



evropský  
sociální  
fond v ČR

EVROPSKÁ UNIE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

Tento materiál vznikl jako součást projektu  
EduCom, který je spolufinancován Evropským  
sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

# Kapacitní propočty časové fondy, příklady výpočtů pro projektování

Jan Frinta  
Technická univerzita v Liberci



## Projektování výrobních procesů

Technická univerzita v Liberci a partneři  
Preciosa, a.s. a TOS Varnsdorf a.s.



## Kapacitní propočty : úvodem výrobní kapacita .

### Klasifikace výrobních kapacit a způsoby vyjádření.

*Výrobní kapacitou* rozumíme množství výrobků (výkonů) téhož druhu, které můžeme vyrobit za daných podmínek na určitém výrobním zařízení, na který se výkon vztahuje v daném období.

Pro výpočty výrobních kapacit je nutné stanovit *využitelný časový fond* (efektivní) jednotky výrobního zařízení, která vyjadřuje optimální reálný, tj. využitelný časový fond jednotky za stanovené období, např. za rok , čtvrtletí ,měsíc , den , směnu , hodinu .Užijeme označení  $K_T$  (časový fond výrobního úseku jednotkách času v daném období).

Označením  $K_q$  vyjádříme *výkonnost* (výrobnost) jednotky výrobního zařízení, která vyjadřuje optimální reálný objem určitého výkonu (výroby) za jednotku času (směnu ,hodinu ).

Symbolem  $K_t$  označíme *strojní pracnost* určité jednice výkonů (výrobku) na určitém výrobním zařízení v jednotkách času ( h, min) , která vyjadřuje časovou náročnost určité jednice výkonů (výrobku) na chod příslušného výrobního zařízení .

### Propočtově analytická metoda – základní.

Uvedená základní metoda se používá zejména v opakované výrobě s užším sortimentem výrobků a všude tam, kde existuje dominující výrobní zařízení. Použijeme ji i v souvislosti použitím porovnávacích metod u tzv. typového reprezentanta.

*Základní a dostatečné vstupní informace* pro výpočty o :

výrobním zařízení ( pasport, technická karta s údaji o době provozu, stavu a údržbě apod.),  
výrobku ,resp. výkonu (výkresy , popisy),  
technologii výroby (technologické postupy),  
pracovní metodě (návodka),  
režimu obsluhy (norma spotřeby času práce),  
pracovním režimu (režimu práce odpočinku, střídání směn, (ne)pracovních dnů,  
organizaci práce a organizaci pracoviště,  
organizaci průběhu výrobního procesu(dávkování výroby, jejich sled a pořadí),

programu péče o výrobní zařízení (prohlídky, seřizování, opravy apod.).

#### Postup a jednotlivé kroky výpočtu:

propočet *využitelného časového fondu* ve dnech na základě analýzy spotřeby času,

analýza neproduktivních částí časového fondu v rámci jedné směny,

stanovení normy využitelného časového fondu výrobního zařízení,

analýza výkonu za jednotku času (stanovení), zhodnocení působících vlivů,

stanovení celkové (integrální) výrobní kapacity,

Využitelný časový fond (efektivní) výrobního zařízení je dán počtem jednotek času (směn, hodin), ve kterém můžeme plnit výrobní úkoly za určité období.

Při jeho stanovení *rozlišujeme* :

- kalendářní časový fond zařízení, je dán počtem všech dnů (hodin, směn) v daném období,

- nominální časový fond zařízení, je dán počtem pracovních dnů (hodin, směn)

- využitelný (efektivní) časový fond zařízení – vycházíme z nominálního časového fondu, od něhož odečteme dny (směny, hodiny *nepracovní* (dovolená), dny určené na opravy a dny, v nichž budou prováděny úpravy na výrobním zařízení v důsledku změn výrobního programu apod.

Odečítají se jen ty dny, které nebyly již jednou odečteny např. jako nepracovní.

Vnitřní struktura spotřeby času jednotky výrobního zařízení je nastíněna na schématu na obr. 1.

Podrobněji – čas výrobního (hlavního technologického) chodu. Je to doba, kdy se uskutečňují užitečné technologické přeměny pracovního předmětu.

Podle účasti pracovníka členíme čas výrobního chodu na strojní čas a ruční čas.

