Typová návodka –typový kontrolní postup – obecný postup pro typovou řadu
5. Speciální předpis pro kontrolní operaci – kusová výroba, prototypy, montáž a zkoušení složitých strojů a investičních celků...

Rozhodnutí o jakosti výroby

- pomocí rozhodovacích kritérií
- kontrolor musí zvážit:
 - opakovatelnost výskytu vady
 - spolehlivost kontrolní metody význam vady pro funkci celku
 - ekonomickou stránku

Zodpovědnost pracovníků technické kontroly za jakostní produkci:

Jakost nelze vykontrolovat – jakost musí být vprojektována do procesu a produktu a vyrobena

- oproti tradičnímu chápání úlohy technické kontroly měli by pracovníci TK být zodpovědní navíc za:
 - záznamy o kontrole
 - vyhodnocování příčin neshod na základě analýzy procesu
 - předání výsledků analýzy zodpovědným osobám (upozornění kontroly a hlášení nedostatků)
 - popř. za navrhování a přijímání nápravných opatření

Druhy kontroly – viz Nenadál,J. a kol.: Moderní systémy řízení jakosti. Praha: Management Press, 1998, kap. 7.3.

Konkrétní systém kontroly jakosti v podniku musí být definován ve vztahu k:

- Charakteru procesu
- Charakteru produktů
- Specifickým znaků jakosti

Cesty nahrazení systému kontroly „ex post“ systémem preventivním

Nutné zavést v podniku systém kontroly, který umožní předcházet

A) příchodu neshodného produktu do podniku

B) produkování neshodných produktů

Řešení:

ad A)

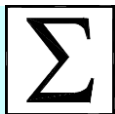
přesun plné zodpovědnosti za jakost na dodavatele (funkční systém hodnocení a výběru dodavatele, úzká spolupráce s dodavatelem)

ad B)

- podpora samokontroly, nezávislé (vzájemné) kontroly
- zavádění a dlouhodobé využívání SPC
- uplatnění prvků automatizace kontroly s využitím metod aktivní kontroly (kontrola in-process).

Předpoklady efektivního fungování samokontroly

- dodání kompletní výrobní dokumentace vč. kontrolní technologie
- zajištění kontrolních pomůcek a měřidel vč. informací o termínu kalibrace
- vytvoření podmínek pro vhodné ukládání měřidel a manipulaci s nimi
- správné seřízení stroje
- seznámení kontrolora s následky nedodržení požadavků na jakost
- seznámení kontrolora s postupy řízení neshodných výrobků
- zaškolení ke kontrolní činnosti vč. způsobu vedení záznamů o kontrole
- jasně definovaná pravidla pro řešení odhalení neshody
- přidělení kompetencí a prostředků k odstranění neshod a jejich příčin
- přesvědčení lidí, že nebudou trestáni za neshody, které nezpůsobili v důsledku nedbalosti či úmyslně
- vysoká loajalita a odpovědnost samokontrolorů.



Shrnutí pojmů

Po prostudování kapitoly by vám měly být jasné následující pojmy:

- ověřování shody
- kontrola
- kontrolní technologie
- samokontrola



Otázky

1. Jaký je význam a cíle kontrolních činností v podmínkách, kdy se preferuje preventivní přístup?
2. Lze kontrolní činnost zcela zrušit?
3. Jak lze hodnotit a měřit efektivnost kontrolních činností?
4. Patří kontrolní činnosti mezi činnosti přidávající hodnotu?

5. Lze jakost „zkontrolovat“?
6. Jaké kroky tvoří obecný algoritmus kontroly?
7. Co to je kontrolní technologie?
8. Co to jsou kontrolní plány?
9. Jaké znáte druhy kontroly?
10. Jaký je význam samokontroly a jaké jsou předpoklady efektivní samokontroly?



Literatura k dalšímu studiu

- [1] Plura, J.: Plánování a neustálé zlepšování jakosti. Computer Press, Praha: 2001.
- [2] Nenadál, J. a kol.: Moderní management jakosti. Management Press, Praha: 2008.
- [3] Slack, N. a kol.: Operations Management. Pearson Education, 2010.



Témata doplňkového samostudia

- druhy kontroly
- kontrolní plány

10. TEORETICKÉ ZÁKLADY VYBRANÝCH METOD PROJEKTOVÁNÍ A ŘÍZENÍ VÝROBNÍHO SYSTÉMU

Členění kapitoly

Témata k zopakování

Čas potřebný ke studiu

Cíl

Výklad

Shrnutí pojmů

Otázky

Literatura k dalšímu studiu

Témata doplňkového samostudia



Čas potřebný ke studiu: 240 minut



Cíl: Po prostudování této kapitoly

- budete znát možnosti aplikace metod lineárního programování (LP) v oblasti managementu procesů a základní typy LP úloh;
- pochopíte podstatu optimalizačních úloh řešených v rámci matematického programování;
- budete mít osvojen postup řešení úlohy LP;
- budete vědět, jak sestavit LP model;
- budete znát způsoby řešení LP úlohy;
- budete schopni interpretovat výsledky získané řešením LP úlohy;
- budete znát vybrané metody řešení dopravních úloh;
- pochopíte cíle a podstatu teorie hromadné obsluhy a možnosti její aplikace v oblasti managementu procesů;
- budete seznámeni se strukturou a vlastnostmi jednotlivých prvků

systému hromadné obsluhy;

- budete znát různé typy systémů hromadné obsluhy;
- osvojíte si analytický postup stanovení efektivnosti systému hromadné obsluhy
- budete schopni řešit jednoduché analýzy optimalizace fungování systému hromadné obsluhy.



Výklad

10.1 Základy lineárního programování

Příklad:

V provozu, který se skládá ze 3 dílen, se vyrábí 5 druhů výrobků. Nároky jednotlivých výrobků na kapacitu jednotlivých dílen a celková kapacita jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 10.1 Zadání příkladu

Dílňa	Potřeba kapacity / 1 výrobek (hod.)					Celková disponibilní kapacita dílny (hod/rok)
	V1	V2	V3	V4	V5	
1	2	4	2	8	1	12 000
2	4	1	3	1	5	8 000
3	4	3	5	2	4	10 000
Zisk/j.	10	15	12	8	13	

Úkol: Stanovte, které výrobky a v jakém množství se mají ročně vyrábět, aby se dosáhlo maximálního zisku.

Řešení:

Hledáme takový vektor $x^T = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, tak, aby bylo dosaženo maximálního zisku.

Obecný model úlohy lineárního programování

a) Kriteriační funkce

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \rightarrow \text{EXT}$$

b) Soustava omezujících podmínek

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \geq b_1 \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \geq b_2 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

.....

.....

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \geq b_m$$

c) $x_j \geq 0$ (podmínky nezápornosti)

- a_{ij} koeficienty spotřeby i -tého zdroje na j -tý produkt (konstantní koeficienty soustavy lineárních omezujících podmínek)
 b_i celkové disponibilní množství i -tého zdroje (konstantní členy soustavy lineárních omezujících podmínek)
 x_j hledané množství j -tého produktu (proměnné modelu)

Postup řešení úlohy LP:

1. Sestavíme obecný lineární model úlohy.
2. Převodeme obecný model na normovaný a kánonický tvar.
3. Stanovíme výchozí přípustné báze řešení .
4. Zjistíme, zda toto řešení není optimální.
5. Pokud není optimálním řešením, hledáme další přípustné báze řešení, které zlepší hodnotu kritériální funkce.
6. Kroky 4. a 5. opakujeme tak dlouho, až další přípustné řešení nezlepší hodnotu kritériální funkce –dostaneme optimální řešení, pokud existuje .

Při řešení LP úlohy se mohou vyskytnout tyto situace:

1. Úloha má právě jedno optimální řešení.
2. Úloha má nekonečně mnoho optimálních řešení.
3. Úloha nemá konečné optimální řešení.
4. Úloha nemá přípustné řešení.

Metody řešení úloh :

- a) grafická metoda (pro 2 proměnné)
- b) simplexová metoda

10.1.1 Postup při aplikaci simplexové metody

1. Sestavení modelu obecného
2. Převod modelu do normovaného a kánonického tvaru
3. Stanovení výchozího přípustného báze řešení
4. Vytvoření výchozí simplexové tabulky
5. Zjištění, zda dané řešení není optimální:
 - Všechna $(z_j - c_j) \leq 0$, jde o optimální řešení
 - Některá $(z_j - c_j) > 0$ lze najít přípustné báze řešení, které zlepší hodnotu kritériální funkce
6. Stanovení lepšího přípustného řešení:
 - a) stanovení klíčového sloupce – sloupce, kde platí: $\max (z_j - c_j) > 0$
(určí volnou proměnnou, která přechází do báze – nového přípustného řešení)

b) stanovení klíčového řádku, kde platí: $\min \left(\frac{b_i}{a_{ikl}} \right)$

(určí se tak bázeická proměnná, která je z nového přípustného řešení vyloučena)

7. Vytvoření nové simplexové tabulky:

a) stanovení nového klíčového řádku:

(nový kl. ř.) = (starý kl.ř.) / klíčový prvek

b) stanovení ostatních řádků:

(nový řádek) = starý řádek – (koeficient klíčového sloupce starého ř.)
x (nový klíč.řádek)

Interpretace výsledků řešení pomocí simplexové metody:

Kritérium optimálnosti

Platí-li pro všechna j , že $(z_j - c_j) \leq 0$, pak je získaný vektor x^T optimálním řešením úlohy LP (jediným nebo jedním z nekonečně mnoha řešení)

Kritérium jednoznačnosti

A) Je-li výraz $(z_j - c_j) < 0$ pro všechny nebazické proměnné, pak úloha má jediné optimální řešení.

Tab. 10.2 Příklad kritéria jednoznačnosti

c_j			-3	-2	0	0	0	0
	Báze	b_i	x_1	x_2	u_1	u_2	u_3	u_4
	x_2							
	x_1							
	u_3							
	u_4							
$z_j - c_j$			0	0	-1/3	-4/3	0	0

B) Existuje-li taková nebazická proměnná, pro kterou platí $(z_j - c_j) = 0$ a alespoň jeden její koeficient a_{ij} je kladný, pak má úloha nekonečně mnoho optimálních řešení.

Tab. 10.3 Příklad kritéria jednoznačnosti:

c_j			-2	-4	0	0
	Báze	b_i	x_1	x_2	u_1	u_2
	x_2					-3
	x_1		1	0	-1	2
$z_j - c_j$			0	0	-2	0

Kritérium neohraničenosti

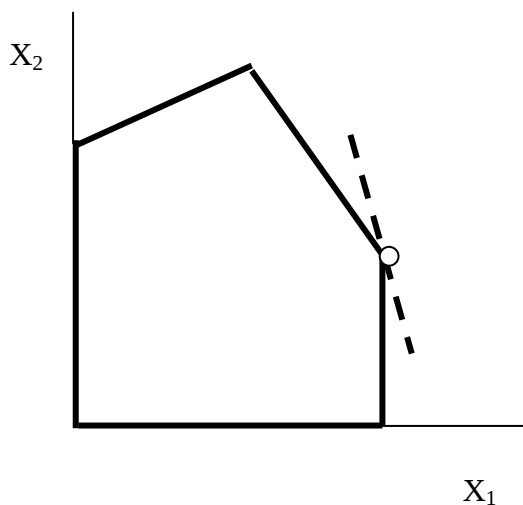
Existuje-li proměnná x_j , pro kterou platí $z_j - c_j > 0$ a která nemá žádný kladný koeficient a_{ij} , pak daná úloha LP nemá konečné řešení.

