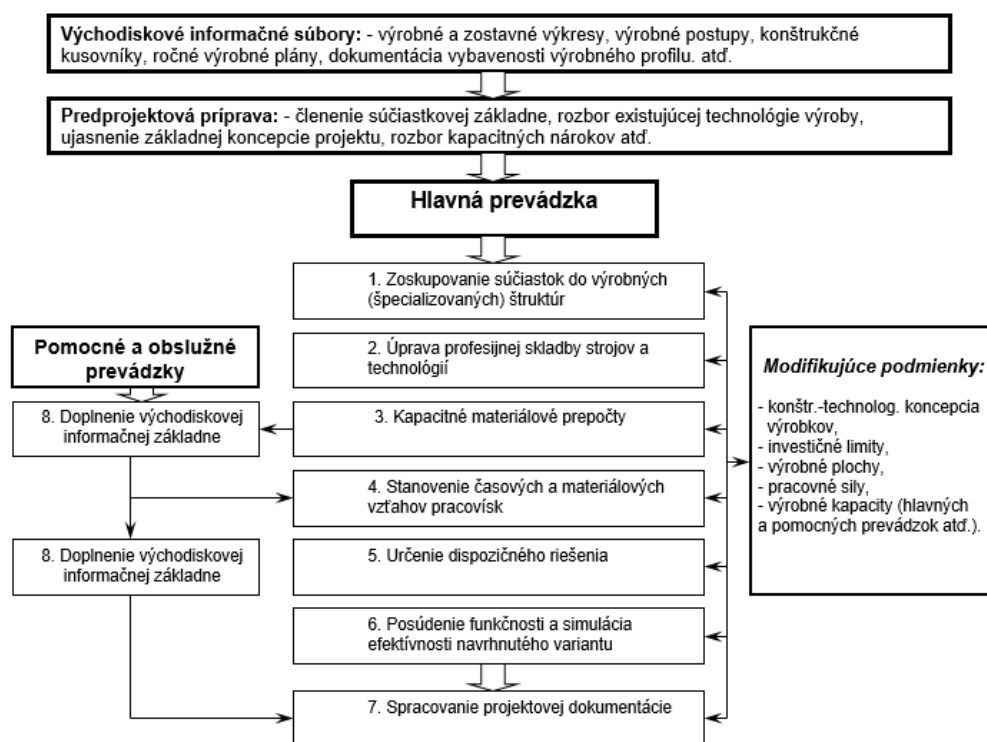


NAVRHOVANIE A OPTIMALIZÁCIA V PROJEKTOVEJ PRÍPRAVE VÝROBY

Projektová príprava výroby (PPV) je kontinuálna tvorivá činnosť technicko-ekonomického charakteru, ktorá spočíva v analyzovaní, navrhovaní, spracovávaní a realizácii podmienok na optimálne využitie všetkých disponibilných hmotných zdrojov (materiálu, zdrojov a iné) a prostriedkov (výrobných, manipulačných, dopravných, kontrolných, skladovacích a pod.), ktoré ovplyvňujú efektívnosť výrobného procesu (VP).

PPV rieši otázky **časovej a priestorovej štruktúry** z hľadiska požadovaných cieľov technologického projektu, t. j. vymedzuje proporcionálne vzťahy medzi jednotlivými prvkami výrobných systémov z hľadiska časových a priestorových nárokov, pracovných, technologických, dopravných, manipulačných, kontrolných a ostatných činností, nevyhnutných na uskutočnenie optimálneho výrobného procesu. Štruktúra jednotlivých činností v PPV je uvedená na obr. 1



Obr. 1 Štruktúra činností v projektovej príprave výroby

Základné požiadavky na VP, ktoré sú dôležité ako vstupné dáta pre PPV, sa klasifikujú:

1. Podľa vzťahu k produktu alebo výrobnému programu:

a) vo vzťahu k produktu na:

- **hlavný výrobný proces** – výroba finálnych produktov, určených na expedíciu,
- **pomocný výrobný proces** – výroba produktov, ktoré materiálovo neprechádzajú do finálnych produktov (napr. špeciálne nástroje a prípravky a pod.),
- **obslužný (vedľajší) výrobný proces** – zaisťuje všetky druhy potrebných energií a služieb.

b) vo vzťahu k výrobnému programu na:

- **hlavný výrobný proces** – náplňou je základný výrobný program,
- **doplňkový výrobný proces** – umožňuje lepšie kapacitné vyťaženie výrobných plôch a zariadení.

2. Podľa charakteru činností realizovaných vo výrobnom procese:**a) vo vzťahu k výrobnému programu na:**

- **pracovný proces** – je súčasťou technologického procesu, kedy ku zmenám pracovného predmetu nedochádza ale jeho „premenu“ podmieňuje napr. skladovanie, evidencia, kontrola a pod.,
- **technologický proces** – k zmenám pracovného predmetu dochádza v časovej a funkčnej postupnosti, kedy programovo dochádza k zmene tvaru, rozmerov a iné.

Projektová príprava výroby – vstupné informácie

Informačné súbory (IS) delíme na:

A/ IS s dátami **premenného charakteru**.

B/ IS s dátami **trvalého charakteru**.

A/ IS s dátami **premenného charakteru** čerpajú údaje s dokumentácie:

1. konštrukčnej:

- výkresy zostáv, podzostáv, dielenské výkresy,
- konštrukčné kusovníky,
- technické preberacie podmienky a pod.

2. technologickej:

- výrobné a montážne postupy,
- operačné návodky,
- technicko-hospodárske normy materiálu a výkonov a iné.

3. plánovacej:

- ročné výrobné plány,
- veľkosti výrobných dávok a iné.

B/ IS s dátami **trvalého charakteru** sú usporiadané do týchto súborov:

1. výrobný program:

- identifikačný znak produktu,
- rozmery a hmotnosť produktu,
- stabilita v časovom slede a iné.

2. štruktúra výrobku:

- názov produktu (P),
- označenie P alebo montážneho celku (MC),
- konštrukčno-technologický znak P alebo MC,
- počet kusov a spôsob ich získania a iné.

3. štruktúra súčiastkovej základne (triedenie súčiastkovej základne).

Informačné súbory s dátami trvalého charakteru je možné definovať ako **NORMATÍVNU ZÁKLADŇU**. Normatívna základňa sú databázy pre potreby technologickej, ale aj konštrukčnej štandardizácie, a tvoria ju:

1. Katalógy strojov a zariadení.
2. Katalógy komunálneho a špeciálneho náradia a nástrojov.
3. Katalógy noratív technologických podmienok a časov.
4. Technické podmienky a požiadavky na bezpečnosť práce, na pracovné prostredie.
5. Štandardné texty technologických inštitúcií.

PPV – pravidlá a zásady pri projektovaní

Pri návrhu projektu, resp. jeho variantov v PPV okrem vstupných informácií musia byť dodržané základné pravidlá a zásady, ktoré sú:

