ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNOLOGIE STAVEB

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

# TECHNOLOGICKÉ POSOUZENÍ NÁVRHU POSTUPU STAVBY U PROJEKTU - REKONSTRUKCE HOLEŠOVICKÉ BURZY

2024

PAVEL ŠTĚPÁNEK

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

ING. KAREL POLÁK, PH.D.

**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval samostatně a veškeré informační zdroje jsou uvedeny v seznamu použitých zdrojů a literatury.

V Praze dne 17.5.2024 ……

Pavel Štěpánek

**Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Karlovi Polákovi, Ph.D. za jeho rady a odborné vedení. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu během studia.

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Štěpánek** Jméno: **Pavel** Osobní číslo: **502228**

Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**

Zadávající katedra/ústav: **Katedra technologie staveb**

Studijní program: **Stavební inženýrství**

Specializace: **Příprava, realizace a provoz staveb**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Technologické posouzení návrhu postupu stavby u projektu - Rekonstrukce Holešovické burzy**

Název bakalářské práce anglicky:

**Technological assessment of the construction process for the project - Reconstruction of the Holešovice Stock Exchange**

Pokyny pro vypracování:

1) Rešerše metod návrhu postupu realizace (postupná, souběžná apod.)
2) Představení projektu
3) Zpracování dílčích dokumentů STP pro objekty (struktura prostorová, technologická, časová, KZP)
- Revitalizace objektu č. 4
- Stavební úpravy haly č.1
4) Analýza možných postupů realizace - vícekriteriální - čas, náklady, VRNm vliv na okolí apod.
5) Vyhodnocení jednotlivých návrhů
6) Závěr

Seznam doporučené literatury:

[1] Jarský Č.: Automatizovaná příprava a řízení realizace staveb, CONTEC Kralupy n. Vlt. 2000, ISBN 80-238-5384-8
[2] Jarský Č., Musil F. a kol.: Příprava a realizace staveb, Akademické nakladatelství CERM s. r. o. Brno 2003, ISBN 80-7204-282-3

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Karel Polák, Ph.D. katedra technologie staveb FSv**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **21.02.2024** Termín odevzdání bakalářské práce: **20.05.2024**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

| Ing. Karel Polák, Ph.D.<br>podpis vedoucí(ho) práce | doc. Ing. Pavel Svoboda, CSc.<br>podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry | prof. Ing. Jiří Máca, CSc.<br>podpis děkana(ky) |
|---|---|---|

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání Podpis studenta



© ČVUT v Praze, Design: ČVUT v Praze, VIC

**Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou a posouzením výstavby dvou objektů naráz. V první části jsou představeny tři základní metody postupu výstavby. Dále je blíže představen zadaný projekt a jsou vypracovány dílčí dokumenty stavebně technologických projektů, a to: prostorové struktury, technologické struktury, časové struktury, KZP a zjednodušená zařízení staveniště. Druhá část již porovnává různé výstavbové modely podle různých hledisek a je provedeno vyhodnocení.

**Klíčová slova**

Metody postupu výstavby, stavebně technologický projekt, Pražská tržnice, časoprostorový graf

## Abstract

This bachelor's thesis deals with the analysis and assessment of the construction of two buildings at once. In the first part, three basic methods of the construction procedure are presented. Furthermore, the assigned project is presented in more detail and partial documents of construction technology projects are drawn up, namely: spatial structures, technological structures, time structures, KZP and simplified construction site equipment. The second part already compares different construction models according to different points of view and an evaluation is made.

## Keywords

Methods of construction progress, construction technology project, Prague Market, space-time graph

**Obsah**

Úvod ..... 8
1. Rešerše metod návrhu postupu realizace ..... 9
1.1 Metoda postupná [1] ..... 9
1.2 Metoda souběžná [1] ..... 10
1.3 Metoda proudová [1] ..... 11
1.3.1 Základní principy proudového stavění [1] ..... 13
1.3.2 Základní pojmy proudového stavění [1] [2] ..... 15
1.3.3 Vyvažování dílčích proudů ..... 17
1.3.4 Kloubení dílčích proudů (procesů) ..... 17
1.3.5 Výpočet doby trvání různých variant proudů [1] ..... 18
1.4 Postup realizace v praxi ..... 20
2. Představení projektu ..... 22
2.1 Areál Holešovické tržnice ..... 22
2.2 Objekt č.4 ..... 23
2.3 Hala 1 ..... 24
3. Vyhodnocení jednotlivých návrhů ..... 26
3.1 Rychlost výstavby ..... 26
3.2 Náklady na výstavbu ..... 26
3.3 VRN ..... 27
3.4 Vliv na okolí ..... 27
3.5 Nejoptimálnější postup ..... 27
Závěr ..... 28
Zdroje a použitá literatura ..... 29
Seznam obrázků ..... 31
Seznam tabulek ..... 32
Seznam příloh ..... 32

# Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou možných postupů při realizaci dvou stavebních objektů zároveň. Dané objekty se nachází v areálu Holešovické tržnice. Ta dříve sloužila jakožto ústřední jatka. První dílo je Objekt č.4, bývalá burza a hostinec. Druhý objekt je Hala č.1, původní domek vrátného.