Tab. 10. 4 Příklad kritéria neohraničenosti.:

c_j			-2	-1	0	0
	Báze	b_i	x_1	x_2	u_1	u_2
	x_1		1	0	0	1/2
	x_2		0	1	-1	1/2
$z_j - c_j$			0	0	1	-3/2

Přehled možných situací při řešení úlohy LP

Grafické řešení

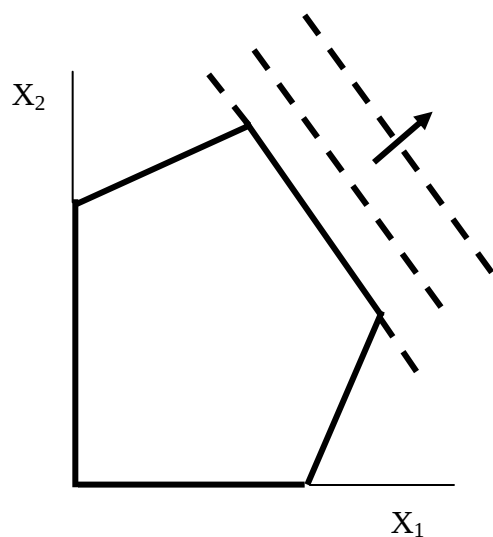


Obr. 10.1 jediné optimální řešení

Poslední řádek v simplexové tabulce

Všechna $(z_j - c_j) \leq 0, j=1,2,\dots,n$.
Pro všechny nebazické proměnné platí:
 $(z_j - c_j) < 0$.

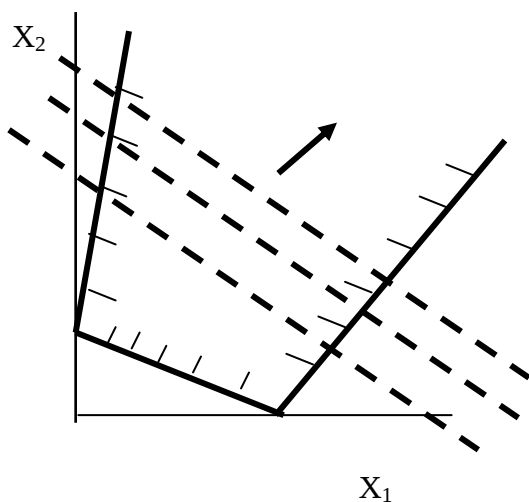
Jediné optimální řešení



Obr. 10.2 Nekonečně mnoho optimálních řešení

Všechna $(z_j - c_j) \leq 0, j=1,2,\dots,n$.
Pro některou nebazickou
proměnnou platí: $(z_j - c_j) = 0$ a
alespoň 1 její koeficient a_{ij} je
kladný.

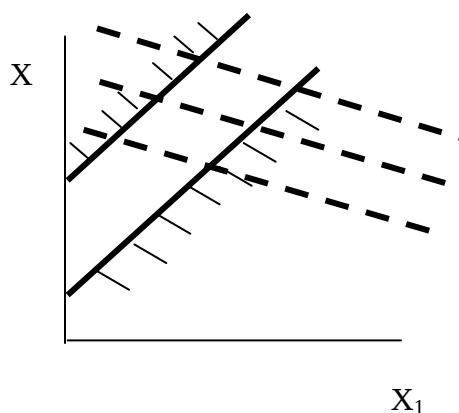
Nekonečně mnoho optimálních řešení



Pro některou proměnnou x_j platí:
 $(z_j - c_j) > 0$ a nemá žádný kladný
koeficient a_{ij}

Není konečné optimální řešení

Obr. 10.3 Neexistuje konečné optimální řešení



Úloha nemá přípustné řešení

Obr. 10.4 neexistuje přípustné řešení

10.1.2 Adjungovaný model

Model je v normovaném tvaru $AX = b$, $X \geq 0$, $c^T \cdot x = \text{MIN}$, ale není v kánonickém tvaru (neobsahuje jednotkový vektor) – nelze určit výchozí přípustné řešení.

Řešení:

Původní úloze se přiřadí adjungovaný model, který má tvar:

$$\begin{array}{rcll} a_{11}x_1 + \dots + a_{1n}x_n + u_{M1} & = & b_1 & x_j \geq 0 \\ a_{21}x_1 + \dots + a_{2n}x_n & + u_{M1} & = & b_2 & u_{Mi} \geq 0 \\ \dots\dots\dots & & & \\ a_{m1}x_1 + \dots + a_{mn}x_n & + u_{Mm} & = & b_m \end{array}$$

kriteriální funkce

$$G(M) = c_1x_1 + \dots + c_nx_n + Mu_{M1} + \dots + Mu_{Mm} = \text{MIN}$$

u_{Mi} – umělá proměnná

M – cenový koeficient u umělých proměnných, tzv. prohibiční sazba (dostatečně velké číslo)

10.1.3 Možné aplikace modelu LP

- Stanovení takového výrobního programu, který, maximalizuje využití kapacit nebo hodnotu obratu či zisku při omezení objemu kapacit či surovin...
- Rozčlenění velkého množství zakázek mezi určitý počet výrobních zařízení tak, aby čas na opracování byl minimální nebo aby se dosáhlo minimálních nákladů, minimální spotřeby surovin, energie...(rozdělovací úloha)
- Optimální rozmístění objektů s cílem minimálních nákladů na manipulaci
- Minimalizace odpadu při dělení materiálu (stříhání, řezání...)
- Minimalizace jízd prázdných vozidel
- Optimální složení směsi při minimálních nákladech na jednotlivé položky

10.1.4 Dopravní problém

Formulace úlohy:

Dodavatelé $D_1, D_2, \dots, D_m$

s kapacitami $a_1, a_2, \dots, a_m$

dodávají homogenní materiál

spotřebitelům $S_1, S_2, \dots, S_n$

s požadavky $b_1, b_2, \dots, b_n$.

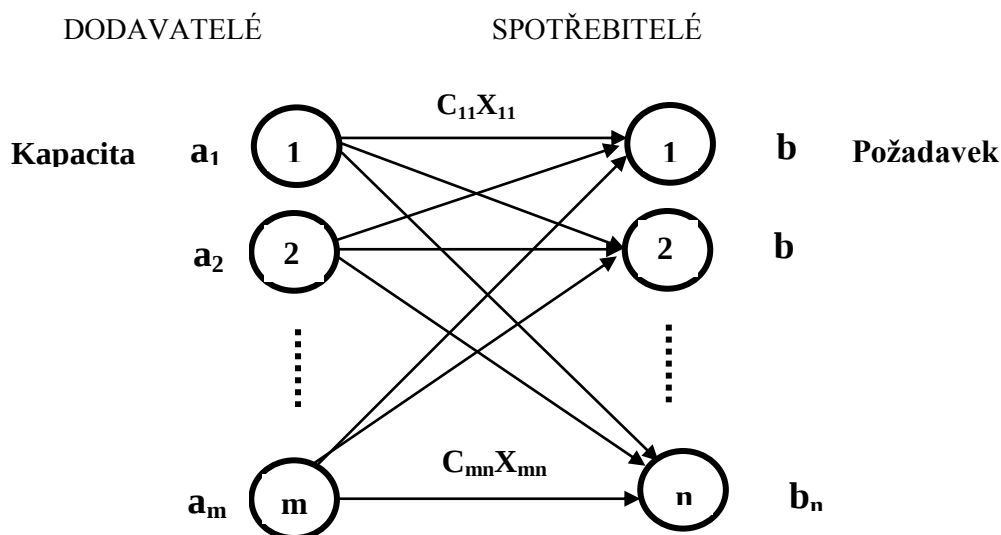
Přeprava jednotky materiálu od i -tého dodavatele k j -tému spotřebiteli vyžaduje *náklady* c_{ij} .

Cíl: hledá se takové přepravované množství x_{ij} , při kterém jsou celkové náklady na dopravu minimální.

Předpoklady:

- Přepravovaný materiál –homogenní
- Náklady na přepravu – přímo úměrné přepravovanému množství
- $x_{ij} \geq 0$.

Zobrazení úlohy:



Obr. 10.5 Schéma dopravní úlohy

Výchozí údaje se zapisují do výchozí tabulky dopravního problému:

Tab. 10.5 Výchozí tabulka

		SPOTŘEBITELÉ (ODBĚRATELÉ)				Kapacity
		S ₁	S ₂		S _n	
D O D A V A T E L É	D ₁	c ₁₁			c _{1n}	a ₁
	D ₂	c ₂₁			c _{2n}	a ₂
	.					
	.					
	.					
	.					
	D _m	c _{m1}			c _{mn}	a _m
Požadavky		b ₁	b ₂		b _n	$\sum a_i = \sum b_j$

i=1,..., m
j=1,..., n

Platí-li $\sum a_i = \sum b_j$ - uzavřený (vyvážený) dopravní problém

$\sum a_i < \sum b_j$ - nevyvážený model – doplníme fiktivního dodavatele

s kapacitou $\sum b_j - \sum a_i$ a hodnotou $c_{ij} = 0$

$\sum a_i > \sum b_j$ - nevyvážený model – doplníme fiktivního spotřebitele
s požadavkem $\sum a_i - \sum b_j$ s $c_{ij} = 0$.

Aproximační metody řešení dopravního problému

- zjištění přibližného řešení dopravní úlohy
- odvození výchozího přípustného řešení pro návazné řešení exaktními metodami
 - ♦ Metoda severozápadního rohu
 - ♦ Metoda indexová sestupná a vzestupná
 - ♦ Vogelova aproximační metoda

Metoda SZ rohu

- obsazujeme vždy horní levý roh tabulky maximálním možným objemem x_{ij}
 - je-li vyčerpána kapacita dodavatele, vypustíme z tabulky příslušný řádek,
 - je-li uspokojen plně spotřebitel, vypustíme z tabulky příslušný sloupec,
 - opět obsazujeme SZ roh maximálním možným přepravovaným objemem.
- Tato metoda nebere na zřetel hodnoty c_{ij} a řešení získané touto metodou může být od optima značně vzdálené.

Metoda indexová vzestupná

- pole jsou utříděna vzestupně dle sazeb c_{ij}
- maximální možné přepravované objemy přiřazujeme přednostně polím s nízkou hodnotou jednotkových přepravních nákladů.