- A. Cieľovosť** – kde je nutné všetkým profesiám, ktoré sa zúčastňujú na spracovaní projektu presne definovať cieľ. Rovnako musí byť presne definovaný spôsob a predmet kontroly a tiež postup odovzdania realizovaného diela. Napr. systém bude univerzálny (variabilný) alebo jednoúčelový.
- B. Systémový prístup** – určuje zaoberať sa všetkými prvkami primárneho systému v ich vzájomnej interakcii a tiež v interakcii systému s okolím. Napr. interakcia výrobné zariadenie a robot a interakcia s prísunom a odsunom materiálu, s pripojením na energie, na likvidáciu škodlivých produktov, vznikajúcich v technologickom procese, interakcia so systémom zabezpečenia bezpečnosti práce a iné.
- C. Postupnosť od všeobecného ku konkrétnemu** – v projektovej praxi v časovej a legislatívnej determinácii, je nutné znalosť typu, resp. úrovne projektu, a to:
 - *spracovanie štúdie* – špecifikujú sa podmienky a vplyvy budúceho projektu na jeho okolie, územie, dielňu, prevádzku a pod.
 - *spracovanie 1. fázy projektu* – rieši základné usporiadanie výrobných zariadení z hľadiska technológie, materiálového toku, informácií a pod. Prepočítavajú sa plochy, spotreba materiálov, energií, potreba času a iné.
 - *spracovanie 2. fázy projektu* – rozpracúva sa projekt do podrobností, ktoré sú potrebné na realizáciu a zapracúvajú sa pripomienky zo stavebného povolenia.
 - *realizácia projektu* – zahrňuje všetky prípravy realizácie, na vlastnú výstavbu, skúšanie, skúškovú prevádzku a iné.
- D. Efektívnosť** – sleduje sa predovšetkým požiadavka maximálnej efektívnosti a minimálnych nákladov na materiálovú a energetickú spotrebu, spotrebu pracovných síl aj investičných nákladov, čo súvisí s účelnosťou a realnosťou projektu.
- E. Systematickosť** – pri projektovaní pracujú viaceré profesie a je potrebný určitý systém riadenia a usporiadania jednotlivých etáp projektovej prípravy.
- F. Nemennosť projektu v čase od jeho dokončenia a samotnou realizáciou** – v prípade jednej nepatrnej zmeny môže dôjsť k rade ďalších významnejších zmien, ktoré nie je možné vyhodnotiť a vedú k zhoršeniu efektivity. Dodatočné zmeny je možné realizovať len pri výrazných chybách, vzniknutých pri projektovaní alebo pri zmene podmienok, napr. pri legislatívnych zmenách.

Projekt výrobného systému – všeobecná štruktúra

Pri projektovaní výrobného systému, resp. jeho variantov sa všeobecne spracúva:

- Technológia.
- Čas.
- Koncepcia.
- Priestorové usporiadanie.
- Špecifikácia technických prostriedkov.
- Prevádzkové podmienky.
- Ekonomické vyhodnotenie.

Tieto jednotlivé časti sa pri návrhu projektu riešia v **predprojektovej** a **projektovej etape**. Podrobná klasifikácia a jednotlivé činnosti etáp PPV sú:

1. Etapa predprojektová:

- a) *konštrukčno-technologické štruktúry produktov,*
- b) *optimalizácia výrobných programov,*
- c) *optimalizácia technologických štruktúr,*
- d) *mechanizácia a automatizácia technicko-organizačnej formy výrobného procesu.*

2. Etapa projektová:

- a) *rozborová,*
- b) *návrhová,*
- c) *realizačná.*

Etapa projektová sa rieši v 2 stupňoch, a to:

- I. stupeň – otázky konštrukčno-technologické,
- II. stupeň – dopĺňa I. stupeň o otázky technicko-ekonomického charakteru.

PPV – variabilita a hodnotenie variant

Návrh variant návrhu projektu v PPV vychádza z variability z **variability technologického procesu**, pričom využíva:

A/ Zákon komunikatívny – kde sa môže **meniť poradie** jednotlivých operácií,

B/ Asociatívny zákon – kde sa uvažuje o **spoločnom riešení jednej operácie** v jednotlivých fázach procesu,

C/ Distribučný zákon – **jedna operácia vystupuje vo viacerých fázach** procesu.

K metódam tvorby variant v PPV, ktoré sa najčastejšie aplikuje pri návrhu variant navrhovania projektov patria:

- **BRAINSTORMING** – základom je 5 až 12 osôb (nie riešitelia problému, pričom sa vzájomne nepoznajú). Pracujú po dobu 30 až 45 min, pričom každá osoba po oboznámení sa s problémom, uvádza 6 až 8 nápadov. Výsledkom je 30 až 96 riešení, resp. nápadov, ktoré posudzujú riešitelia. Pri tejto metóde je dôležitá kvantita a nie kvalita.

- **METÓDA 365 (Brainwriting)** – je metóda spájania zdanlivo nesúvisiacich prvkov. Základom sú skupiny, v ktorých je 5 osôb. Každá skupina má svoj list papiera, na ktorý napíše 3 riešenia, na ktoré má stanovený čas max. 6 min. Po stanovenom čase posunie list susednej skupine, ktorá si prečíta návrhy a napíše svoje ďalšie 3 riešenia. Po návrate listu k pôvodnému tímu, opäť napíše svoje nové 3 riešenia. Vzniknuté riešenia posudzujú odborníci.
- **SYNEKTIKA** – je to metóda založená na rozvoji asociácií a rozvoji logického myslenia, resp. kreatívneho hľadania riešení pomocou metafor a analógie z rôznych oblastí. To znamená, že na vyriešenie problému sa preberajú skúsenosti z inej sféry, v ktorej sa podobný problém už vyriešil.
- **NTG (Nominal Group Technique)** – je to metóda skupinového hľadania riešenia, resp. riešení problému. Riešenia hľadajú skupiny s rôznym počtom členov, formou tzv. panelovej diskusie, pričom každý člen svoje riešenie uvádza s krátkym vysvetlením, aby nasledujúce riešenia neboli duplicitné. Výsledné varianty sú uvedené aj s možnými rizikami.
- **DELFSKÁ METÓDA (metóda Delphi)** – je expertná, resp. prognostická metóda skupinového hľadania riešenia. Spravidla sa v nej zúčastňujú skupiny expertov (10 až 20 expertov), ktorí robia odhady nezávisle od seba. Pri tejto metóde sa používajú štandardizované dotazníky. Návrhy variant sa distribuujú medzi skupinami dovtedy, kým nedôjde k približnej zhode, t. j. k návrhu variantu, resp. variant riešenia.

Výber optimálnej alternatívy projektu – hodnotenie variant (výber)

Na hodnotenie variant v PPV sú najčastejšie aplikované metódy rozhodovania, ktoré vo všeobecnosti predstavujú súhrn pravidiel a postupov, ktorých rešpektovaním môže subjekt rozhodovania dospieť k voľbe (výberu) správneho variantu riešenia daného rozhodovacieho problému, a teda k prijatíu najlepšieho (optimálneho) rozhodnutia. Voľba metódy je závislá od viacerých faktorov, a to:

- a. **charakteru rozhodovacieho procesu** – (tzn. či ide o proces rozhodovania operatívny, taktický alebo strategický, alebo či rozhodovanie je jednokriteriálne alebo multikriteriálne, algoritmizovateľné alebo nealgoritmizovateľné.),
- b. **dostupnosti a kvalite potrebných informácií** – (tzn. či prebieha rozhodovanie za istoty, za neistoty, alebo za rizika),
- c. **možnosti využitia zložitých rozhodovacích metód** – (tzn. či je dostatočná vybavenosť IT technológiami a ľudským potenciálom),
- d. **ďalších podmienok za akých sa rozhodovanie uskutočňuje** – (t. j. časové hľadisko, skúsenosti manažéra, počet subjektov rozhodovania a pod.).

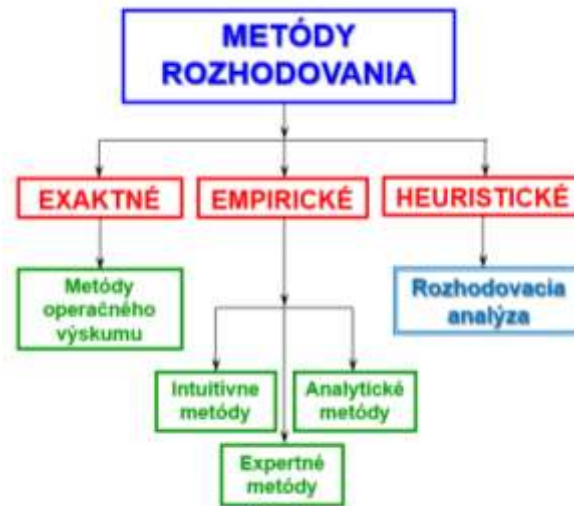
Klasifikácia metód rozhodovania predovšetkým vychádza zo vzájomného vzťahu empirie a teórie obsiahnutej v jednotlivých rozhodovacích metódach. Na základe tohto vzťahu základné rozdelenie týchto metód je na:

A. EMPIRICKÉ METÓDY,

B. EXAKTNÉ METÓDY,

C. HEURISTICKÉ METÓDY.

Podrobnejšia klasifikácia rozhodovacích metód je uvedená na obr.2. **Rozhodovacia analýza (RA)** je najčastejšie používanou metódou v PPV, pretože je vhodná na riešenie zložitých koncepčných problémov pri rozhodovaní.