*Strojní čas* je čas realizování technologických operací přímým působením pracovní části zařízení nebo působením tepelné, chemické nebo elektrické energie. Podíl strojního času závisí na funkčních vlastnostech zařízení, na vlastnostech pracovního předmětu a technických vlastnostech výrobku.

*Strojně ruční čas* je čas realizování technologických operací za přímé účasti pracovníka. Jeho velikost závisí na předchozích faktorech a na způsobu obsluhy.

*Čas pomocného chodu* představuje část spotřeby času výrobního zařízení, při které nedochází k přeměně pracovního předmětu na výrobek, protože se uskutečňují nezbytné operace (úkony) nutné k přípravě, zabezpečení a zakončení hlavního technologického chodu. (Složkou je např. „chod naprázdno“ – zpětný u obrázení, hoblování apod.).

*Čas klidu* je souhrn časů nezbytných krátkodobých přerušení činnosti výrobního zařízení, při kterém se provádějí ruční úkony na výrobku, zajišťuje se příprava stroje (běžné ošetřování) a probíhají přestávky obsluhy, při nichž je

zařízení v klidu (čas nevýrobního klidu). Další složkou jsou časy pro plánované opravy. Dále je třeba počítat s časy *interference (překrývání)*, při víceobsluze strojů, kdy stroj čeká na obsluhu.

Typické případy přerušování činnosti výrobního zařízení :

- technologické příčiny – výměna nástroje , katalyzátoru, čištění stroje apod.,
- stav výrobního zařízení- časy oprav, havárie,
- pracovní režim-nepracovní směny (dny pracovního klidu, dovolená),
- organizace práce –režim obsluhy, nedostatky v obsluze, organizační nedostatky a poruchy,
- organizace výroby- nevhodná výměna nástroje (různá velikost dávky, či variabilita opracování apod.).

Hlavním problémem stanovení správné výrobní kapacity je stanovení *jednotlivých složek času*- časy nezbytně nutné k provedení daného úkolu, při předpokladu reálných a „normálních“ podmínkách.

Norma využitelného časového fondu výrobního zařízení se stanoví dle vztahu (analyticky) :

$$K_T = [(t_{dk} - t_{dn}) \cdot s \cdot t_h] - [(t_{do} + t_{dpr}) \cdot s \cdot t_h]$$

$t_{dk}$  - počet kalendářních dnů ve sledovaném období ,

$t_{dn}$  - počet nepracovních dnů ve sledovaném období ,

$t_{do}$  - počet pracovních dnů ,ve kterých budou prováděny opravy (tedy nikoli dnů oprav v době pracovního klidu) ,

$t_{dpr}$  - počet dnů ostatních nezbytných přestávek ve sledovaném období ,

$s$  - průměrný počet směn v jednom pracovním dnu ,

$t_h$  - průměrný počet hodin v jedné směně .

K určení normy lze použít statistických hodnot využití nominálního časového fondu výrobního zařízení (z údajů o minulé skutečnosti) .

$$K_T = [(t_{dk} - t_{dn}) \cdot s \cdot t_h] \cdot k_{vt}$$

$k_{vt}$  - koeficient využití nominálního časového fondu výrobního zařízení propočtený ze statistiky.

Efektivní časový fond pro jednu směnu (zde  $E$ ,  $E_r$ ).

Vyjadřuje skutečnou kapacitu pracoviště : pro nepřetržitý provoz,

$$E = D \cdot T_{sm} \text{ [ hod / rok ] ; př. } E = 365 \cdot 8 = 2920 \text{ hod/ rok-pro sm.}$$

pro přerušovaný provoz,

$$D_p = (D - so - ne - svátky) = 253 \text{ prac. dnů / rok}$$

Je-li stanovena celozávodní dovolená , plánované odstávky-poruchy , je nutno tuto dobu odečíst.

Pro  $K_t = 42,5$  hodinovém týdnu lze za rok v jedné směně přerušovaného Provozu a pětidenním pracovním týdnu  $D_t$  odpracovat :

$$E_r = D_p \cdot K_t / D_t = 253 \cdot 42,5 / 5 = 2150,5 \text{ prac.hodin za směnu a rok}$$

Pro případ oprav (přesunů) strojů počítáme 12% č.ztrát z  $E_r$  (258,0 hod.).

Efektivní časový fond dělníka ( $E_d$ ).