Bakalářská práce je rozdělena na dvě části. V první části jsou popsány metody návrhu postupu realizace, blíže představen projekt a vytvořeny dílčí dokumenty stavebně technologického projektu pro oba objekty. Ve druhé části je provedena analýza možných postupů realizace dle různých kritérií, které jsou následně vyhodnoceny.

# 1. Rešerše metod návrhu postupu realizace

Při plánování výstavby projektu je důležité si uspořádat průběh stavebních procesů. Pomocí správného naplánování můžeme docílit značného zefektivnění postupu výstavby, a to zejména co se týče časové náročnosti, lidských zdrojů, zásobování materiálem a vytíženosti pracovních strojů. S tímto samozřejmě souvisí možnost ušetřených financí. Stavební procesy lze uspořádat pomocí tří metod a z nich vycházejících kombinací. Jedná se o metodu postupnou, souběžnou a proudovou.

**Označení základních veličin:**

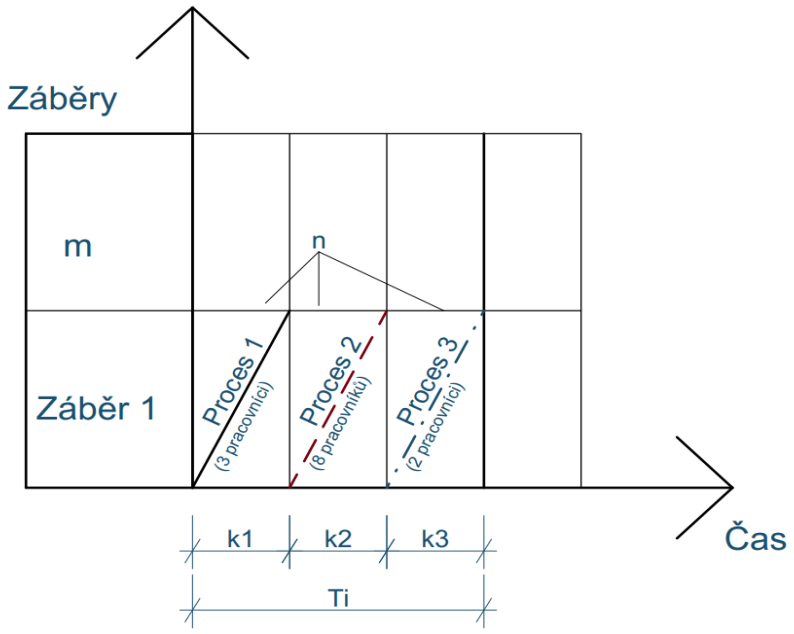
$T_i$ – celková doba výstavby

k – doba procesu

m – počet záběrů

n – počet dílčích stavebních procesů

$P_i$ – nejvyšší počet pracovníků

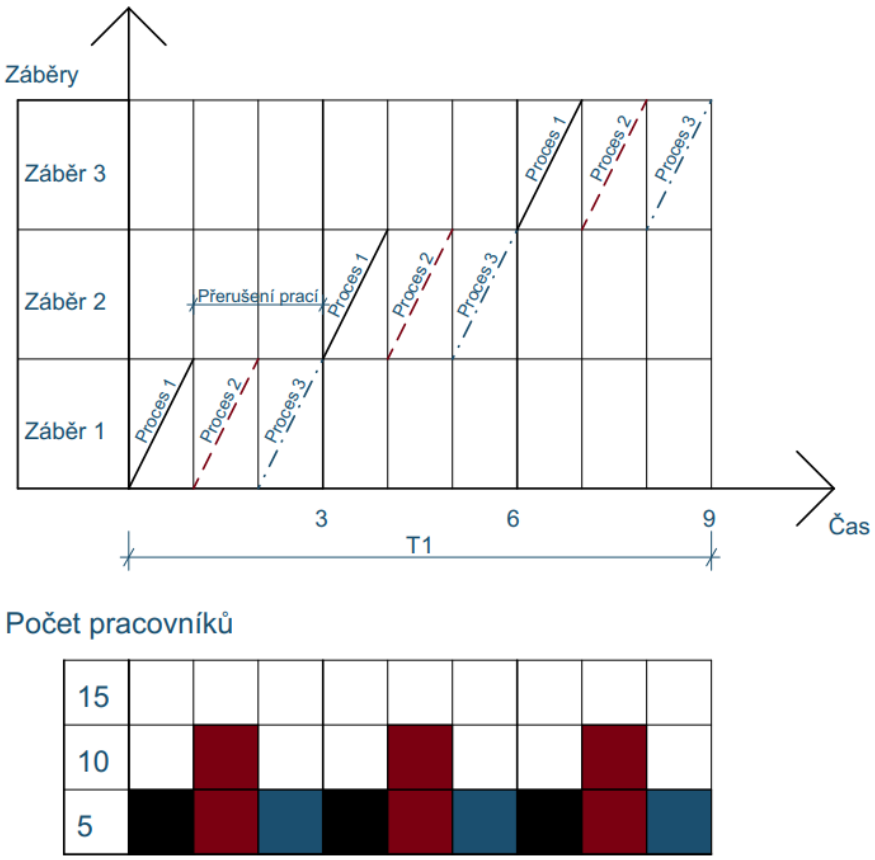



*Obrázek 1 - Ilustrační znázornění veličin*

## 1.1 Metoda postupná [1]

Tato metoda se vyznačuje velkou časovou náročností. Je to dáno tím, že nadcházející činnost je závislá na konci činnosti předcházející. Lze si to uvést na praktickém příkladu zhotovení monolitické stropní desky. Tesaři (stavební proces 1) vytvoří bednění, na které poté