Metoda řádkových minim

- nalezneme pole s nejmenší přepravní sazbou v 1. řádku ,
- toto pole obsadíme nejvyšší možnou přepravou,
- o přidělenou přepravu snížíme příslušnou kapacitu dodavatele a požadavek odběratele
- vypustíme řádek nebo sloupec s nulovou kapacitou nebo nulovým požadavkem,
- přejdeme k 2. řádku a proces opakujeme, až budou přiřazena všechna množství .

Metoda sloupcových minim

Analogicky obsazujeme postupně pole s nejnižší sazbou ve sloupci počínaje 1. sloupcem.

Metody přesné

Metoda MODI (modifikovaná distribuční metoda)

Postup:

1. Nalezení výchozího přípustného bázeického řešení některou aproximační metodou.
2. Volba jednoho $u_i = 0$ pro $i=1,2,\dots,m$ nebo jednoho $v_j = 0$ pro $j=1,2,\dots,n$.
(Volíme v řadě s největším množstvím nenulových přeprav.)

3. Výpočet hodnoty proměnných $u_1, \dots, u_m$ a $v_1, \dots, v_n$ z rovnic:
4. $u_i + v_j = c_{ij}$, kde c_{ij} jsou cenové sazby-koefficienty u bazických proměnných.
5. Výpočet $d_{pq} = \max(u_i + v_j - c_{ij})$, dostaneme-li tuto hodnotu pro více polí, volíme pole s nejmenší hodnotou c_{ij} .
6. Je-li $d_{pq} = 0$, jde o optimální řešení, není-li $d_{pq} = 0$, stává se proměnná x_{pq} proměnnou, která vstupuje do nové báze.
7. V tabulce dopravní úlohy se vyhledá tzv. "uzavřený okruh" k poli (p,q) po obsazených polích a počínaje polem (p,q) označíme rohová pole okruhu střídavě znaménky + a -.
8. Určíme veličinu t jako minimální hodnotu z bazických proměnných označených „-“.
9. Přepočteme tabulku do nové báze a to tak, že přičteme a odečteme hodnotu t k příslušně označeným polím v okruhu.
10. Celý postup opakujeme od 2. kroku.

Tab. 10.6 Ukázka vytvoření „uzavřeného okruhu“

										u _i	
0	2	0	3	0	5	5	4			30	0
20		10									
-2	3	0	2	0	4	7	+	1		40	-1
		15		-		25					
-4	3	-3	3	0	2	0		6		20	-3
				+		10		-		10	
20		25		35		10				90	
v _j	2	3	5	9							

Tab. 10.7 Vytvoření dalšího přípustného řešení

$$d_{pq} = 7 \quad x_{pq} = x_{24}$$

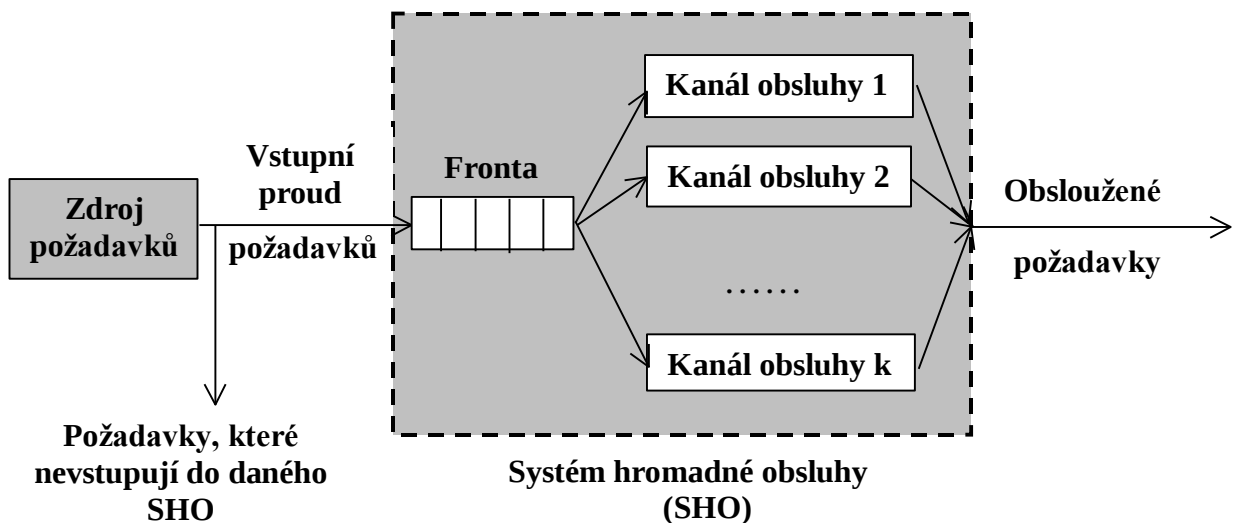
$$t = 10$$

0					u_i	
	02	03	05	-24		
	20	10			30	0
	-23	02	04	01		
		15	15	10	40	-1
	-43	-33	02	-76		
			20		20	-3
	20	25	35	10	90	
v_i	2	3	5	2		

Protože v předchozí tabulce jsou všechna $(u_i + v_j - c_{ij}) \leq 0$ (červeně hodnoty v polích vlevo nahoře), jde o optimální řešení.

10.2 Teorie hromadné obsluhy (teorie front)

- Studuje matematické modely systémů hromadné obsluhy (SHO),
- *SHO* - systémy, ve kterých dochází k procesům obsluhy mezi zákazníky (požadavky) a obsluhou (kanálem obsluhy) a v nichž vznikají zdržení, fronty a z toho plynoucí ztráty
- *Vznik požadavků na obsluhu a doba obsluhy* – náhodné veličiny (teorie pravděpodobnosti)
- Požadavek - jakýkoliv prvek, který vyžaduje nějaký druh obsluhy
- Kanál obsluhy - jakýkoliv prvek, který je schopen uspokojit požadavky.



Obr. 10.6 Schéma SHO

Příčiny čekání ve frontě:

- kapacita obsluhujících kanálů je trvale menší než počet vstupujících požadavků,
- požadavky vstupují do SHO náhodně, v nepravidelných intervalech,
- náhodně se měnící doba obsluhy.

Typické aplikace SHO – typické „čekací problémy“

Tab. 10. 8

<i>Aplikace</i>	<i>Požadavky</i>	<i>Kanály</i>	<i>Proces obsluhy</i>
Výroba	Výrobky Materiál	Stroje	Provádění výrobních operací
Přeprava	Materiál Výrobky	Dopravní prostředky	Vykládka, nakládka
Údržba, opravy	Stroje vyžadující údržbu, opravy	Údržbáři, opraváři	Údržba, oprava
Výdejna materiálu či náradí	Operátoři	Výdejna, skladník	Výdej náradí, materiálu
Obchod	Zákazníci	Přepážka, pokladna, pult	Prodávач pokladní
Sklizeň	Plodiny	Kombajn	Sklizeň
Parkování	Letadla, vozidla	Parkoviště, letiště, garáže, čerpací stanice	Parkování, Čerpání pohonných hmot
Cestování	Cestující	Dopravní prostředek	Jízda
Telefon	Zákazník	Tel. centrála	Tel. spojení
Nemocnice	Pacient	Lékař, lůžko, zařízení	Ošetření

Aplikace SHO – hledání odpovědí na otázky typu:

- kolik má být v síti zapojeno počítačů, aby byla optimálně využita její kapacita,
- kolik pracovníků a s jakou kvalifikací má mít četa pro plnění určitých úkolů (opraváři, skladníci...),
- jakého typu a kolik manipulačních zařízení má být instalováno v daném výrobním systému,
- jaká má být výše pojistné mezioperační zásoby pro zajištění bezporuchové výroby,
- kolik strojů má být přiděleno k obsluze jednomu či několika pracovníkům,
- kolik pracovníků má být pro určité práce (u pokladen, u přepážek, v jídelnách...),
- jak hustá má být síť distribučních skladů.

Ve většině čekacích problémů se řeší 2 základní typy úloh:

- volba počtu kanálů obsluhy,
- volba intenzity obsluhy jednotlivými kanály.

10.2.1 Popis jednotlivých prvků SHO a jeho okolí

1. Proud požadavků

- *Intervaly mezi 2 po sobě vstupujícími požadavky*
 - a) konstantní délka

b) délka = náhodná proměnná (exponenciální, Erlangovo, hyperexponenciální, Poissonovo rozdělení)

- *Intenzita vstupu* λ - průměrný počet požadavků za jednotku času
- $\frac{1}{\lambda}$ - *průměrná délka intervalu* mezi 2 po sobě vstupujícími požadavky

2. Kanál obsluhy

- *Doba obsluhy*
 - a) konstantní
 - b) náhodná proměnná
- *Intenzita obsluhy (kapacita kanálu)* μ - průměrný počet obsloužených (uspokojených) požadavků obsloužených jedním kanálem
- $\frac{1}{\mu}$ - *průměrná doba obsluhy* jednoho požadavku
- nejvhodnější model pro rozdělení dob trvání obsluhy – *exponenciální rozdělení*.

3. Intenzita provozu $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$...základní charakteristika celého SHO.

4. Velikost zdroje

- *SHO uzavřený* (omezený zdroj požadavků) – celková intenzita vzniku požadavků je ovlivňována okamžitým počtem jednotek ve zdroji)
- *SHO otevřený* (neomezený zdroj požadavků) – zdroj zahrnuje velký počet jednotek s velmi malou pravděpodobností vzniku požadavku u každé jednotky, tzn., že celková intenzita vzniku požadavků ve zdroji je konečná a není ovlivňována změnami počtu jednotek ve zdroji

5. Disciplina čekání ve frontě

a) dle trpělivosti požadavků vyžadujících obsluhu

- SHO bez čekání
- SHO s čekáním – modely beze ztrát
- modely se ztrátami

b) dle délky fronty

- SHO s omezenou délkou fronty
- SHO s neomezenou délkou fronty
(do fronty se nezařazují požadavky již obsluhované)
- SHO s nulovou délkou fronty

6. Způsob výběru požadavku z fronty a jeho obsluhy

- a) v pořadí jejich příchodu
- b) náhodně
- c) dle priorit

7. Počet kanálů obsluhy

- SHO jednokanálový
- SHO adaptibilní
- SHO vícekanálový

8. Uspořádání kanálů

- Paralelní (vícefázová obsluha)
- Sériové (jednofázová obsluha)
- Smíšené

10.2.2 Ekonomické aspekty čekacích problémů

Cíl: nalézt takové podmínky procesu, za kterých dosahujeme optimálního efektu vzhledem ke kriteriální funkci

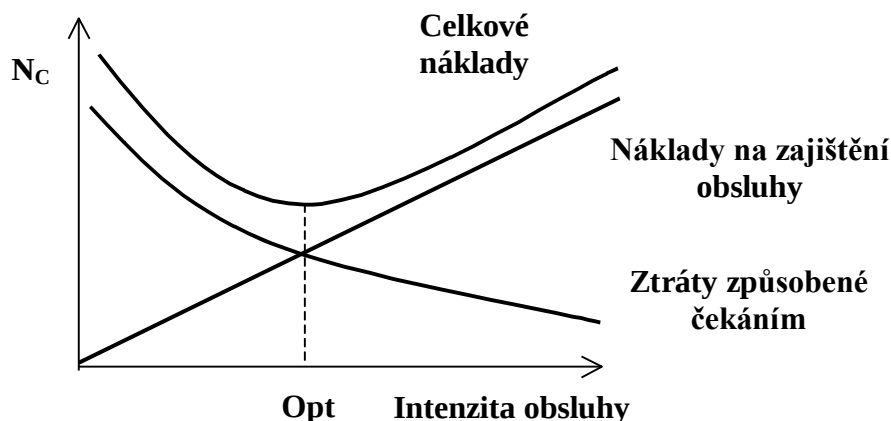
Kriteriální funkce – nejčastěji minimalizace nákladů spojených s procesem obsluhy nebo

- maximalizace výnosů z procesu,
- někdy pouze
- zkoumání kvality procesu obsluhy (např. zda průměrná doba čekání na obsluhu není příliš velká).