U dělníků je nutno počítat s nárokem na dovolenou s průměrem 18 pracovních dnů a dále s plánovanou absencí , tj. dny nemoci , osob.důvody, péče o dítě ap.

$$D_d = D_p - dov. - abs. = 253 - 18 - 20 = 215 \text{ pracovních dnů za rok,}$$

$$E_d = D_p \cdot K_t / D_t = 253 \cdot 42,5 / 5 = 1827,5 \text{ hod. / směnu / rok.}$$

Tab. Kalendářní časový fond výrobního zařízení

Čas činnosti		Čas klidu	
Č.výr.(technologického) chodu	Čas nevýr.	Doba oprav	Doba nepracovní

## KAPACITNÍ PROPOČTY

V návaznosti na rozborovou práci a zadání projektového objektu je nutno z konkrétních a pravdivých údajů zpracovat tzv. kapacitní propočet. Kapacitním výpočtem si stanovíme teoretickou potřebu:

- strojů a zařízení
- manipulačních prostředků
- výrobních a pomocných dělníků
- inženýrsko-technických a administrativních pracovníků
- výrobních, pomocných, správních a sociálních ploch
- energií dle jednotlivých druhů

Kapacitní propočty vlastně řeší vztah mezi předepsaným (plánovaným) výrobním programem (VP) a výrobním profilem navrhovaného objektu (stroje, lidé, ...).

V některých případech provádí technologický projektant jakýsi obrácený kapacitní propočet k objektivizaci VP, kde kontroluje tzv. propustnost pracovišť, jejich vytížení a možnosti racionalizace.

Metod a postupů kapacitních propočetů je dnes celá řada. V zásadě rozeznáváme dvě skupiny postupů:

- **hrubé** (orientační) propočty pro úvodní studie
- **přesné** kapacitní propočty na daný výrobní plán v určitém období
- (rok, kvartály, měsíce).

Existují tzv. univerzální postupy, které se dají aplikovat na výpočet všech projektů a specifické, které jsou využitelné jen pro kapacitní propočet určité dílny (např. lakovny). Pro urychlení kapacitních propočetů byly statisticky zpracovány jednotlivé projektované soubory a z tohoto zpracování pak byly sestaveny tabulky směrných hodnot.

### **Kapacitní propočty (výpočty)**

- **A) přibližné** (orientační)
- **B) podrobné**

Slouží pro nový projekt k navržení → vypočítání počtu potřebných:

- strojů (zařízení)
- pracovníků (dělníků v jedné směně)
- vypočítání potřebné výrobní plochy
- vypočítání spotřeby energií (el. energie, plyn, voda, stlač. vzduch, atd.)

Slouží k „objektivizaci“ (prověření) stávajícího vytížení strojů a využití pracovníků. Prověřuje propustnost pracovišť a možnosti (zvýšení) výrobnosti výrobního systému (závodu, podniku, dílny).

Dále se používá při RACIONALIZACI, REKONSTRUKCI a INOVACI výroby.

#### **A) Přibližné kapacitní výpočty**

„Stačí“ pro:

- investiční záměry projektu výroby
- studie
- porovnání variant výroby (ekonomiky)

Někdy stačí jen počet strojů (bez uvedení konkrétních typů), celková plocha, celk. počet pracovníků a orientační potřeba energií.

#### **B) Podrobné kapacitní výpočty**

Výpočet na konkrétní výrobní program v daném časovém úseku (co se bude vyrábět).

Rozdíl mezi přibližnými kapacitními výpočty a mezi podrobnými kapacitními výpočty je v OBSAHU, ale i ve VSTUPNÍCH ÚDAJÍCH (přímé, nepřímé).

**a) Přímí ukazatelé** – uvádějí potřebný údaj přímo na jednotku produkce ( $q_i$ )

Výrobní **ÚKOL**  $V$  ( $G$ ) [t/rok; ks/rok....]