Obr. 2 Klasifikácia metód rozhodovania

Štruktúra **RA** je uvedená na obr. 3 a je definovaná do základných bodov, a to:

1. Vymedzenie problémov a stanovenie cieľov.
2. Rozbor informácií a podkladov.
3. Vypracovanie variant riešenia – stanovenie alternatív.
4. Stanovenie kritérií.
5. Zistenie užitočnosti alternatív.
6. Zistenie miery rizík alternatív.
7. Určenie optimálnej alternatívy (varianty).



Obr. 2 Štruktúra rozhodovacej analýzy

Pri hodnotení alternatív, resp. variant pri definovaní užitočnosti a rizika jednotlivých alternatív projektu, vychádzame z 3 prístupov, a to:

1. **Optimistický postup hodnotenia** – voľba alternatívy s maximálnou výslednou užitočnosťou.
2. **Pesimistický postup hodnotenia** – voľba alternatívy s minimálnym výsledným rizikom.
3. **Zmiešaný prístup hodnotenia** – porovnávanie miery možného účinku s výškou rizika a voľba alternatívy s najväčším výsledným efektom.

Tieto prístupy sú determinované všeobecnými, či úžitkovými kritériami, ktoré zásadným spôsobom ovplyvňujú hodnotenie a výber optimálneho variantu. Rovnako pri hodnotení variant významnú úlohu zohrávajú aj váhy jednotlivých kritérií, t. j. stanovenie dôležitosti jednotlivých kritérií. Príklad porovnania variant riešenia a výber optimálnej alternatívy uvádza obr. 3. K základným kritériám, pri hodnotení v PPV, patria:

A. VŠEOBECNÉ KRITÉRIÁ:

- a) **Vlastnosti systému** – možnosť ďalšieho využitia, t. j. otvorenosť štruktúry,
- b) **Výrobno-technické kritériá** – počet ušetrených pracovníkov, bezpečnosť práce a hygiena práce a pod.,
- c) **Ekonomické kritériá** – investičné a prevádzkové náklady a pod.,
- d) **Priestorové kritériá** – veľkosť zastavanej plochy a jej členitosť a pod.,
- e) **Časové kritériá** – realizovateľnosť v danom čase, časové využitie technologických prostriedkov a pod.

B. KRITÉRIÁ NA HODNOTENIE ÚŽITKOVOSTI:

- a) **Úplnosť** – súbor kritérií je úplný ak má presne danú hodnotu, na základe ktorej sa posudzuje miera resp. stupeň ich splnenia,
- b) **Operacionalita** – každé kritérium má mať jednoznačnú definíciu,
- c) **Merateľnosť** – každé kritérium musí poskytnúť jednoznačné hodnotenie dôsledkov, vzhľadom na voľbu variantu,
- d) **Neredundancia** – súbor kritérií musí obsahovať každý aspekt len raz.

Hodnotenie	Maximum	I.	II.	III.	IV.
		Váha hodnoty			
Úžitkovosť	3600	2742	2875	3094	3312
Riziko	3100	510	280	1440	830
		Relatívne hodnoty			
Úžitkovosť	100 (+)	76	80	86	92
Riziko	100 (-)	16	7	47	27
Výsledný efekt		60	73	39	65
PORADIE VARIANT		3.	1.	4.	2.

Obr. 3 Hodnotenie a výber optimálneho variantu riešenia projektu

Hlavné riziká, ktoré ovplyvňujú hodnotenie projektu v PPV je možné charakterizovať na **mikroekonomickej úrovni**, ako:

- **podnikateľské riziká**,
- **rozhodovacie riziká**,
- **trhové riziká** a v ich rámci:
 - riziká umiestnenia výrobkov na trh,
 - úverové riziká,
 - riziká likvidity vlastných zdrojov,
 - riziká z výnosnosti vlastného kapitálu,
 - riziká z úrokovej miery,
 - riziká z inflácie,
 - riziká finančné.

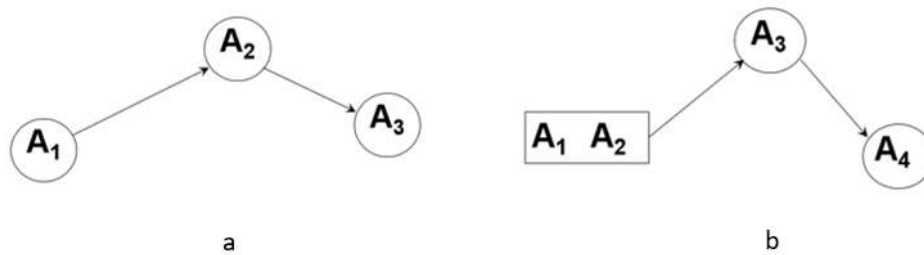
K rizikám, ktoré je nutné zohľadňovať pri optimalizácii v PPV, patria aj **hlavné podnikové riziká**, ku ktorým sú zaradené:

- **riziko vstupov** (štrajk, epidémia, odchod kľúčových zamestnancov, výpadok dodávateľov),
- **daňové riziko** (rast daňových sadzieb, koniec doby splatnosti termínovaných cenných papierov, rast DPH),
- **riziko regulácie** (zmena zákonov k ochrane prírody a krajiny, dôraznejší tlak regulačného orgánu, koniec finančných dotácií, koniec ochrany importu, koniec podpory exportu),
- **právne riziko** (sťažnosti zamestnancov, sťažnosti akcionárov, resp. vlastníkov, zmena právneho rámca v podnikaní),
- **finančné riziko** (zmena nákladov, ceny kapitálu, zmena výmenného kurzu, inflácia, zmena podmienok úverových zmlúv, neschopnosť splácania dlhu),
- **kontaktné riziko** (nestabilné požiadavky alebo dopyt, nejasná štruktúra kontraktu),
- **produktové riziko** (strata zákazníka, zastaralosť produktu, rast konkurencie, rast dopytu).

PPV – návrh výrobného systému

Návrh výrobného systému (VS) vychádza z navrhnutého výrobného postupu, resp. technologického postupu, kde k **elementárnym operáciám sú priradené elementárne operátory**, t. j. **pozície a väzby medzi nimi**. Pozície sú buď pevne priestorovo stanovené, alebo sú prepojené s manipulačnými priemyselnými robotmi a dopravnými väzbami. Z **priestorového hľadiska**, štruktúra VS sa usporadúva 2 spôsobmi, a to:

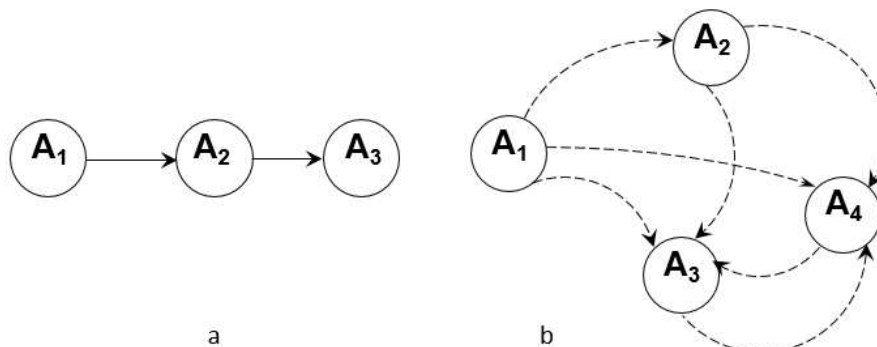
1. **DISKRÉTNYM SPÔSOBOM** – jednotlivé pozície sú priestorovo rozdelené a realizuje sa na nich len jedna operácia (obr. 4a),
2. **INTEGROVANÝM SPÔSOBOM** – v jednotlivých pozíciách sa realizuje aj viac elementárnych operácií (obr. 4b).