přijdou železáři (stavební proces 2), kteří vyarmují danou desku. Teprve až po skončení jejich činnosti mohou přijít na řadu betonáři (stavební proces 3) a danou desku dokončit. Jak lze z příkladu vidět, u této metody není kladen velký nárok na počet pracovníků a množství materiálu v daný okamžik. Nevýhodou se ale stává již zmíněná časová náročnost a také přerušení práce dané profese, např. při pokračování prací na zhotovené desce. Tato metoda se hojně

využívá u menších objektů (zvláště v etapách hrubé stavby). V případě více objektů se jedná o situace, kdy jsou použity rozdílné technologie nebo je nedostatek prostoru.



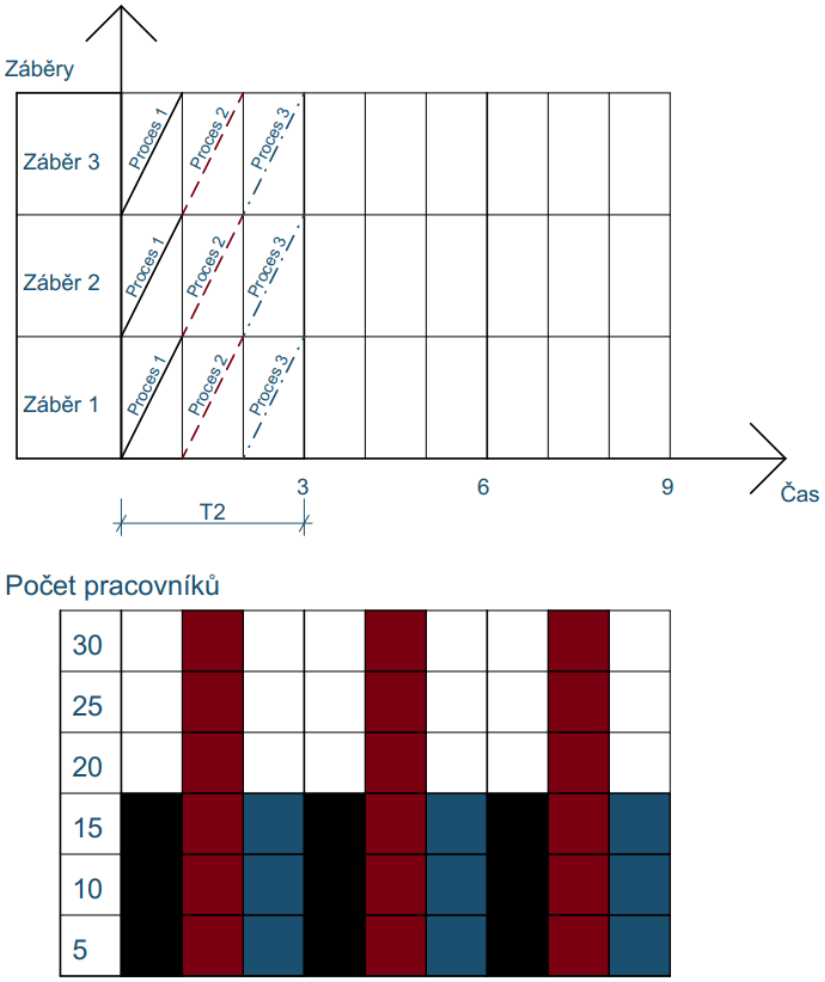

*Obrázek 2 - Metoda postupná*

$T_1 = k \cdot m \cdot n = 1 \cdot 3 \cdot 3 = 9$

$P_1 = 10$

## 1.2 Metoda souběžná [1]

Velká výhoda této metody spočívá v rychlosti výstavby, všechny procesy totiž začínají ve stejný okamžik. Opět si to můžeme uvést na příkladu výstavby monolitických konstrukcí. V případě tří objektů lze provádět dané práce na všech objektech najednou, s tím, že pokud jsou objekty podobné, stavební práce skončí ve stejný okamžik. Pro použití této metody je zapotřebí počítat se značným navýšením zdrojů, a to i finančních. To se týká také managementu stavby, kdy je potřeba zajistit dostatečnou kontrolu a koordinaci prováděných prací. Metoda je výhodná u developerských projektů s výstavbou několika objektů zároveň, nebo u liniových staveb.