Formulace úlohy vedoucí k minimalizaci celkových nákladů spojených s procesem obsluhy:

- ♦ Poskytování příliš velké intenzity obsluhy vyvolává nadměrné náklady na pořízení a provoz kanálů obsluhy
- ♦ Neposkytnutí dostatečné intenzity obsluhy zase vyvolává značnou průměrnou délku fronty a s tím spojené ztráty vyvolané čekáním požadavků.

Cíl: stanovit takovou intenzitu obsluhy (počet a výkonnost kanálů obsluhy), při níž bude součet nákladů na proces obsluhy a ztrát vzniklých čekáním minimální.
Znázornění vztahu mezi počtem a výkonností kanálů obsluhy a celkovými náklady spojenými s procesem obsluhy



Obr. 10.7 Nákladový model systému hromadné obsluhy

Jiná formulace úlohy minimalizace nákladů spojených s provozem SHO

Druhy nákladů:

- ◆ Náklady /čas.j. prostoje kanálu obsluhy (ztráty z nevyužití kanálu) – c_0
- ◆ Náklady na čekání požadavku na obsluhu/čas.j.) – c_2
- ◆ Náklady na obsluhu 1 požadavku /čas.j – c_1
- ◆ Náklady vyvolané ztrátou 1 požadavku (v systému se ztrátami).

Pro exponenciální systém jednokanálové obsluhy ve stacionárním stavu platí pro celkové náklady spojené s provozem SHO tento vztah:

$$C(\rho) = c_0(1 - \rho) + c_1 \cdot \rho + c_2 \cdot \frac{\rho}{1 - \rho}. \quad (10.1)$$

Je-li možné regulovat průměrnou intenzitu provozu ρ , lze nalézt takovou hodnotu ρ v intervalu (0,1), při níž $C(\rho)$ dosáhne minima.

$$\frac{dC(\rho)}{d\rho} = -c_0 + c_1 + c_2 \cdot \frac{1}{(1 - \rho)^2} = 0 \quad (10.2)$$

Pak

$$\rho_{\text{opt}} = 1 - \sqrt{\frac{c_2}{c_0 - c_1}}. \quad (10.3)$$

Většinou lze měnit pouze μ .

10.2.3 Základní číselné charakteristiky pro posouzení efektivnosti provozu SHO

(tvoří podklad pro hodnocení variant s ohledem na zvolenou kritériální funkci)

- průměrný počet požadavků ve frontě (průměrná délka fronty)
- průměrný počet požadavků v systému obsluhy
- průměrné časové vytížení kanálu obsluhy
- průměrný časový podíl prostoje kanálu obsluhy
- průměrná doba čekání požadavku ve frontě
- průměrná doba pobytu požadavku v systému obsluhy
- pravděpodobnost, že v systému je „i“ požadavků
- pravděpodobnost, že požadavek bude čekat (bude čekat déle než je definovaný limit)
- průměrná doba obsluhy.
- pravděpodobnost odmítnutí požadavku.

10.2.4 Metody řešení čekacích problémů

- a) analyticky (skutečnost lze aproximovat vhodným jednoduchým modelem rozdělení délek intervalů mezi vstupy požadavků a rozdělení doby obsluhy),
- b) pomocí simulace (rozdělení jsou složitější) .

Úvod do simulace

Simulace – prostředek napodobení chování skutečného procesu

Matematické modely systémů lze konstruovat 3 způsoby:

1. soustavou funkcí (lineární a nelineární programování, dynamické programování, teorie optimálního řízení)
 2. pomocí typologie (teorie grafů, modely sítí, některé dopravní modely)
 3. jako zobrazení v umělé inteligenci (popis systému pomocí prvků počítače, elektronických obvodů...)
- *Simulační model* – zobrazení systému na počítači určitým programem
 - Simulační modely jsou vhodné pro *zobrazování dynamických systémů a systémů majících stochastický charakter*.
 - *Simulační jazyky* (SIPRO, SIMULA, GASP, Matlab-SIMULINK, Taylor, Wittness...) – využití při konstrukci složitých modelů SHO, modelů výrobních operací, technologií, biologických a ekologických systémů, systémy lhůtového rozvrhování, prostorové uspořádání procesu...

Postup simulace čekacích problémů

1. Získání rozdělení pravděpodobnosti všech náhodných veličin (μ , λ), které budou simulovány, a to sledováním skutečného provozu.
 2. Sestrojení distribuční funkce pro intervaly mezi vstupy požadavků a pro doby obsluhy (na základě bodu 1).
 3. Zjištění velikosti náhodných veličin pomocí náhodných čísel rovnoměrně rozdělených v intervalu $<0, 1>$ (generátory náhodných čísel).
 4. Simulace provozu SHO pomocí náhodných veličin (viz bod 3).
 5. Výpočet hledaných číselných charakteristik efektivnosti provozu SHO.
- Pozn.: Pro jeden model je třeba provést mnoho realizací, aby se dosáhlo požadované přesnosti výsledků.

10.2.5 Základní typy SHO

1. Typ M/M/1 – Exponenciální systém jednokanálový

Popis:

- Zdroj – nekonečný (otevřený SHO)
- Nekonečná fronta
- Systém je stacionárním stavu (proces probíhá dostatečně dlouho a průměrné hodnoty μ a λ se nemění s časem)
- kanál obsluhy – může současně obsloužit pouze 1 požadavek
- Vstupní proud požadavků = Poissonovo rozdělení s parametrem λ
- Doba obsluhy = Exponenciální rozdělení s parametrem $\frac{1}{\mu}$
- Výstupní proud požadavků = Poissonovo rozdělení s parametrem μ
- Požadavky mají nekonečnou trpělivost
- Obsluha požadavků – v pořadí jejich vstupu.

Základní charakteristiky pro posouzení efektivity provozu SHO typu M/M/1

- Základní vztah – intenzita provozu $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$

Musí platit: $\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$ - systém je ve stacionárním stavu.

Pak platí následující vztahy:

- Průměrný počet požadavků v systému

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{\lambda}{\mu-\lambda} \quad (10.4)$$

- Průměrný počet požadavků ve frontě

$$\bar{n}_f = \frac{\rho^2}{1-\rho} \quad (10.5)$$

- Pravděpodobnost, že v SHO není žádný požadavek (že požadavek nebude čekat)

$$p_0 = 1 - \rho \quad (10.6)$$

- Pravděpodobnost, že v SHO je alespoň 1 požadavek

$$p(n \geq 0) = 1 - p_0 = \rho \quad (10.7)$$

- Pravděpodobnost, že SHO je právě k jednotek

$$p(n = k) = p_k = (1 - \rho)\rho^k \quad (10.8)$$

- Pravděpodobnost, že v SHO je více než k požadavků

$$p(n > k) = \rho^{k+1} \quad (10.9)$$

- Pravděpodobnost vzniku fronty

$$p(n \geq 1) = 1 - p_0 - p_1 = \rho^2 \quad (10.10)$$

- Průměrná doba strávená požadavkem v SHO

$$\bar{T} = \frac{1}{\mu(1-\rho)} \quad (10.11)$$

- Průměrná doba strávená požadavkem ve frontě

$$\bar{T}_f = \frac{\rho}{\mu(1-\rho)} \quad (10.12)$$

- Průměrná doba obsluhy

$$\bar{t}_o = \frac{1}{\mu} \quad (10.13)$$

- Pravděpodobnost, že požadavek bude čekat ve frontě po dobu „w“ a déle

$$p(w) = \rho \cdot e^{w(\lambda-\mu)} \quad (10.14)$$

2. Typ M/M/m – Exponenciální systém vícekanálové obsluhy

Popis:

- stejné vlastnosti jako otevřený systém M/M/1,

- má nejvýše m stejnorodých paralelně obsluhujících zařízení, z nichž každé má intenzitu obsluhy μ ,
- celková intenzita $= m \cdot \mu$,
- intenzita provozu $\rho = \frac{\lambda}{m \cdot \mu}$ musí být < 1 Podmínka stacionárnosti systému,
- fronta vzniká až po té, co je v SHO více požadavků než kanálů $n > m$,
- od okamžiku, kdy je v SHO počet požadavků $n \geq m$, se chová SHO jako systém s 1 kanálem a intenzitou obsluhy $m \cdot \mu$.

3. **Typ M/M/1/k – Exponenciální systém jednokanálové obsluhy s omezenou kapacitou fronty (systémy se ztrátami)**

- V reálných systémech je často kapacita fronty omezená (systém omezený počtem čekajících požadavků nebo systém s omezenou dobou čekání na obsluhu).
- V těchto SHO lze čekat pouze tehdy, nepřekročí-li počet požadavků ve frontě, popř. dobu čekání, určitou předem danou hodnotu.

Př. Je-li počet míst ve frontě omezen číslem $(k-1)$, je maximální kapacita systému „ k “ požadavků.

4. **Typ M/M/m/k – Exponenciální systém vícenásobné obsluhy s omezenou kapacitou**

Popis:

- Stejně vlastnosti jako SHO M/M/m
- Maximálně přípustný počet požadavků v systému je „ k “
- Nejvýše „ m “ požadavků je obsluhováno a „ $k-m$ “ požadavků je ve frontě

5. **Uzavřené SHO**

- Zdroj požadavků – omezený – pravděpodobnosti vstupu jednotek do SHO jsou funkcemi stavu SHO.
- Intenzita obsluhy ovlivňuje intenzitu příchodů požadavků do systému, neboť obsloužené požadavky se stávají opět prvky zdroje potenciálních požadavků.

Aplikace:

- Stanovení počtu strojů obsluhovaných 1 pracovníkem.
- Určení počtu údržbářů na určité množství strojů.

6. **SHO při netrpělivosti požadavků**

Popis: otevřený systém

- a) požadavek nevstoupí do SHO, když fronta je delší nebo doba čekání je delší než určitá apriorní mez (práh netrpělivosti)
- b) požadavek vstoupí a čeká po určitou dobu, pak odejde, i když není obsloužen.