Obr. 4 Štruktúra výrobného systému z priestorového hľadiska
a – diskretným spôsobom, b – integrovaným spôsobom

Podľa **charakteru väzby** medzi jednotlivými pozíciami sa rozlišujú 3 štruktúry, a to:

- **VS s voľnou väzbou pozícií** (obr. 5b),
- **VS s pevnou automatizovanou väzbou** (obr. 5a),
- **VS s pružnou automatizovanou väzbou, tzv. pružný výrobný systém (PVS)** – PVS môže byť monotecnologický, alebo multitecnologický.



Obr. 5 Štruktúra výrobného systému podľa charakteru väzby
a – VS s pevnou automatizovanou väzbou, b – VS s voľnou väzbou

PPV – tvorba koncepcie projektu – dispozícia

Pri dispozičnom riešení VS patrí určenie priestorových relácií medzi výrobnými prostriedkami, výrobkami a človekom. Je nutné určiť, ktoré z týchto prvkov má pevné miesto a akým spôsobom sa toto miesto určí. Na základe algoritmu kombinácie vznikajú základné varianty usporiadania výrobného pracoviska, a to:

- **Výrobné prostriedky a operátor majú stále miesto** – tento prípad je typický pre väčšinu pracovísk v strojárkej výrobe.
- **Všetky prvky pracoviska sú pevné** – ide o prípad, keď sa na jednom stroji vykonávajú všetky operácie. Príkladom usporiadania sú pracoviská s CNC obrábacími centrami a automatmi.
- **Pevné miesto majú iba výrobné prostriedky** – ide o prípad, keď sú pracoviská s viacstrojovou obsluhou.
- **Pevné miesto majú výrobné prostriedky a výrobky** – ide o prípad s viacstrojovou obsluhou CNC obrábacích centier a automatov.
- **Pevné miesto má iba operátor** – jedná sa o ojedinelý prípad, napr. pri karuseloch, kde niekoľko strojov je umiestnených na otočnej platni, ktorá sa otáča.
- **Pevné miesto má iba produkt** – napr. pri výrobe ťažkých rozmerných objektov.
- **Pevné miesto má produkt a obsluha.**
- **Všetky prvky pracoviska sú pohyblivé** – napr. pri montáži pri pohyblivej pracovnej pozícii.

Priestorové rozmiestnenie výrobných zariadení na pracovisku (dispozičné riešenie) ovplyvňujú viaceré činitele. Z nich najvýznamnejšie sú:

- minimálne dopravné cesty,
- minimálne odkladacie a pomocné plochy,
- výhodnosť manipulačných operácií,
- rešpektovanie základných stavebných podmienok (rozvody energie, osvetlenie, nosnosť podláh a pod.).

Pri rešpektovaní všetkých činiteľov, ovplyvňujúcich voľbu dispozície, **základné štruktúry usporiadania** pracovísk vo výrobe sa klasifikujú na:

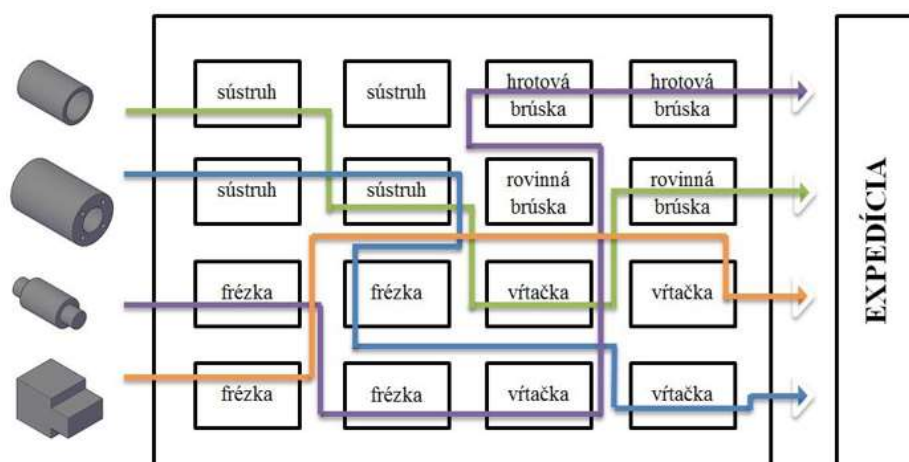
- VOĽNÉ** USPORIADANIE,
- TECHNOLOGICKÉ** USPORIADANIE,
- PREDMETNÉ** USPORIADANIE,
- MODULÁRNE** USPORIADANIE,
- BUNKOVÉ** USPORIADANIE.

A. VOĽNÉ USPORIADANIE – jedná sa o náhodné usporiadanie výrobných strojov a pracovísk sa používa predovšetkým v podniku, v ktorom nie je možné vopred určiť alebo odhadnúť aký bude materiálový tok, nadväznosť jednotlivých operácií, organizačné a riadiace vzťahy.

Využitie tohto usporiadania je predovšetkým v prevádzkach s kusovou výrobou. V súčasnosti sa upúšťa od tohto typu usporiadania pracovísk. Nevýhodou tohto usporiadania je zložitý systém toku objektov technologického spracovania medzi jednotlivými výrobnými strojmi a pracoviskami.

B. TECHNOLOGICKÉ USPORIADANIE – pri technologickom usporiadaní (obr. 6) je zoskupenie rovnakých druhov strojov bez ohľadu na materiálový tok. Uplatnenie tohto typu usporiadania sa nachádza v kusovej alebo malosériovej výrobe, pretože pri širokom spektre vyrábaných súčiastok nie je možné usporiadať stroje podľa materiálového toku. Komplikovaný tok materiálu zvyšuje nároky na medzioperačný presun. Výhody pri zoskupovaní rovnakých typov strojov sú:

- zavedenie obsluhy viacerých strojov súčasne, predovšetkým stroje s dlhými operačnými časmi,
- zníženie potreby nástrojového vybavenia (zveráky, otočné stoly, atď.),
- šetrenie pomocných pracovných síl a zjednodušenie práce nastavovačov,
- lepšie využitie výrobných plochy dielne.

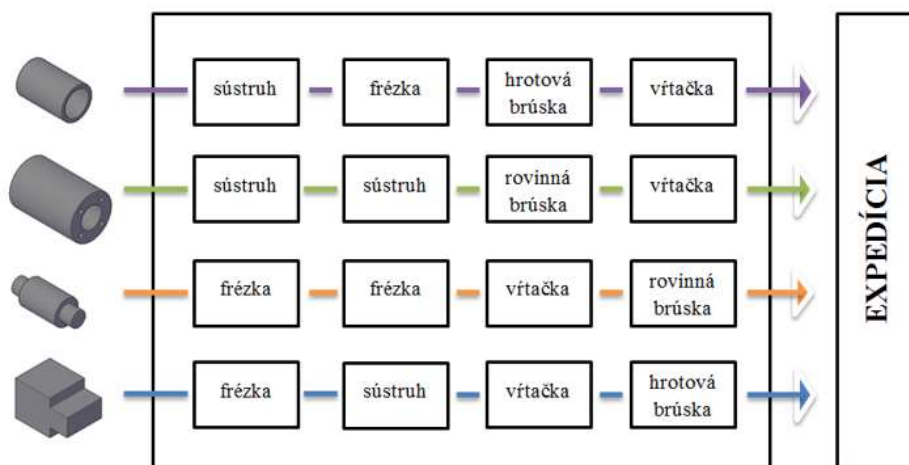


Obr. 6 Technologické usporiadanie pracoviska

C. PREDMETNÉ USPORIADANIE – predmetné usporiadanie (obr. 7) nachádza využitie pri opakovaných malých sériách alebo pri sériovej výrobe. Charakteristikou usporiadania je sledovanie materiálového toku v závislosti od postupnosti jednotlivých operácií. Výhody tohto usporiadania sú:

- skrátenie medzioperačných časov,
- obmedzenie pohybu materiálu v dielni,
- zníženie rozpracovanosti výroby (odstránenie napr. medziskladu),
- úspora pomocných pracovníkov.