*Obrázek 3 - Metoda souběžná*

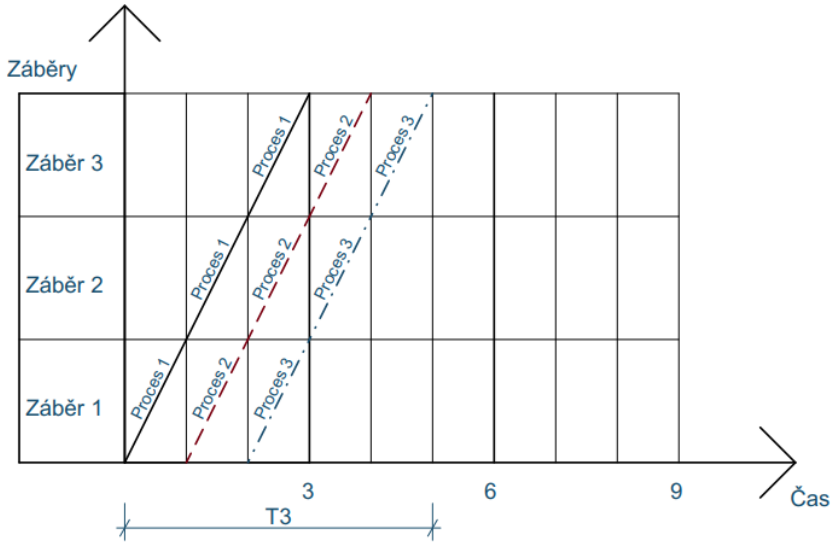
$T_2 = k \cdot n = 1 \cdot 3 = 3$

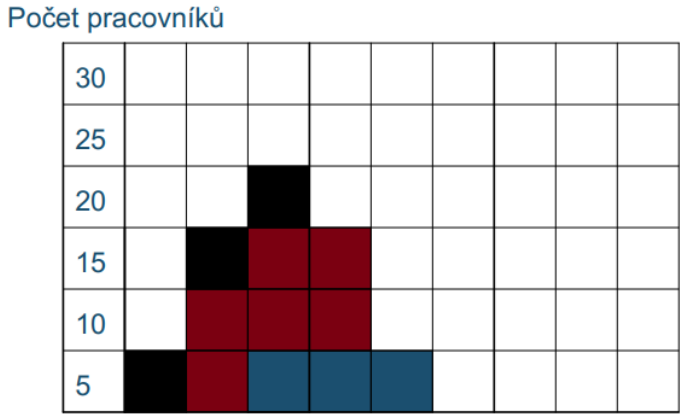
$P_2 = 30$

## 1.3 Metoda proudová [1]

Metoda, která dokáže nejlépe pracovat se zdroji. Vyvažuje počet pracovníků, průběžné zásobování materiálem a eliminuje přerušování práce. Čety totiž plynule přecházejí z jednoho patra (eventuelně objektu) do dalšího patra. Problém nastává při zpoždění některé z činností, ať už kvůli problému např. v PD, nebo špatnému zásobování materiálem. V tu chvíli dojde ke zpoždění, kdy jsou navazující čety nuceny přerušit práce, nebo se musí reorganizovat jejich postup.

Tato metoda se velmi podobá pásové výrobě v továrně, kde je výrobek posouván po pracovních stanovištích. Na každém stanovišti jsou na něm provedeny potřebné úkony v pořadí dle technologického postupu. V tomto případě se výrobek nepohybuje, ale čety k němu postupně přichází. Tuto metodu lze uplatňovat při každé výstavbě, a to i u nesourodých celků.




*Obrázek 4 - Metoda proudová*

$T_3 = k \,.\, (m + n - l) = 1 \,.\, (3 + 3 - 1) = 5$

$P_3 = 20$

Abychom mohli efektivně použít Proudovou metodu, musíme splnit čtyři podmínky. Ty obecně udávají podobu výstavbového modelu.

- Výstavbový model musí obsahovat větší počet stejných či podobných celků, technologických etap.

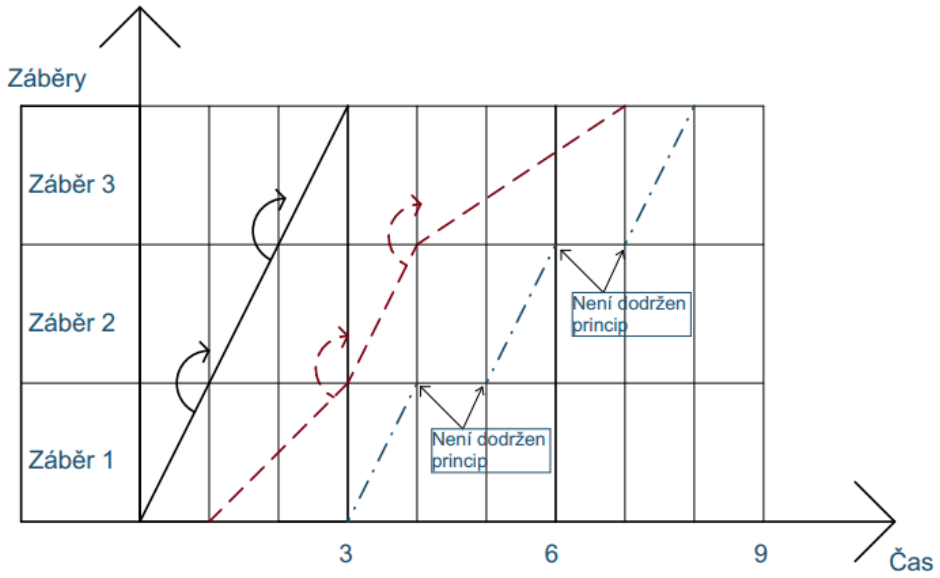
- Samotný proces by měl být dělitelný podle pracovních činností. Například zhotovení monolitické stěny lze rozdělit na armování, bednění a betonáž.