7. **Exponenciální systém jednoduché obsluhy s prioritami**

- Některé požadavky jsou předem v čekání zvýhodněny.



Shrnutí pojmů

Po prostudování kapitoly by vám měly být jasné následující pojmy:

- **Matematicko programování**
- **Úloha lineárního programování**
- **Obecný model lineárního programování**
- **Kriteriální funkce**
- **Soustava omezujících podmínek**
- **Podmínky nezápornosti**
- **Normovaný a kánonický tvar lp modelu**
- **Přípustné řešení**
- **Výchozí přípustné řešení**
- **Bazické řešení**
- **Optimální řešení**
- **Simplexová metoda**
- **Bazická proměnná**
- **Jednotková báze**
- **Adjungovaný model**
- **Dopravní problém**
- **Vyvážený dopravní problém**
- **Nevyvážený dopravní problém**
- **Fiktivní dodavatel**
- **Fiktivní spotřebitel**
- **Metoda severozápadního rohu**
- **Metoda indexově vzestupná**
- **Metoda řádkových a sloupcových minim**
- **metoda modi**
- **Systém hromadné obsluhy**
- **Zdroj požadavků**
- **Vstupní proud požadavků**

- **Fronta**
- **Kanál obsluhy**
- **Intenzita vstupu**
- **Intenzita obsluhy**
- **Intenzita provozu**
- **Disciplína čekání ve frontě**
- **Čekání ve frontě**
- **Vytížení kanálu obsluhy**
- **Exponenciální systém hromadné obsluhy jednokanálový**
- **Exponenciální systém hromadné vícekanálové obsluhy**
- **Exponenciální systém hromadné obsluhy jednokanálový s omezenou kapacitou fronty**
- **Exponenciální systém hromadné vícekanálové obsluhy s omezenou kapacitou fronty**
- **Uzavřený systém hromadné obsluhy**
- **Systém hromadné obsluhy při netrpělivosti požadavků**
- **Exponenciální systém hromadné obsluhy s prioritami**



Otázky

1. Co je cílem uplatnění lineárního programování?
2. Jaké aplikace lineárního programování v oblasti managementu procesů znáte?
3. Jaké jsou předpoklady pro použití lineárního programování?
4. Jaká je struktura obecného LP modelu?
5. Jaké znáte metody řešení LP úloh?
6. Jaký je obecný postup řešení LP úlohy?
7. Jaký je smysl převodu obecného modelu do normovaného a kánonického tvaru a jaké úpravy je při tomto převodu třeba provádět?
8. Jaký je algoritmus simplexové metody, jaká je struktura

simplexové tabulky?

- 9. Jaký je rozdíl mezi bazickým, přípustným a optimálním řešením LP úlohy?**
- 10. Jaké mohou nastat situace při řešení LP úloh?**
- 11. Co to je adjungovaný model?**
- 12. Jaké aplikace se řeší pomocí dopravní úlohy?**
- 13. Jaká je struktura dopravní úlohy?**
- 14. Jaké předpoklady musí být splněny pro použití dopravní úlohy?**
- 15. K čemu slouží aproximační metody a jaký jejich princip?**
- 16. K čemu slouží metoda přesné a jaký je postup při aplikaci metody MODI?**
- 17. K čemu slouží teorie hromadné obsluhy a kde ji lze využít v oblasti managementu procesů? Jaké další aplikace znáte?**
- 18. Jaká je struktura systému hromadné obsluhy a jaké jsou vlastnosti jednotlivých prvků?**
- 19. Kde se při aplikaci teorie hromadné obsluhy pracuje s teorií pravděpodobnosti a jaká pravděpodobnostní rozdělení se využívají?**
- 20. Jaké znáte druhy systémů hromadné obsluhy a čím se liší?**
- 21. Jakým způsobem lze provést analýzu efektivnosti systému hromadné obsluhy?**



Literatura k dalšímu studiu

- [1] Hušek, R.-Maňas, M.: Matematické metody v ekonomii. SNTL, Praha: 1989.
- [2] Pitel, J. a kol.: Ekonomicko-matematické metody. Příroda, Bratislava: 1988.
- [3] Slack, N. a kol.: Operations Management. Pearson Education, 2010.



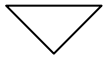
Témata doplňkového samostudia

- vlastnosti LP modelů
- vlastnosti modelu dopravní úlohy
- normovaný a kánonický tvar LP modelu
- úpravy obecného LP modelu do normovaného a kanonického tvaru

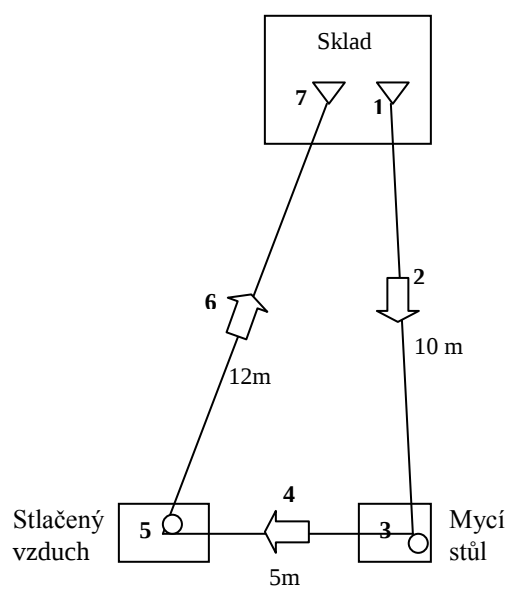
11. PŘÍLOHY

Shrnutí	Dosud	Návrh	Uspořeno	Činnost: Čištění součástí Pracoviště: mycí stůl Pracovník: Datum: Vypracoval:						
Operace	7,0									
Doprava	5,5									
Kontrola	-									
Uložení										
Celkový čas	12,5 min.									
Celková vzdálenost	27 m									
Popis činností				O p e r a c e	D o p r a v a	K o n t r o l a	U l o ž e n í	V z d á l e n o s t	Č a s / v ý r o b e k	
1. Skladování součástí ve skladu							▽			
2. Přenesení součástí k mycímu stolu					⇒			10	2,0	
3. Mytí součástí				○					4,0	
4. Přemístění součástí k přívodu vzduchu					⇒			5	1,0	
5. Vysušení stlačeným vzduchem				○					3,0	
6. Odnesení součástí do skladu					⇒			12	2,5	
7. Uložení součástí ve skladu							▽			
Celkem								27	12,5	

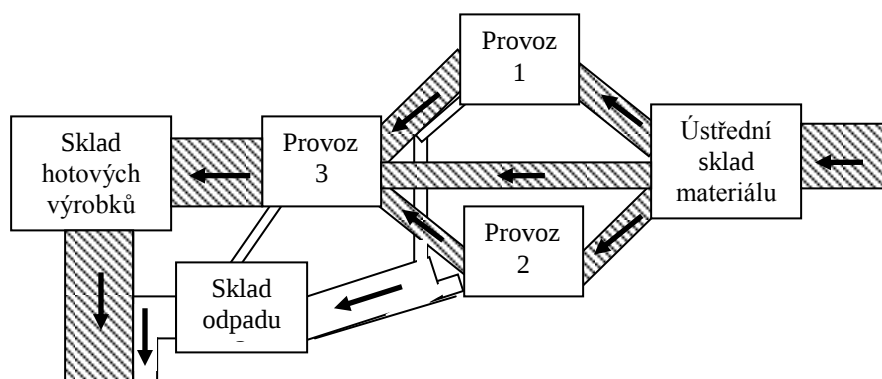
Příloha 1 Postupový diagram

	Technologická operace
	Kontrolní operace
	Doprava
	Uložení
	Čekání – nečinnost
	Technologická nebo operační manipulace
	Ložná operace
	Vážení
	Balení

Příloha 2 Značky pro sestavování postupových grafů a diagramů



A



B

Příloha 3 Postupový graf toku materiálu (A) a Sankeyův diagram (B)

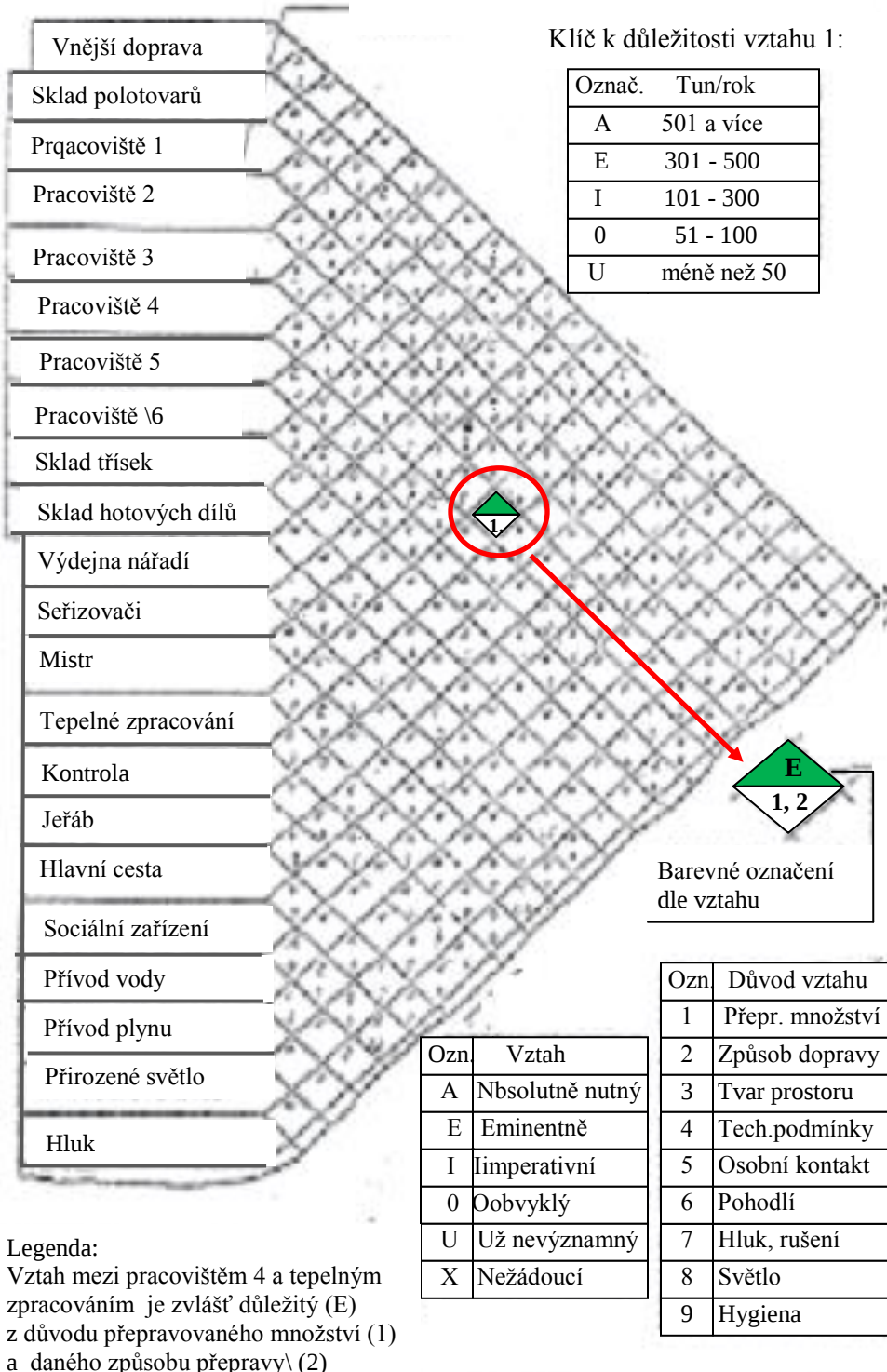
Do Z		Pracoviště odebírající						Sklad trísek	Sklad hotovýc trísek	Dodáno celkem
		1	2	3	4	5	6			
Sklad polotov.		720	-	-	380	-	-	-	-	1100
Pracoviště dodávající	1		100	180	150	-	250	220	-	900
	2	-		-	-	50	50	40	50	190
	3	80	50		-	90	250	110	40	620
	4	-	-	300			270	10	-	580
	5	100	40	-	50		-	-	270	460
	6	-	-	140	-	320		-	360	820
Odebráno celkem		900	190	620	580	460	820	380	720	4670