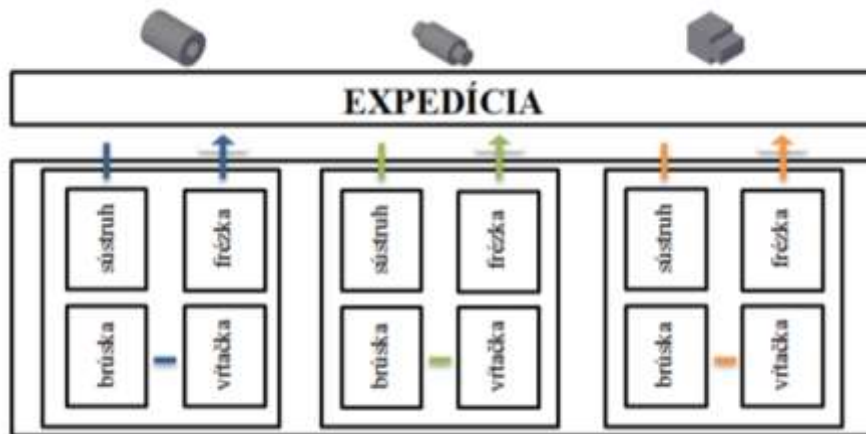
Ak projektant s technológom určí skupinu podobných súčiastok, ktoré vyťažujú výrobné zariadenia pri ich výrobe priemerne 80 až 90 %, stroje a pracoviská sa usporiadajú do linky. Výrobná linka je najdokonalejším typom predmetového usporiadania strojov, kde sa dá dosiahnuť najvyšší stupeň organizácie výrobného procesu, tzv. prúdová forma.



Obr. 7 Predmetné usporiadanie pracoviska

D. MODULÁRNE USPORIADANIE – princíp modulárneho usporiadania spočíva v zoskupovaní rovnakých technologických blokov. Napríklad zavedenie CNC strojov alebo obrábacích centier v klasickej dielni. Prioritou tohto usporiadania je pripravenosť zákaziek, náradia, nástrojov, obsadenie pracovníkmi. Zavedenie tohto typu je finančne náročné ale vysoko produktívne.

E. BUNKOVÉ USPORIADANIE – pri štruktúre bunkového usporiadania (obr. 8) je podstata odvodená od klasifikácie objektov výroby a navrhuje sa na základe spracovanej štandardizovanej technológie. Zoskupenie pracovísk a jeho trvalé využitie je významne podmienené prácou podľa skupinových technologických postupov.



Obr. 8 Bunkové usporiadanie pracoviska

Pri voľbe varianty, alebo variant dispozičného riešenia sa aplikujú rôzne metódy. K **základným metódam rozmiestnenia**, ktoré sa uplatňujú sú zaradené:

1. **Metódy dominantného toku materiálu**, kde usporiadanie je obvykle do priamky. Tento variant je výhodný z hľadiska jednoduchšieho riešenia dopravných ciest a rozvodov energie a v praxi sa najčastejšie používa.
2. **Grafické a matematické metódy**, kde obvykle je usporiadanie do mnohouholníka (kruh alebo trojuholník). Týmto spôsobom sa redukuje manipulačný tok a plocha pracoviska pri priamej nadväznosti výroby na jednotlivých strojoch. Nevýhodou je komplikovanejšie riešenie inštalácií a prístupu na pracovisko, ale aj pri nastavovaní a údržbe.
3. **Kombinácia priamkového a mnohouholníkového rozmiestnenia**, pri ktorom sa na riešenie, resp. návrh, využívajú špeciálne metódy. Podstatou týchto metód je zostavovanie varian rozmiestňovania a výber optimálneho variantu podľa zvoleného kritéria.
4. **Matematické metódy**, ako sú:
 - *deterministické* (heuristické) metódy (napr. CRAFT),
 - *stochastické* (simulačné) metódy (napr. Monte Carlo).

Pri návrhu dispozičného riešenia bolo navrhnutých niekoľko metód, ktoré umožňujú realizovať návrh optimálnej dispozície. Projektant nevyužíva len jednu metódu, ale v procese projektovania kombinuje viac prístupov a metód. Najčastejšie sa aplikujú:

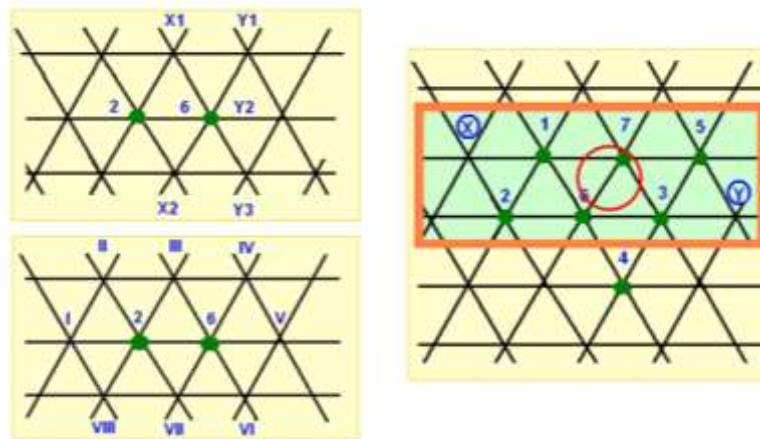
- a. Jednoduchá trojuholníková metóda,
- b. Ťažisková metóda,
- c. Metóda SLP,
- d. Metóda súradníc,
- e. Metóda nadväznosti operácií,
- f. Metóda vyhodnocovania medzidielenských vzťahov,
- g. Metóda posúdenia možností vytvárania špecializovaných dielní,
- h. Metóda CRAFT.

a. **Jednoduchá trojuholníková metóda** – táto metóda projektovania (obr. 9) má dva prístupy, a to:

- **bez výpočtu** – pri jednoduchých prípadoch s malým počtom prvkov,
- **s výpočtom (exaktný prístup)** – pri zložitejších systémoch s väčším počtom prvkov.

Táto metóda sa aplikuje v prípadoch, keď **jeden vzťah** (napr. množstvo prepravovaného materiálu medzi pracoviskami) je **výrazne rozhodujúci** a ostatné vzťahy sú sekundárne, z čoho vyplýva, že stroje s najintenzívnejším materiálovým tokom musia byť umiestnené čo najbližšie pri sebe.

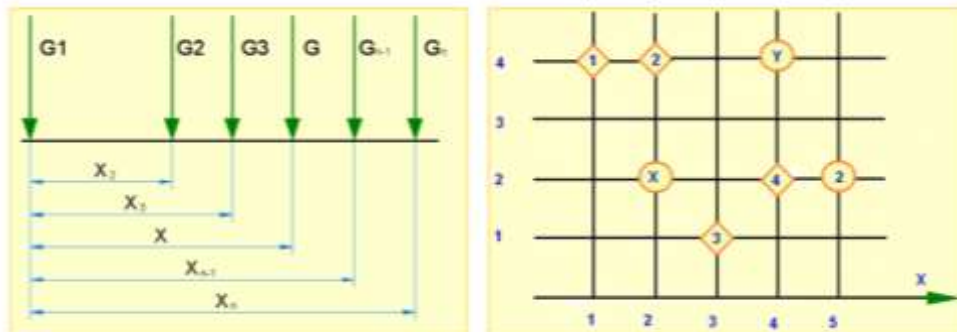
Metóda je založená na princípe minimalizácie vzdialenosti medzi pracoviskami s najintenzívnejším vzťahom (materiálovým tokom), preto rozmiestnenie „m“ výrobných prvkov na „n“ disponibilných miest musí byť realizované tak, aby celkový prepravný výkon (PV) v riešenom systéme bol minimálny.