- Pracovní činnosti se dají sladit časoprostorově tak, aby nedocházelo k blokaci ostatních činností a vytvořila se volná pracovní fronta pro následující proces.

- Dané činnosti musí být vzájemně rytmické.

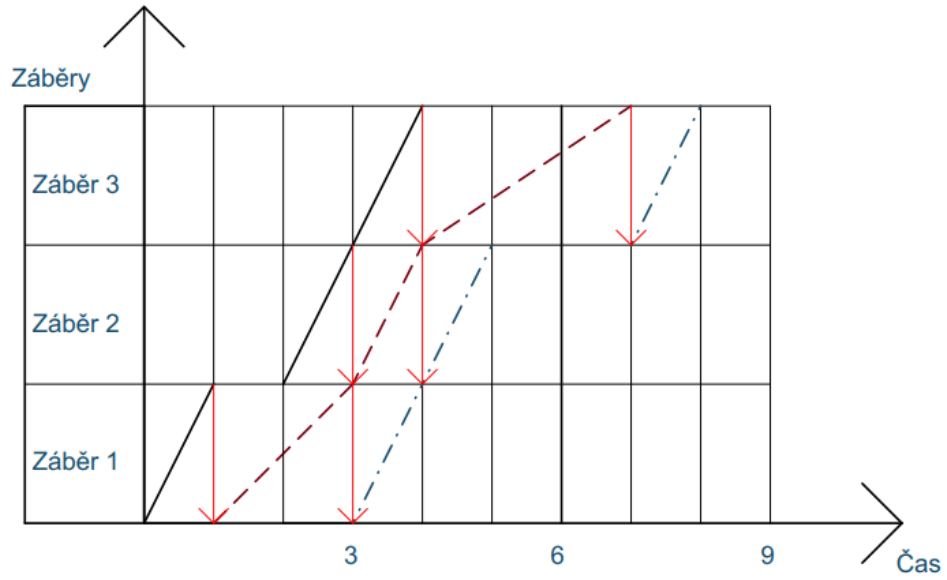
### 1.3.1 Základní principy proudového stavění [1]

- **Plynulost práce –** čety plynule přecházejí z místa na místo (z výrobku na výrobek)



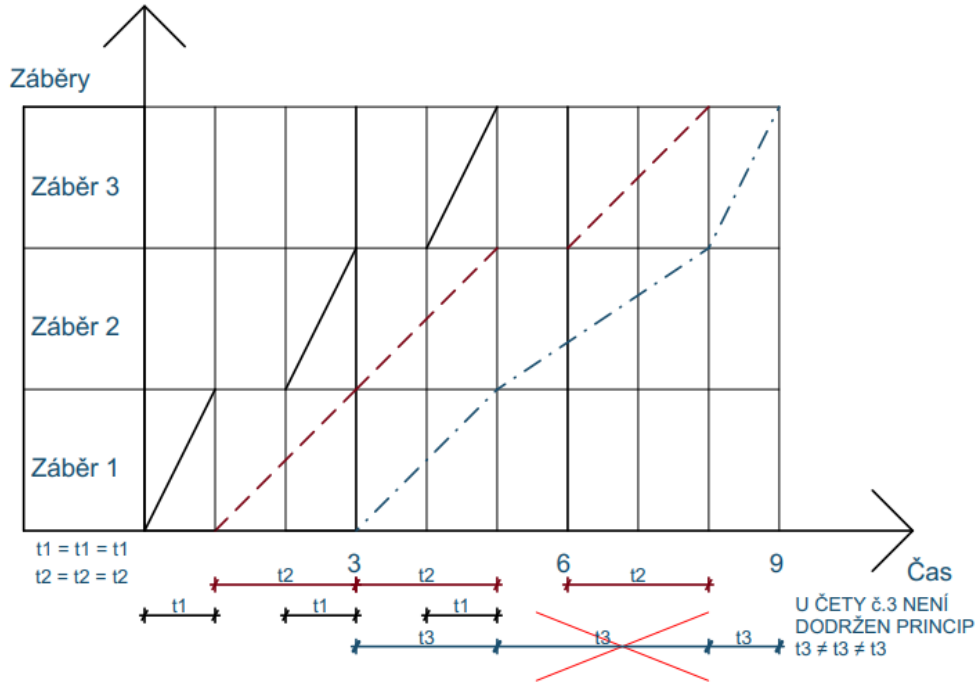

*Obrázek 5 – Znázornění plynulosti práce*

- **Plynulost výroby –** stejné výrobky jsou plynule vyráběny bez časových prodlev (technologické přestávky jsou již zohledněny)