Pracoviště výhradně dodávající = vstupní

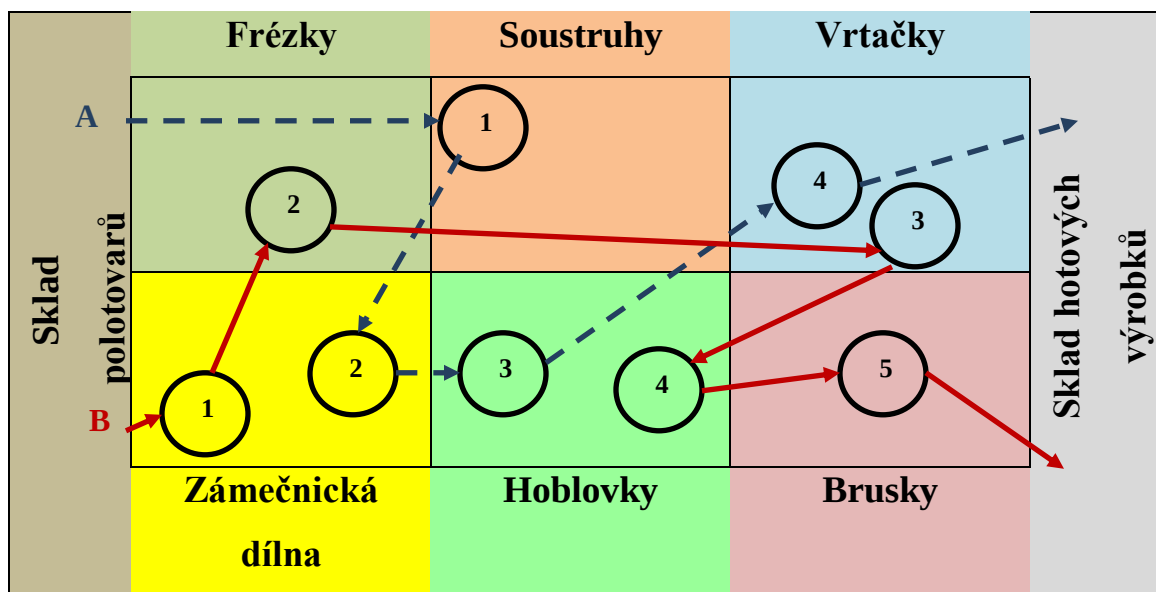
Pracoviště výhradně odebírající = výstupní

Pracoviště současně odebírající i dodávající = průchozí

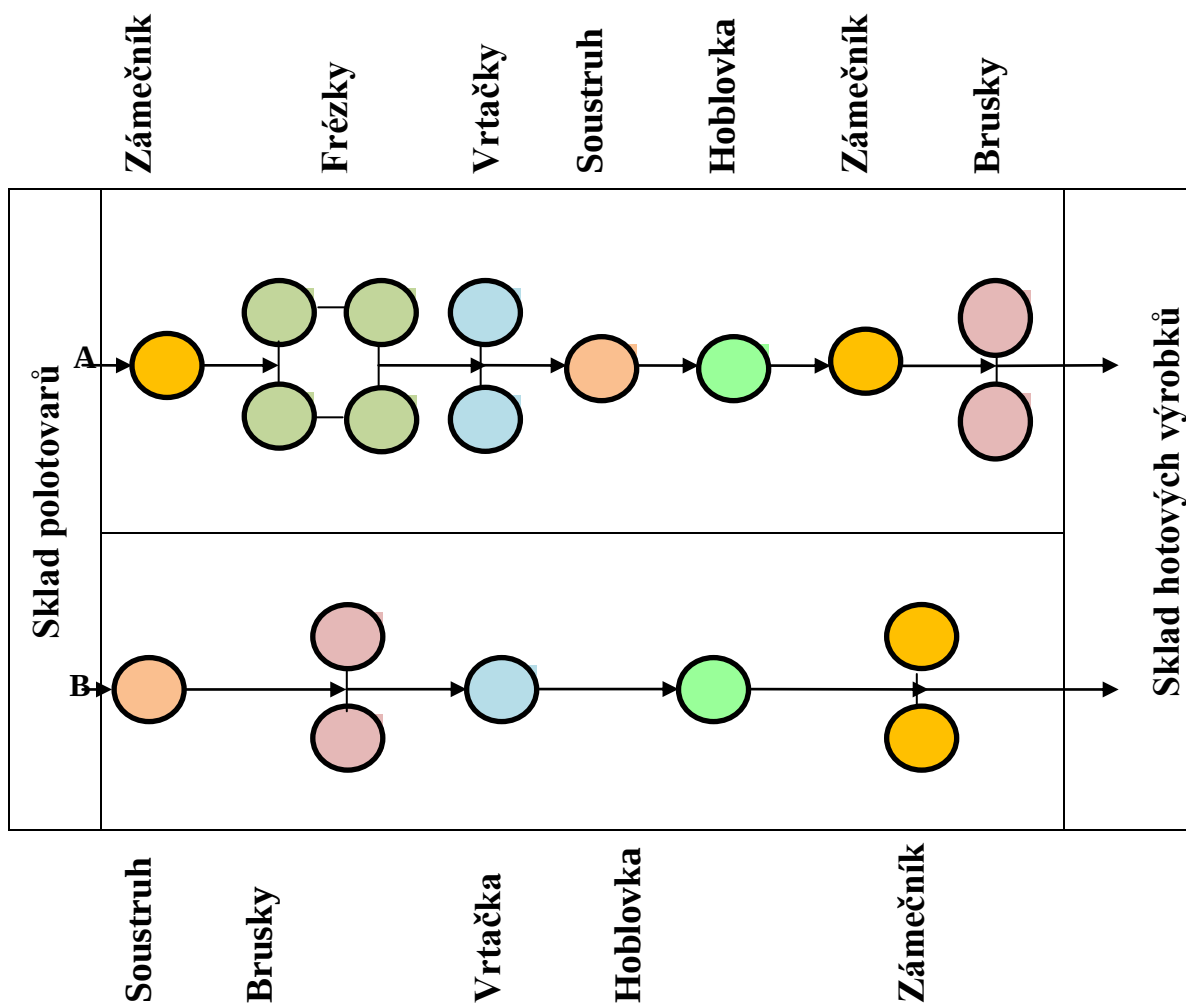
Část tabulky, sestavená dle matice
přepřavovaného množství



Příloha 5 Trojúhelníková matice vzájemných vztahů



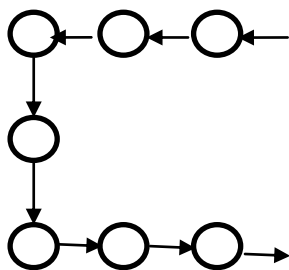
Příloha 6 Technologické uspořádání



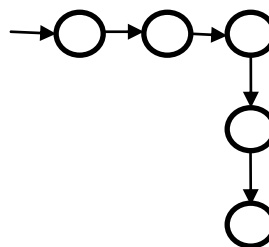
Příloha 7 Předmětné uspořádání



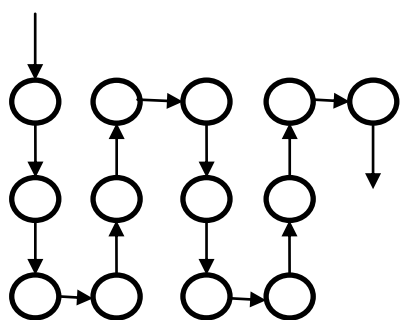
Přímá linka



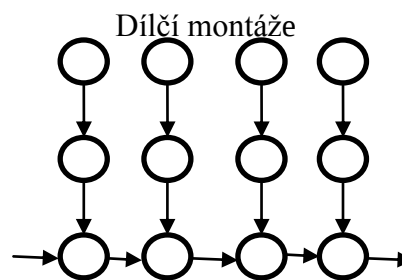
U tvar



L tvar



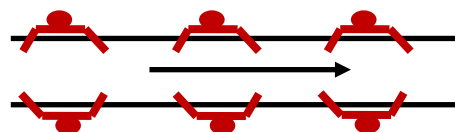
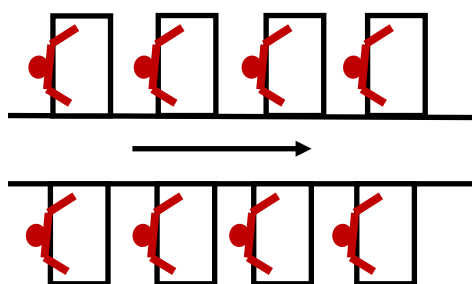
Tvar serpentin