Obr. 9 Jednoduchá trojuholníková metóda

b. **Ťažisková metóda** – metóda ťažiska (obr. 10) sa aplikuje na určenie umiestnenia výrobného zariadenia **do existujúcej dispozície výrobnéj linky** a podľa intenzity materiálového toku medzi novým výrobným zariadením a strojmi v linke. Táto metóda je založená na využití poznatku z mechaniky (výpočtu ťažiska), kde pracuje s jedným hlavným vzťahom, ktorý má najväčší vplyv na usporiadanie pracovísk.

Princíp je v tom, že sa analyzujú dopravné objemy, vzťahujúce sa k doplňovanému stroju (v oboch smeroch toku materiálu), ktoré sú považované za rovnocenné sily (rovnobežné) a k nim hľadáme výslednicu síl. Poloha výslednej sily determinuje polohu umiestnenia nového výrobného zariadenia.

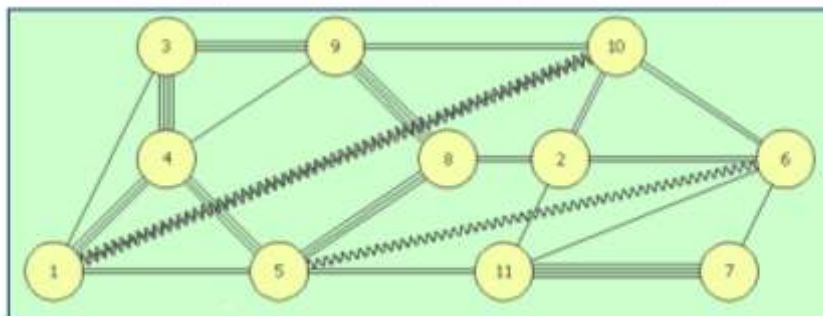


Obr. 10 Ťažisková metóda

c. **Metóda SLP** – metódu navrhol Richard Muther s názvom „Systematic Layout Planning“, teda jedná sa o metódu „systematického projektovania“ (SLP) (obr. 11). Je založená na princípe, že **miesta s najväčším vzájomným vzťahom musia ležať čo najbližšie**. Tento vzťah môže byť vyjadrený napr., že:

1. *hodnotíme len jeden najdôležitejší vzťah*, ktorým je spravidla množstvo prepravovaného materiálu alebo technologická nadväznosť.
2. *hodnotíme podľa viac kritérií*, ktoré môžu byť:
 - materiálový tok,
 - príbuznosť technologických procesov,
 - manipulačné vzťahy,
 - vzťahy organizácie a riadenia,
 - sociálno-hygienické kritériá.
3. *hodnotíme podľa viac kritérií*, ale je nutné zaznamenávať aj *so znakom dôležitosti*.

Značka	Velikost vzťahu(bližkost)	barva	počet čar	graficky
A	(Absolutely necessary)	červená	4 čary	
E	(Especially important)	žltá	3 čary	
I	(Important)	zelená	2 čary	
O	(Ordinary closeness)	modrá	1 čara	
U	(Unimportant)		0	
X	(Not desirable)	hnědá	1 vlnovka	
XX	(Extremely undesirable)	černá	2 vlnovky	



Obr. 11 Metóda Systematic Layout Planning (SLP)

Pri metóde SLP je nutné aj zapisovať čísla dôvodov hodnotenia, ktoré môžu byť napr.:

- používanie rovnakého zariadenia,
- viacstrojová obsluha,
- využívanie priestoru s veľkou únosnosťou podlahy,
- priama technologická nadväznosť,
- organizačné a riadiace dôvody,
- práca podobného charakteru,
- dôležitosť osobného styku,
- využívanie upraveného (napr. klimatizovaného) priestoru,
- prašné a hlučné prostredie,
- výrazné otrasy pri prevádzke, a iné.

- d. **Metóda súradníc** – je to univerzálna metóda (obr. 12), ktorá sa používa v prípadoch kde k pracoviskám (objektom) sa hľadá **vhodné umiestnenie objektu, majúceho silný vzťah k viacerým pracoviskám**. Je to metóda na umiestnenie centrálného objektu, napr. ústredného skladu, náradovne, výdajne a pod. Metóda je založená na využití matematicko-grafického riešenia. Centrálny objekt má rôzne kooperačné vzťahy k ostatným objektom.

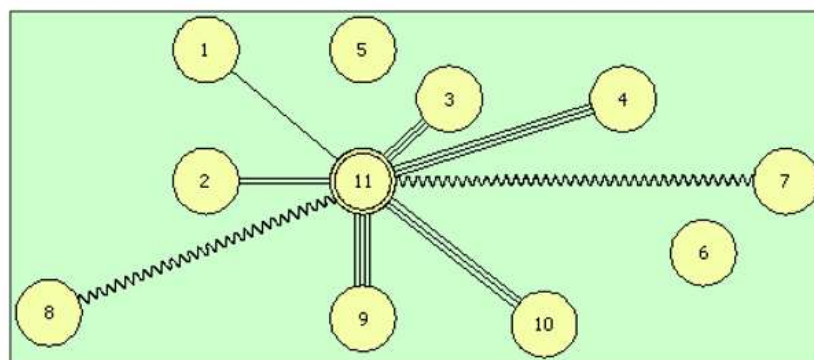


Obr. 12 Metóda súradníc

- e. **Metóda nadväznosti operácií** – metóda nadväznosti operácií sa aplikuje na zostavovanie pracovísk v dielňach, v ktorých sa vyrába **väčší počet produktov**, alebo pri návrhu **zoskupenia pracoviska v predmetnej linke**.

Metóda vychádza zo skutočnosti, že každá súčiastka postupuje výrobou podľa predpísaného sledu operácií. Súčet medzioperačných pohybov všetkých súčiastok v navrhovanej dielni je materiálový tok. **Cieľom metódy je zoradenie pracovísk tak, aby sa dosiahol krátky a plynulý materiálový tok bez vratných ciest, križovania a hromadenia produktov.** Optimálne riešenie dáva predpoklad na lepšie riešenie organizácie a riadenia prevádzky, ale aj na lepšie využitie energií a skrátenia priebežných časov, a tým zvýšenie produktivity výroby a efektívnosti.

- f. **Metóda vyhodnocovania medzidielenských vzťahov** – metóda sa používa väčšinou pri rozhodovaní o tom, či navrhnuť jednu centrálnu dielňu, alebo viac menších detašovaných pracovísk (dielní).



Obr. 13 Metóda posúdenia možností vytvárania špecializovaných dielní

Z rozboru schémy väzieb na obr. 13 vyplýva, že:

- lakovňa (11) má **silné vzťahy** s dielňami 9, 3, 4, 10 (napr. obrobňa, montáž, expedícia, kompresorovňa atď.)
- lakovňa má **nežiadúce vzťahy** s prvkami 7 a 8 (napr. pracovisko s pieskovým hospodárstvom, čistiarňou, skladom koksu atď.)
- lakovňa má **malú (nevýznamnú) väzbu** na objekty 1 a 2 a **žiadnu väzbu** na objekty 5 a 6.

g. Metóda posúdenia možností vytvárania špecializovaných dielní – táto metóda sa aplikuje na produkty, ktoré sa v podniku vyrábajú a skladajú z veľkého počtu súčiastok. Tie, ktoré podnik nenakúpi od inej organizácie, alebo si ich nechá vyrobiť v kooperácii, musia byť vyrobené vo vlastnej réžii. Organizácia ich výroby je determinovaná viacerými faktormi, ale najviac to ovplyvňuje ich **vyrábané množstvo**. Ak sa jedná o malý počet, vyrobí si ich klasickým spôsobom v obvykle usporiadaných hlavných prevádzkach, napr. kováčňa, obrobňa atď. Ak však je nutné vyrábať veľké množstvo súčiastok je efektívnejšie vytvárať špecializované dielne s aplikáciou progresívnych technológií s potrebným strojovým vybavením. Pomoc pri rozhodovaní sú metódy, založené na **hodnotení vzťahov a rentability**.