Výrobní **PLOCHA**  $S_{pr}$  (Square, Fläche)

- ukazatele je nutno zjistit z „podrobných“ výrob-podniků, závodů

$$S_{pr} = \frac{V}{q_s \cdot s}$$

$q_s$ .....výrobnost jednoho VZ na  $1m^2$  v jedné směně [ $t/m^2$ ]

$s$ .....počet směň

$S_{pr}$ .....provozní plocha [ $m^2$ ]

Počet **STROJŮ**  $P$

$$P = \frac{V}{q_s \cdot s}$$

$q_s$ .....ukazatel výr. jednoho VZ v jedné směně za rok

$s$ .....počet směň

Výrobní **DĚLNÍKŮ**  $D_{V(I)}$  (výrobní v 1.směně  $\rightarrow$  z nich  $D_p$  – pomocní dělníci)

$$D_{V(I)} = \frac{V}{q_D}$$

$$D_p = k_{Dp} * D_{V(I)}$$

-koeficient ( 0,4 - 0,7 ) např.pro obráběcí dílny



**b) Nepřímí ukazatelé** – z výrobních mezd

(nelze množství výroby jinak vyjádřit než penězi-např. obrat nástrojárny)

Celkový objem mezd  $M$  [Kč/rok]

*výrobní úkol - objem výroby za rok (období)*

$$M = V \cdot \frac{Z}{100}$$

Z.....procentuální podíl mezd z objemu výroby za rok

Mzdy strojních dělníků  $M_{vs}$

$$M_{vs} = V \cdot \frac{Z_s}{100}$$

Mzdy ručních dělníků  $M_{vr}$

$$M_{vr} = V \cdot \frac{Z_r}{100}$$

Výrobní hodiny (efektivní), odpracované ve směně  $H_{s(ef)}$

$$H_{s(ef)} = \frac{M_{vs}}{m_s}$$

$m_s$ .....průměr hodinových mezd (dělníků strojních)

Výrobní hodiny (ruční), odpracované ve směně  $H_{r(ef)}$

$$H_{r(ef)} = \frac{M_{vr}}{m_r}$$

$m_r$ .....průměr hodinových mezd ( dělníků ručních)

Počet pracovišť (strojů)  $P_s$

$$P_s = \frac{H_s}{E_s \cdot s_s}$$

Počet ručních pracovišť  $P_r$

$$P_r = \frac{H_r}{E_r \cdot s_r}$$

Výrobní plocha  $S_v$

$$S_v = P_s \cdot f_s + P_r \cdot f_r$$

( zjistit ukazatele  $f_s$  resp.  $f_r$  )

### Přesný výrobní plán – konkrétní program

Přesný výpočet počtu strojů

$$P'_s = \frac{n_{(i)} \cdot t_{(i)}}{60 \cdot E_{efs} \cdot s \cdot k_{pn}}$$

$t_{(i)}$ .....čas na 1 ks

$n_{(i)}$ .....počet jednic (ks)

$E_{efs}$ ...počet hodin, který může stroj vyrábět za rok

$s$ .....počet směn

$P'_s$  nevyjde obvykle celé číslo → zaokrouhlíme → stroj (zařízení) nemusí být plně využit

$$\eta = \frac{P'_{s(i)}}{P_{s(i)}} \quad 0,7 < \eta \leq 1$$

$\eta \approx 1$ .....v kusové a v maloseriové výrobě

$\eta > 0,7$ .....u velkoseriové a u hromadné výroby

Teoretický počet ručních (montážních) pracovišť

$$P'_r = \frac{N \sum_{ruč.}}{60 \cdot E_{ef} \cdot s \cdot (k_{pn})}$$

Počet dělníků (pracovníků) – VÝROBNÍCH

a) podle počtu pracovníků na obsluhu strojů

b)

$$D_{vs(I)} = \frac{N \sum(s)}{60 \cdot E_{efd} \cdot k_{pn_s}}$$

$$N = n \cdot t \quad [ks \cdot \text{min}], [N \text{ min}, Nh]$$

Počet dělníků (pracovníků) – RUČNÍCH (MONTÁŽNÍCH)

$$D_{vr(I)} = \frac{N \sum(r)}{60 \cdot E_{efd} \cdot k_{pn_r}}$$

$$D_v = D_{vs} + D_{vr}$$

$$E_{efd} = 1900 \text{ [h/rok]}$$

Počet dělníků (pracovníků) – POMOČNÝCH

$$D_p = p_d \cdot D_v$$

$$p_d = 0,4 \div 0,7 \dots \text{pro obráběcí dílny}$$

Počet dělníků (pracovníků) – CELKOVÝ

$$D = D_v + D_p$$

**Přibližný kapacitní propočít na představitele (sortimentu výroby)**

Přepočtený počet kusů (z výkon. norem)  $N_p$

$$N_p = \sum_1^m \frac{n_i \cdot t_i}{t_{př.}} \quad [ks / rok]$$

$n_i$ .....počet „i“ výrobků [ks/rok]  
 $t_i$ .....pracnost výrobků [Nh]  
 $t_{př.}$ .....pracnost představ. [Nh]  
 $m$ .....množství vyr. druhů [ks]