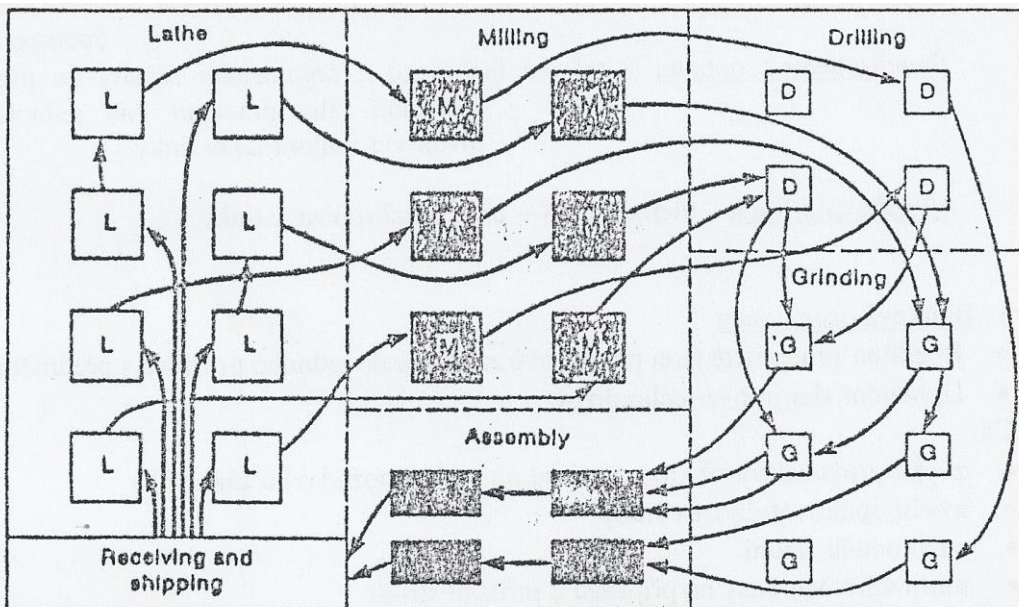
Dílčí montáže

Konečná montáž

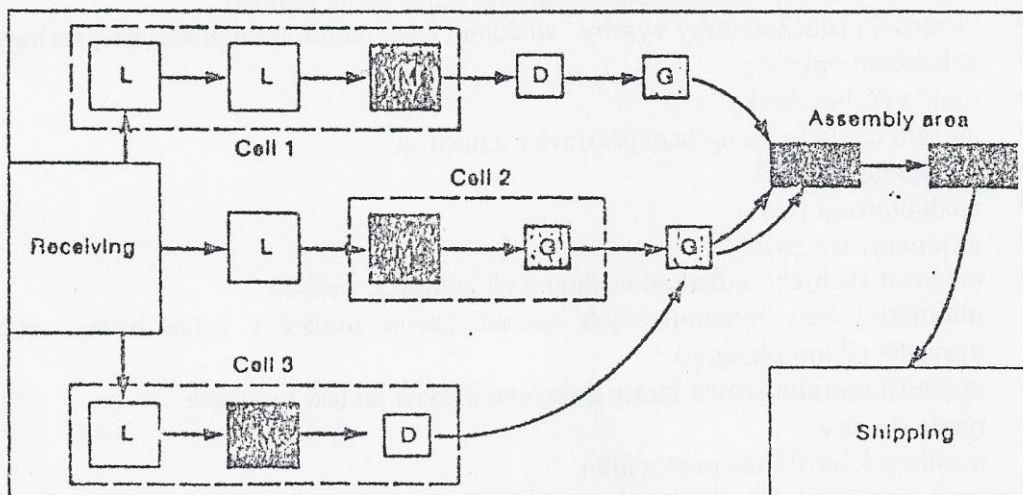
Hřebenový tvar



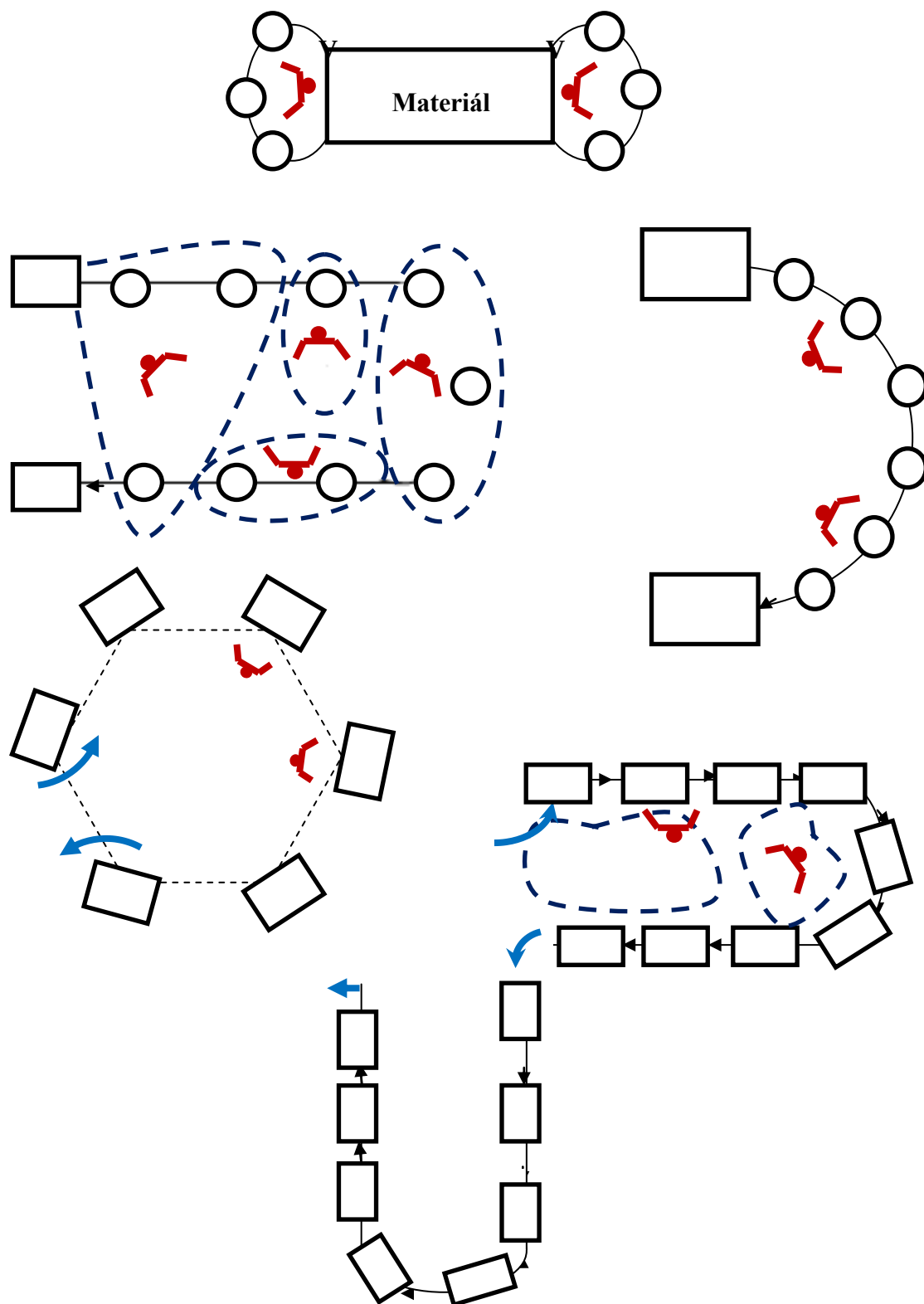
Příloha 8 Tvary linek



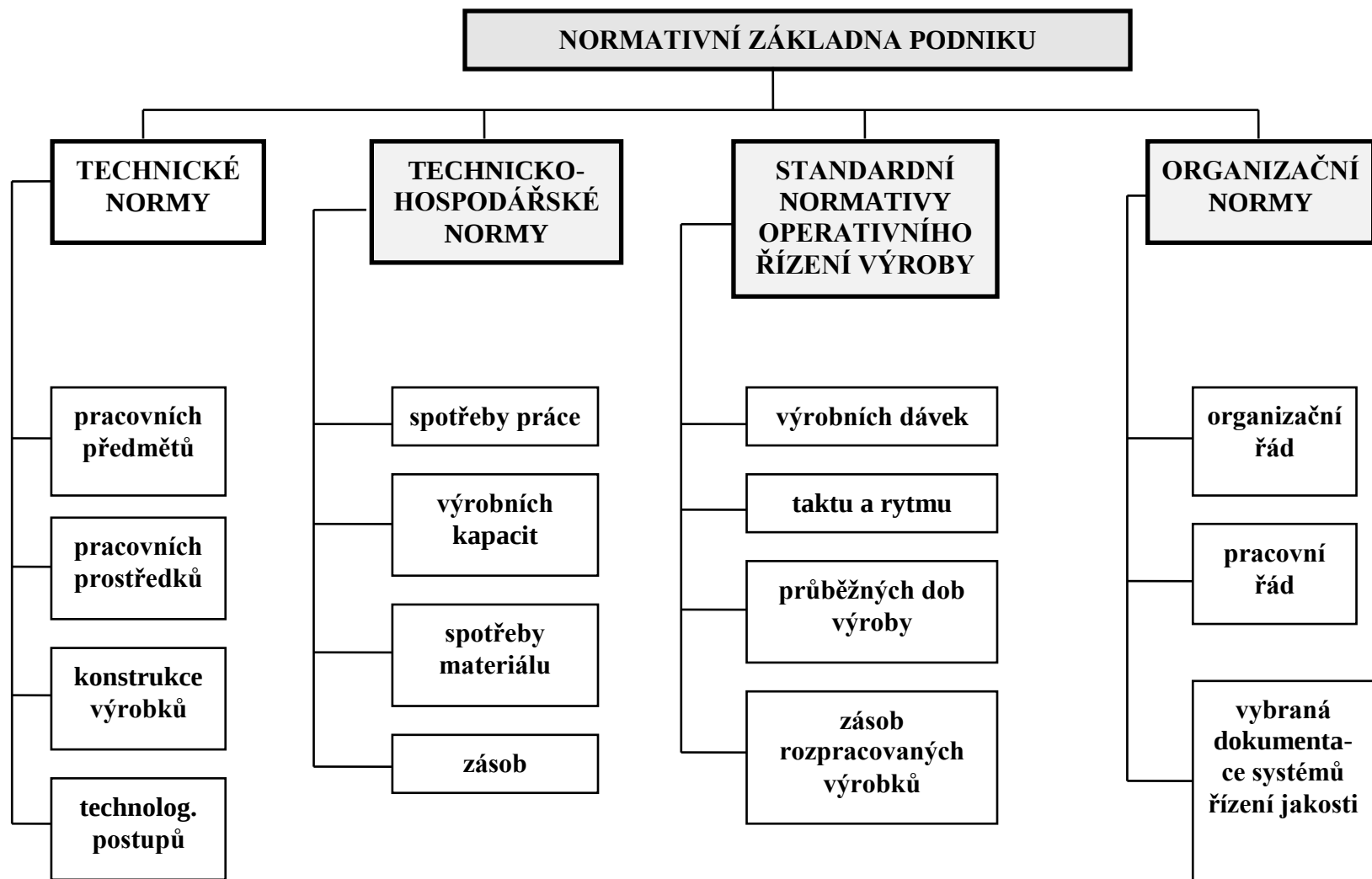
(a) Jumbled flows in a job shop without GT cells