Výhody špecializovaných dielní sú: lepšie využitie výrobných strojov a zariadení, vysoká produktivita práce, krátka priebežná doba spracovania súčiastky, ľahšia organizácia a riadenie výroby a pod. V bežných strojárskych podnikoch ako špecializované dielne sú navrhované, napr.: dielne na prípravu materiálu (delenie), kováčne, lisovne, dielne tepelného spracovania a povrchových úprav a pod.

h. Metóda CRAFT – je to metóda „Computer Relative Allocation of Facilities Technique“. Cieľom tejto metódy je nájsť polohu prvkov, ktorá bude v konečnom dôsledku vykazovať **najväčšiu ekonomickú efektivitu**. Prioritou je rozmiestnenie výrobných strojov a ručných pracovísk, pri ktorom budú **minimálne náklady na prepravu a manipuláciu**.

Tvorba koncepcie projektu – materiálové toky

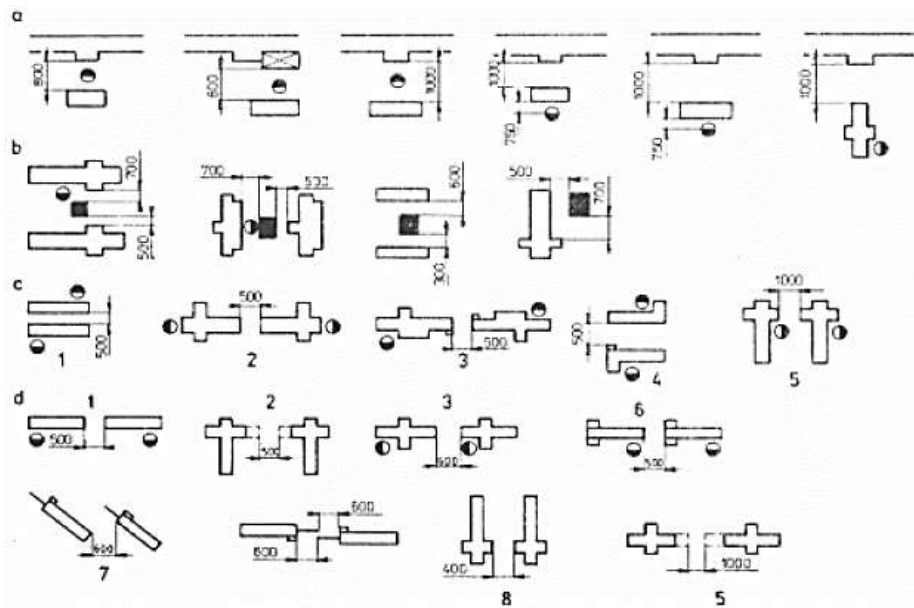
Pri návrhu dispozičného usporiadania výroby je potrebné dodržať určité minimálne vzdialenosti medzi jednotlivými výrobnými zariadeniami a pevnými prvkami stavebných konštrukcií (napr. stĺpov, stien a pod.). **Minimálne vzdialenosti** závisia najmä od:

- druhu a funkcie výrobného zariadenia,
- rozmerov materiálov, s ktorými sa manipuluje v okruhu zariadení,
- vzájomnej polohy zariadení a organizácie manipulácie,
- energetických a bezpečnostných faktorov pri obsluhu zariadení človekom.

V praxi sa spravidla postupuje podľa **normatívnych údajov** (obr. 14). V automatizovaných výrobách je možné čiastočne redukovať požiadavky vyplývajúce z prítomnosti operátora na pracovisku. V takomto prípade sú minimálne vzdialenosti určované z príslušnej zonálnej analýzy pracoviska.

Významnú úlohu pri návrhu dispozičného usporiadania výroby zohráva aj základná **štruktúra materiálového toku**. Materiálový tok sa podľa praxe v strojárstve štruktúruje na:

- **medioperačnú a operačnú manipuláciu,**
- **zásobovacie sklady,**
- **sklady hotových produktov,**
- **medzisklady vo výrobnom procese,**
- **medziobjektovú dopravu, nakládku, vykládku,**
- **manipuláciu s odpadom.**

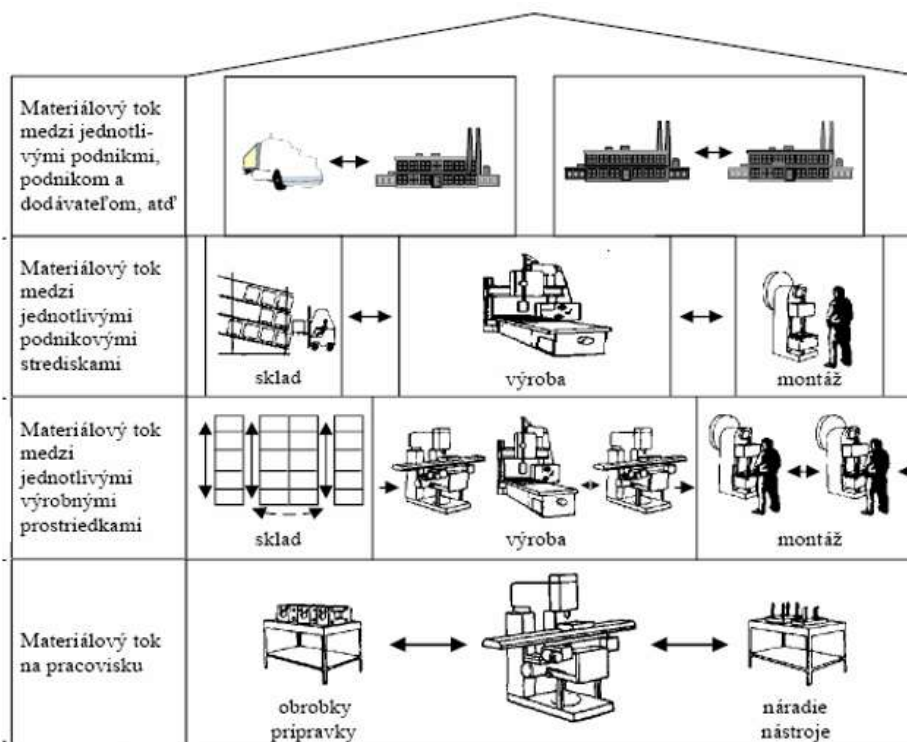


Obr. 14 Normatívne údaje pre vzdialenosti strojov

a – od stien, b – od stĺpov, c – stroje medzi sebou, d – medzi strojmi v rade

(1 - hrotové sústruhy, 2 - frézovačky, brúsky, stroje na ozubenie 3 - vodorovné obrázačky, 4 - revolverové sústruhy, 5 - stolové hobľovačky, portálové hobľovačky, vŕtávačky, 6 - automaty, 7 - automaty a revolverové sústruhy na prácu s tyčami, 8 - hrotové brúsky)

Materiálový tok sa klasifikuje aj vzhľadom k **štruktúre výrobného postupu** (obr. 15). Jedná sa čiastkové materiálové toky, ktoré súvisia s medziobjektovou a medzidielenskou dopravou, medzioperačnou dopravou a manipuláciou, či operačnou manipuláciou, ale aj s dopravou medzi jednotlivými podnikmi, alebo podnikom a dodávateľmi.



Obr. 15 Materiálový tok vzhľadom na štruktúru výrobného postupu

V klasickej teórii výrobných procesov sa rozlišujú 4 základné spôsoby prepájania výrobných pracovísk materiálovým tokom, a to:

- A. Tvrdé prepojenie** – má spoločný takt pohybu objektov výroby medzi výrobnými zariadeniami, resp. pracoviskami bez medzioperačných zásob. Uplatňuje sa v klasickej **hromadnej výrobe s automatickými a transferovými linkami**.
- B. Voľné prepojenie** – ide o časovo a priestorovo nezávislý pohyb objektov výroby s typickými medzioperačnými zásobami na každom pracovisku. Uplatňuje sa v **klasickej malosériovej výrobe**.
- C. Kombinované prepojenie** – časť pracovísk využíva tvrdé, časť voľné prepojenie pracovísk.
- D. Pružné prepojenie** – z hľadiska materiálového toku ide o voľné prepojenie, avšak s vytvorenými väzbami informačného toku, čím je umožnené efektívne riadiť a optimalizovať materiálový tok. Je typické pre **pružné výrobné systémy**.