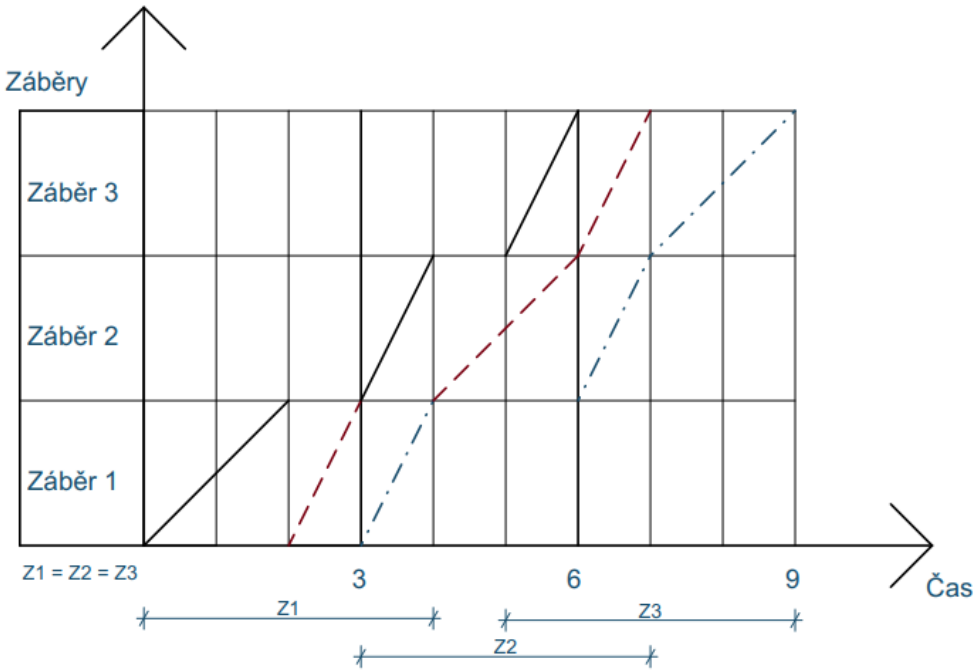

*Obrázek 6 - Znázornění plynulosti výroby*

- **Rovnoměrnost práce –** jednotlivé čety stráví na každém výrobku stejné množství času




*Obrázek 7 - Znázornění rovnoměrnosti práce*

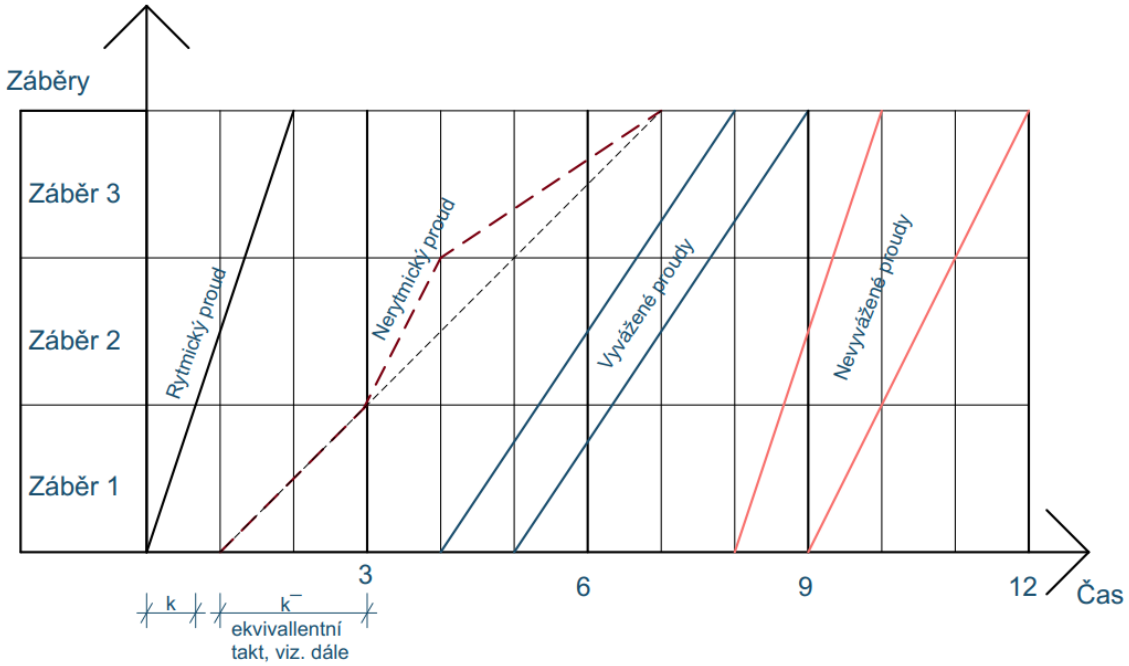
- **Rovnoměrnost výroby –** všechny výrobky jsou vyráběny stejně dlouhou dobu




*Obrázek 8 - Znázornění rovnoměrnosti výroby*

Dle míry splnění základních principů jsou rozlišovány proudy:

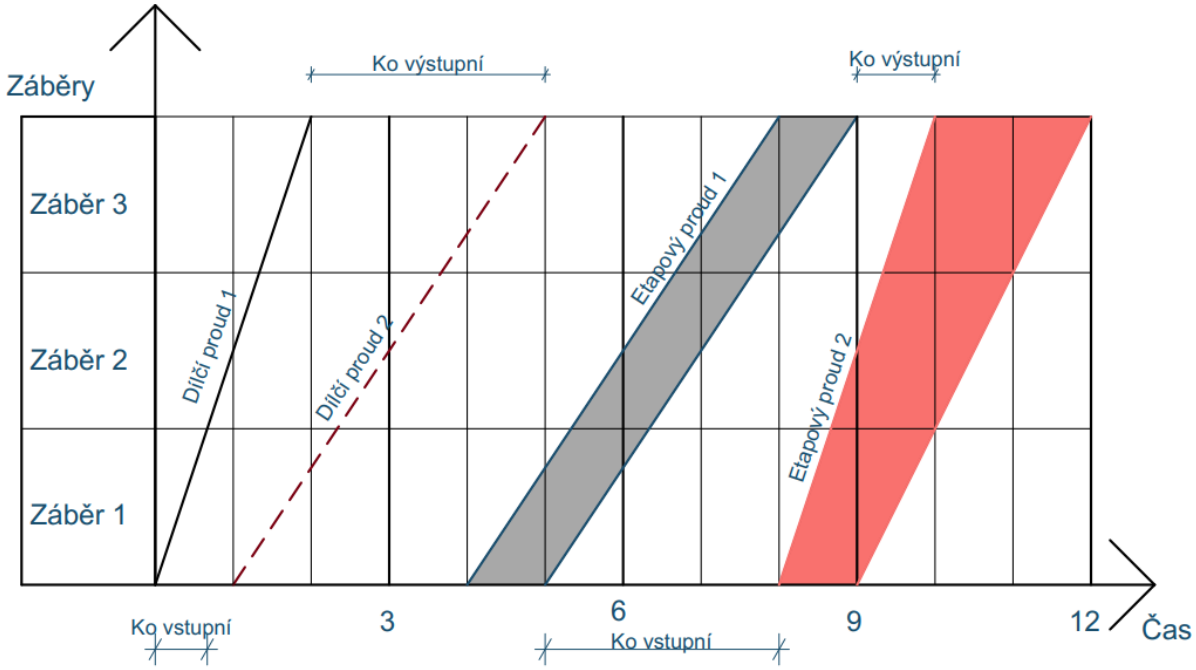
- Rytmické
- Nerytmické
- Vyvážené
- Nevyvážené




*Obrázek 9 - Rytmické, nerytmické, vyvážené a nevyvážené proudy*

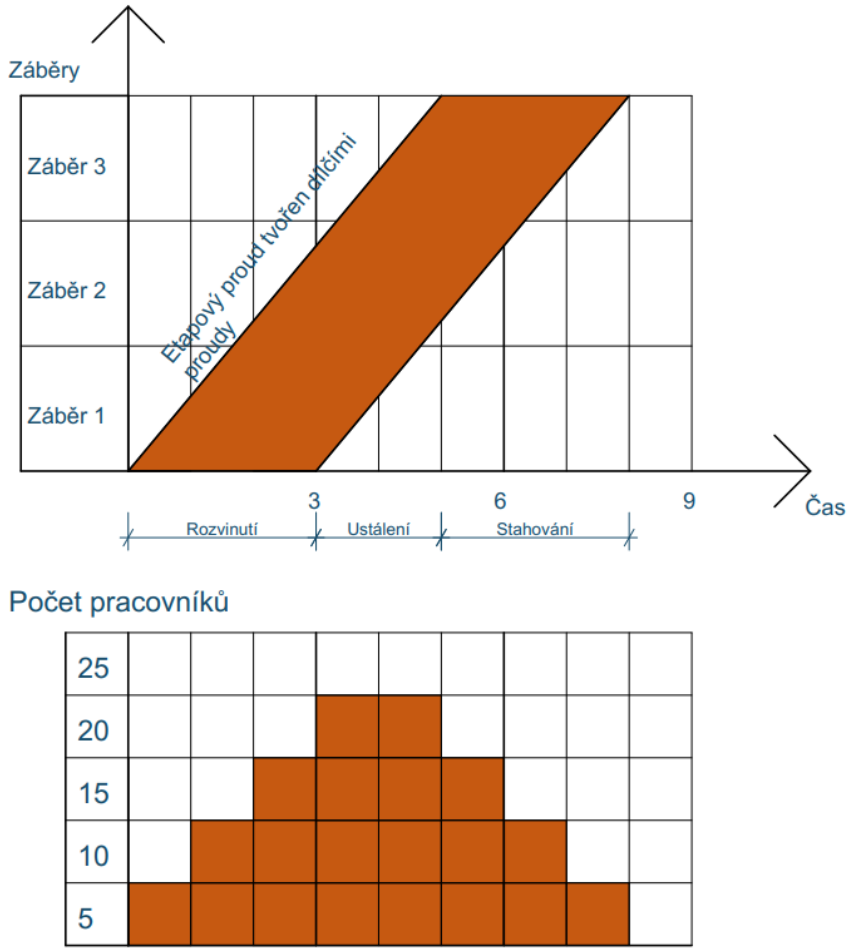
## 1.3.2 Základní pojmy proudového stavění [1] [2]