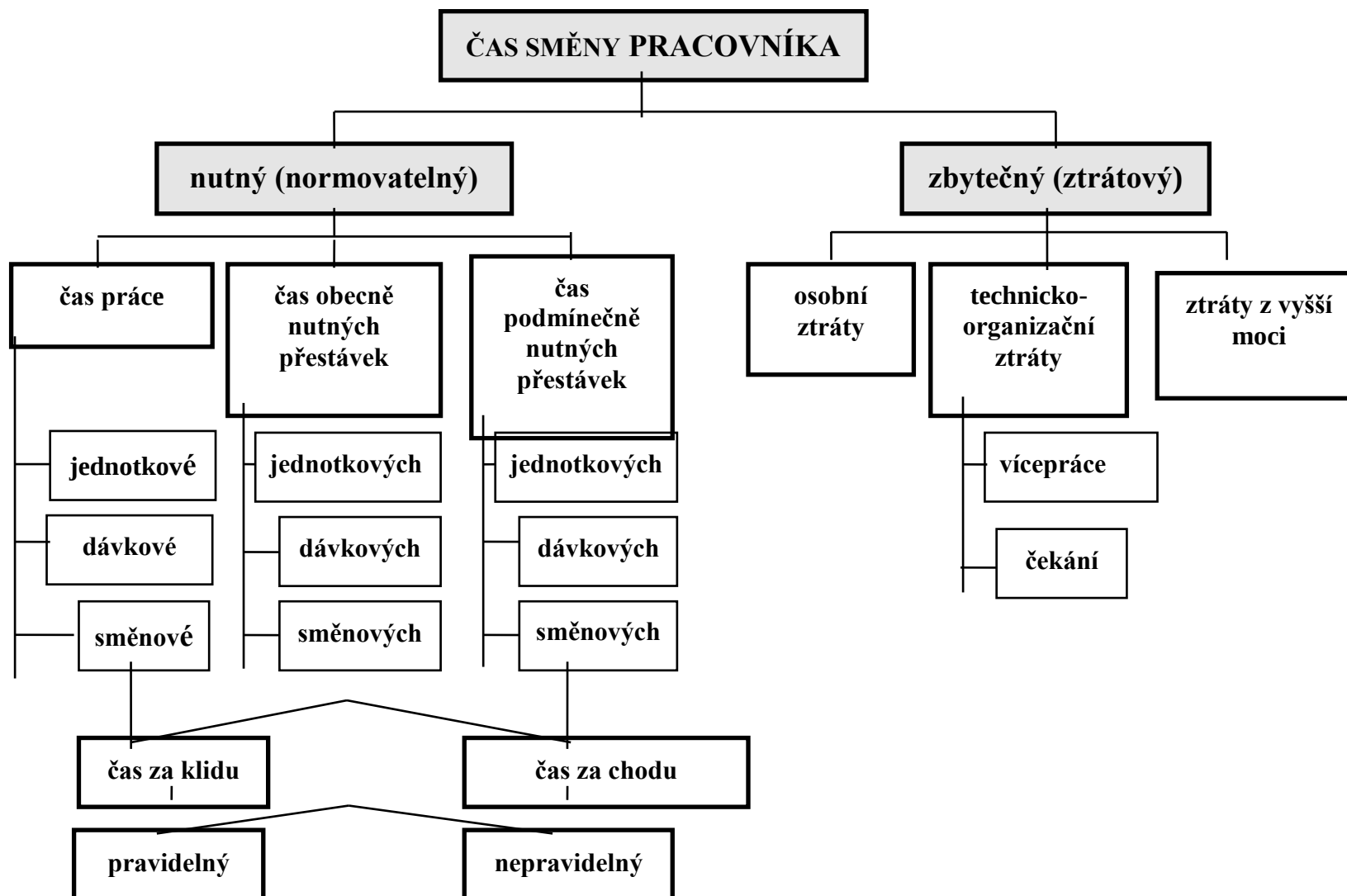
(b) Line flows in a job shop with three GT cells



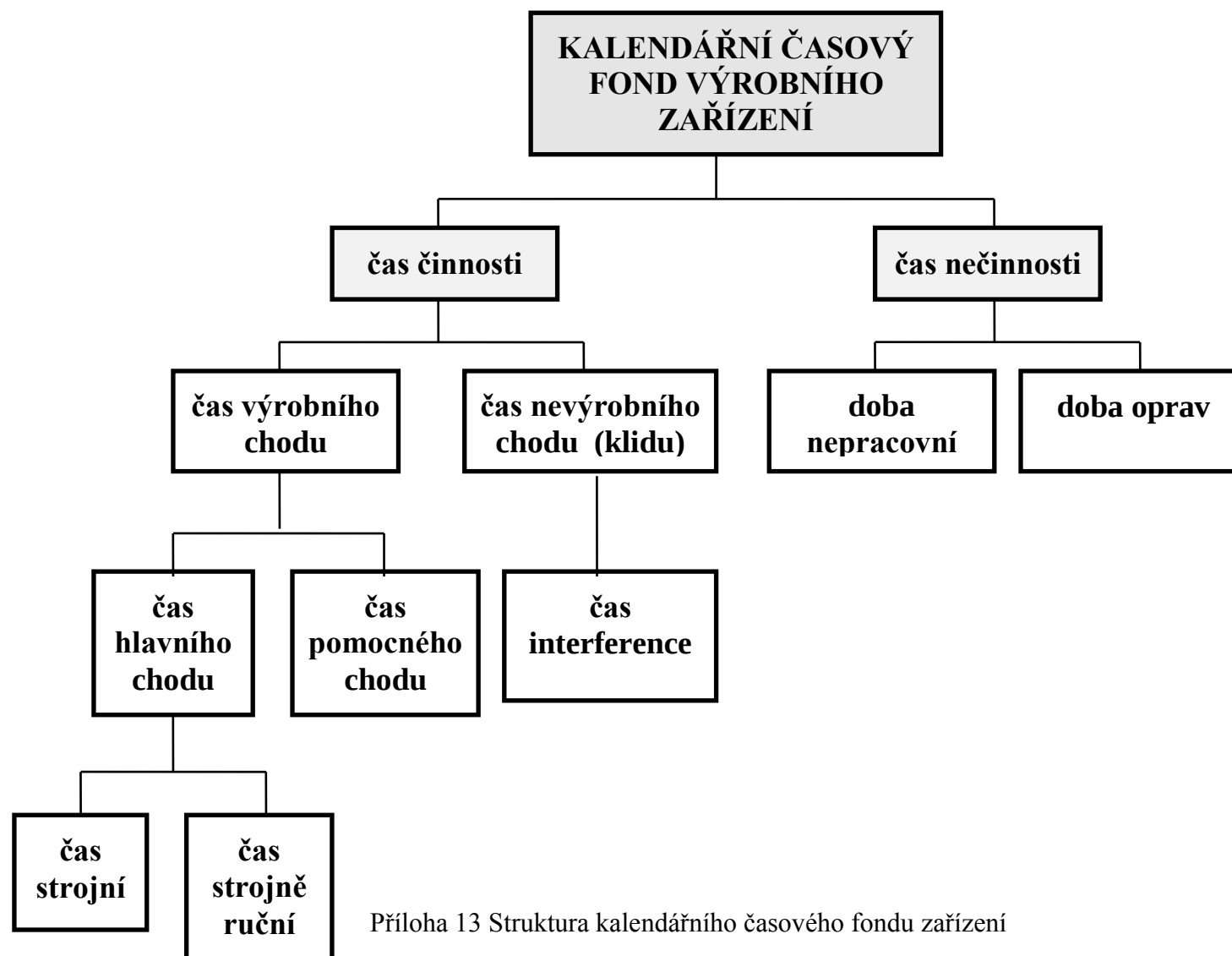
Příloha 10 Pružné uspořádání buněk



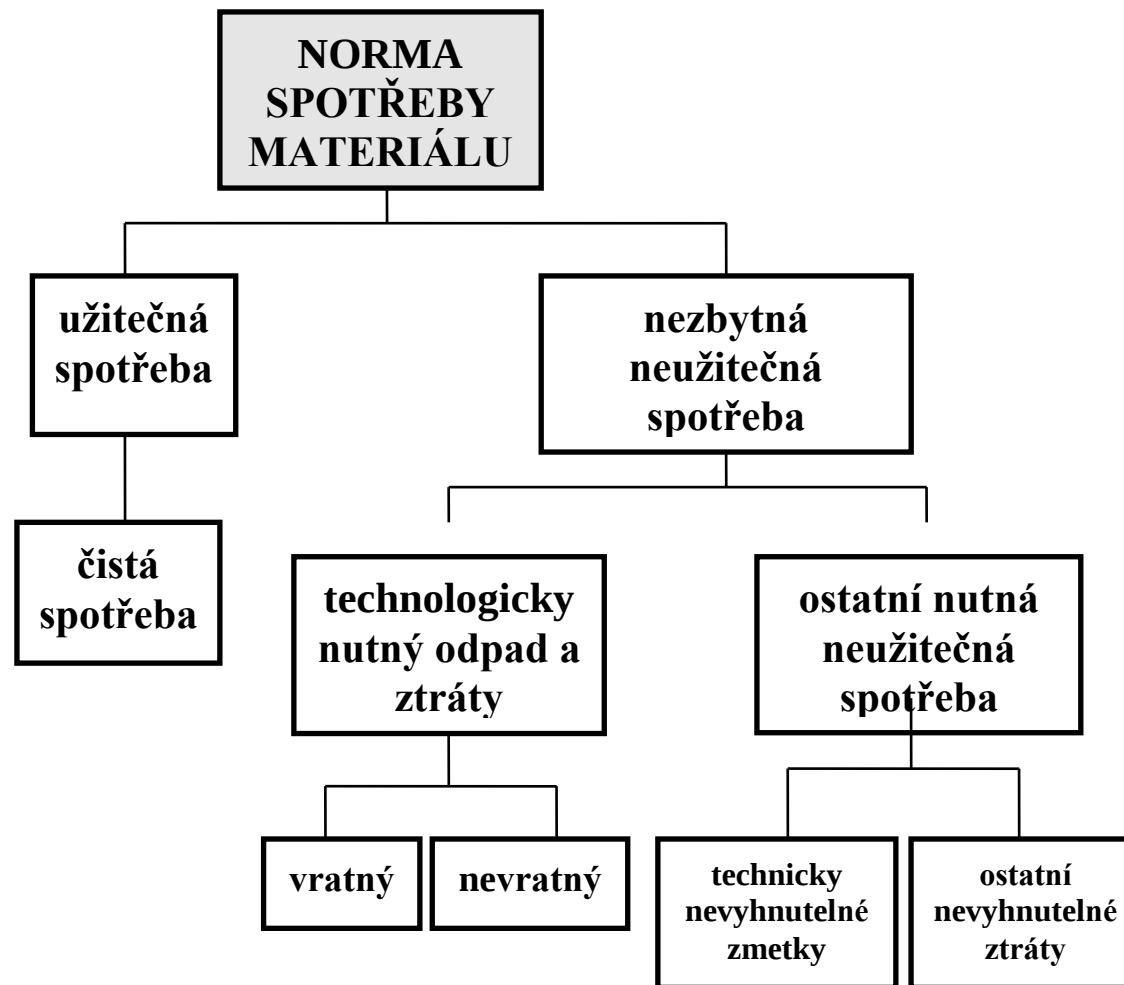
Příloha 11 Normativní základna



Příloha 12 Struktura času směny pracovníka



Příloha 13 Struktura kalendářního časového fondu zařízení



Příloha 14 Struktura normy spotřeby materiálu