Pri projektovaní materiálových tokov, t. j. dopravy, manipulácie a skladovaní je nutné postupovať podľa nasledovných bodov, ktoré sú:

1. Analýza materiálových tokov a prepočet dopravných výkonov.
2. Zakreslenie materiálových tokov do výrobnej dispozície.
3. Analýza a výber technických prostriedkov.
4. Spracovanie variant riešenia dopravného, manipulačného a skladovacieho systému (topológia, kapacitné výpočty, riešenie rozhraní, systém riadenia a pod.)
5. Simulácia materiálového toku na elimináciu kolíznych stavov.

Dôležité pri projektovaní je tiež potrebné dodržiavať tieto **zásady**:

- vytvárať priame, čo **najkratšie cesty**,
- zachovať **rytmickosť, nepretržitosť a plynulosť** materiálového toku,
- **zjednodušovať manipuláciu** s materiálom,
- **optimalizovať výrobné postupy a dispozičné riešenie** s ohľadom na optimálny tok materiálu,
- ak je to možné **využívať** na pohyb materiálu **gravitáciu**,
- **optimalizovať množstvá, veľkosti a hmotnosti** prepravných jednotiek,
- **mechanizovať a automatizovať** manipuláciu,
- **optimalizovať manipulačné, dopravné a skladovacie postupy**,
- riešiť materiálový tok komplexne z hľadiska podniku a v náväznosti na mimopodnikové materiálové toky,
- používať **typové prostriedky**,
- navrhovať optimálne využitie prostriedkov,
- rešpektovať ergonomické a bezpečnostné požiadavky.

PPV – projektová dokumentácia

V rámci PPV v oblasti strojárskych výrob sa okrem štandardnej technickej dokumentácie, ako sú výrobné výkresy a technologické postupy, spracúva aj projektová dokumentácia, ako napr. výkresy dispozičných návrhov, ktorá sa dopĺňa aj o návrhy časových plánov.

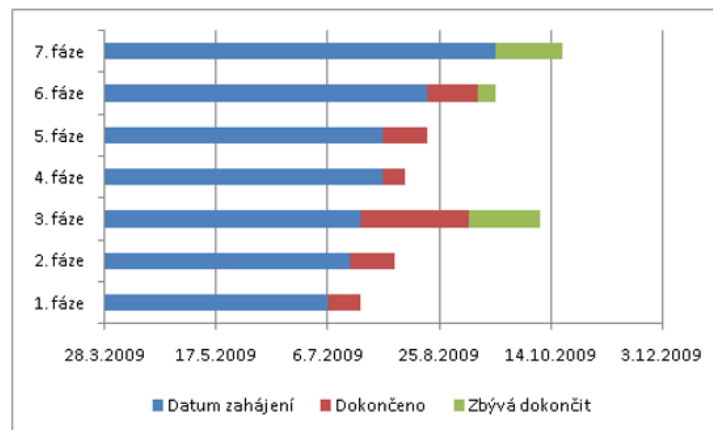
Zobrazenie časového plánu projektu má najčastejšie podobu grafických diagramov a harmonogramov. Sú významným nástrojom pre manažéra projektu nielen vo fáze plánovania, ale aj pri jeho každodennom riadení. K najpoužívanejším patria tzv. úsečkové grafy, ktoré sa nazývajú aj **Ganttové diagramy**, alebo **časové plány míľnikov**.

Nevýhodou týchto nástrojov je to, že nezobrazujú vzájomnú súvislosť jednotlivých činností, čo je problém pri riadení zložitejších typov projektov, nakoľko stav čiastkových činností nemusí dávať korektnú informáciu o celkovom stave realizácie projektu.

Preto boli vyvinuté zložitejšie nástroje, ku ktorým patria **sieťové grafy**, ktoré umožňujú zobrazenie aj vzájomných vzťahov jednotlivých činností, kde je možné aplikovať nástroje metód sieťovej analýzy, ktoré sa predovšetkým zameriavajú na „what-if“ analýzy a niektoré analýzy rizík.

Ganttové diagramy

Úsečkové grafy (obr. 16) sú diagramy, ktoré jednoducho a názorne definujú postupnosť úloh, kde sú uvedené ich začiatky konce. Zobrazenie je spravidla realizované zhora nadol, pričom časová os je vodorovná.



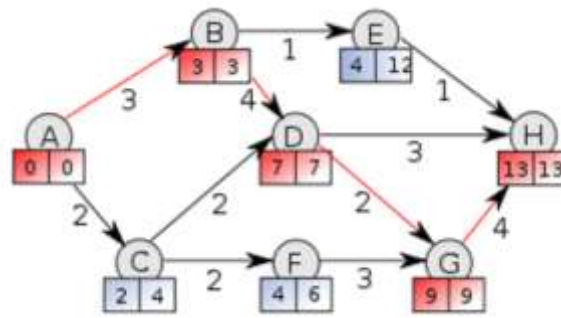
Obr. 16 Ganttov diagram

Ich zásadnou nevýhodou je absencia zobrazenia väzieb medzi jednotlivými činnosťami. Okrem toho je pri tomto nástroji problém, týkajúci sa vyjadrenia percentuálnej hodnoty dokončenosti projektu. Tieto nedostatky pomáhajú odstrániť moderné softvérové produkty, zamerané na plánovanie projektov, ktoré klasický Ganttov diagram doplnia o zobrazenie vzájomných závislých činností, čo umožňuje rýchle zobrazenie prehľadu stavu rozpracovanosti projektu.

Sieťové grafy

Sieťové grafy (obr. 17) sú matematickým modelom projektu, ktorý veľmi presne opisuje závislosti jednotlivých činností. Ide o orientovaný graf, ktorý je tvorený tzv. uzlami a hranami. Pri ich tvorbe je nutné dodržiavať jednoduché pravidlá, ktoré sú:

1. sieťový graf musí mať len 1 východiskový uzol a len 1 koncový uzol,
2. každému uzlu s výnimkou východiskového musí predchádzať aspoň jedna hrana,
3. po každom uzle s výnimkou koncového musí nasledovať aspoň jedna hrana,
4. ľubovoľné dva uzly v grafe môžu byť spojené len jednou hranou.



Obr. 17 Príklad sieťového grafu

Podľa základných prvkov definujeme 2 druhy sieťových grafov (SG), a to:

- **Hranovo orientované SG,**
- **Uzlovo orientované SG.**

Hranovo definované SG sú modely, kde hrany grafu reprezentujú činnosti projektu. Uzlovo definované SG reprezentujú jednotlivé udalosti, čo predstavujú začiatky a konce jednotlivých činností. Porovnanie týchto prístupov návrhu sieťových grafov je uvedené na obr. 18.

Sieťový graf	Štruktúra grafu	Ohodnotenie	Druh ohodnotenia	Metóda
Hranovo definovaný	Deterministická	Čas	Deterministické	CPM
		Náklady	Deterministické	CPM/COST
		Čas	Deterministické	GERT
	Stochastická	Náklady	Deterministické	
		Pravdepodobnosť	Stochastické	
Uzlovo definovaný	Deterministická	Čas	Deterministické	MPM

Obr. 18 Porovnanie metód návrhu sieťových grafov

Na zobrazenie časového plánu riešeného projektu môže mať aj podobu plánovacích formulárov, ktoré sa používajú na jednoduché zobrazenie činností a ich nadväznosti, ale poskytujú aj informácie o stave plnenia čiastkových bodov projektu.

Obr. 19 Príklad plánovacieho formulára