Přepočtený počet kusů (z mater. norem)  $N_p$

$$N_p = \sum_1^m \frac{n_i \cdot G_i}{G_p} \quad [ks / rok]$$

$G_i$ .....hmotnost výrobků [kg]  
 $G_p$ .....hmotnost představ. [kg]

Přepočítací koef. pracnosti  $k_t$

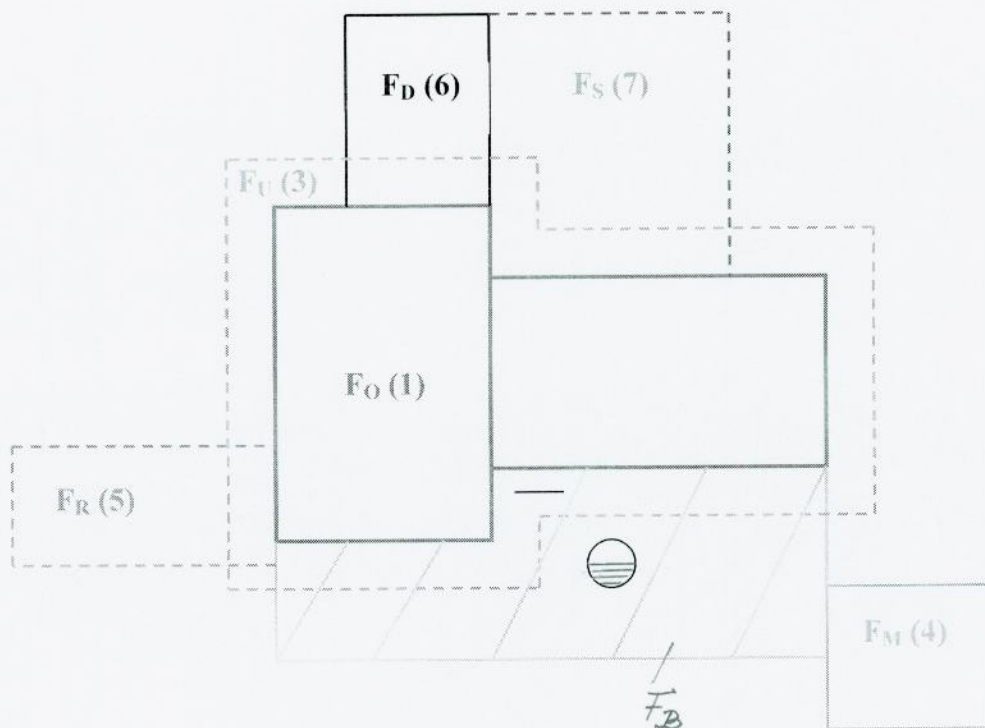
$$k_t = \frac{t_{př.}}{t_{(i)}} = \sqrt[3]{\frac{G_p}{G_{(i)}}}$$

$G_i$ .....hmotnost porovnávacího výrobku [kg]

## ZPŮSOBY URČENÍ PLOCHY

- 1) Určení „pomocných“ ploch (např. pro přípravu výroby) převodem z dosavadního stavu.  
původní obj. výr. → plánovaný obj. výr.
- 2) Přibližné kapacitní propočty:  
Pomocí plošných ukazatelů o spotř. plochy v m<sup>2</sup> na stroj, ruční pracoviště
- 3) Přibližné → pomocí trendu poměrových ukazatelů → odhad „budoucího“ ukazatele
- 4) Přesnější určení:  
Na základě vypracování hrubého dispozičního řešení (může se v detailech lišit)-odměřit, spočítat
- 5) Nejpřesnější → nejpracnější → vypočítat každý prvek plochy:

„Dosedací“ plocha na obsluhu, opravu, údržbu, uličky a ostatní



### Stupeň překrytí:

$$\eta_P = \left(1 - \frac{F_C}{F_\Sigma}\right) \cdot 100 \quad [\%]$$