- **Proud –** určitý stavební proces, pohyb pracovní čety v časoprostoru (existují různé druhy, mezi které patří například etapový proud nebo dílčí proud)
- **Řídící proud –** dílčí stavební proces, podle kterého se určuje rychlost ostatních proudů
- **Takt [k] –** jedná se o dobu dílčího stavebního proudu na daném úseku, záběru
- **Ekvivalentní takt [$k^{-}$] –** průměrný takt nerytmického proudu
- **Krok vstupní [$K_o^{vst}$] –** označuje časový interval mezi začátky dvou po sobě jdoucích dílčích proudech. Pokud mají proudy nulovou dobu rozvinutí, vzniká vazba začátek – začátek.
- **Krok výstupní [$K_o^{výst}$] –** je to časový interval mezi konci po sobě jdoucích dílčích proudech. S nulovou dobou rozvinutí daných proudů se jedná o vazbu konec – konec.




*Obrázek 10 - Kroky vstupní a výstupní*

- **Časový modul proudu [$K_{mod}$] –** největší společný dělitel taktů dílčích proudů
- **Rychlost proudu [$v_p$] –** jde o označení množství konečné produkce za časovou jednotku
- **Doba rozvinutí –** interval mezi začátkem dílčího proudu a začátkem posledního proudu dané etapy. V tomto intervalu se zvyšuje počet nasazených pracovníků.
- **Doba ustálení –** interval mezi začátkem posledního proudu a koncem prvního dílčího proudu. Pracovní síly jsou ustálené, nerostou. V některých případech může být tato doba nulová.
- **Doba stahování –** interval mezi koncem prvního dílčího proudu a koncem posledního dílčího proudu. Počty pracovních sil klesají.




*Obrázek 11 - Rozvinutí, ustálení a stahování proudu*

### 1.3.3 Vyvažování dílčích proudů

Nevyvážený etapový proud (viz. Obrázek 8) je složen z dílčích proudů, které jsou rytmické, avšak mají jinou dobu trvání, tzv. takt. Vyvážením proudů dokážeme zkrátit průběh výstavby, zajistit rovnoměrné zhotovení výrobku a vytíženost pracovních čet. Máme čtyři způsoby, kterými můžeme upravit průběh proudů.

- **Změna samotného taktu** – zvýšení počtu pracovníků, úprava pracovní doby, úprava produkce
- **Rychlejší proudy přerušovat** dle průběhu pomalejší činnosti
- **U vybraného proudu zvýšit počet směn**
- **Navýšení počtu čet**, které budou pracovat souběžně

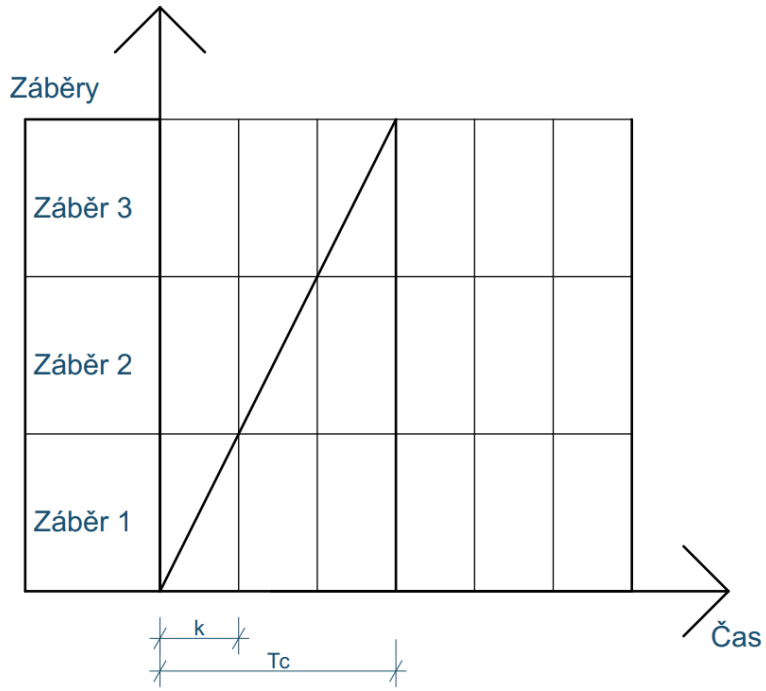
### 1.3.4 Kloubení dílčích proudů (procesů)

Určením správného vstupního kroku lze předejít zbytečným přestávkám u dalších navazujících záběrů. Hodnotu tohoto kroku lze stanovit určením místa kritického sblížení. Jedná se o úsek, kde jsou dílčí proudy (procesy, záběry) k sobě nejblíže. V tomto místě a čase je velká pravděpodobnost narušení pracovní fronty. Úpravou sledu proudů v této oblasti tak, aby nedošlo k žádným komplikacím a průtahům lze následně stanovit hodnotu vstupního kroku.

### 1.3.5 Výpočet doby trvání různých variant proudů [1]

Zjednodušeně lze říci, že se jedná o sčítání taktů a jejich počtu záběrů. U složitějších průběhů proudů poté sčítáme doby rozvinutí, vstupní kroky a dobu posledního dílčího proudu.

- **Rytmický proud**

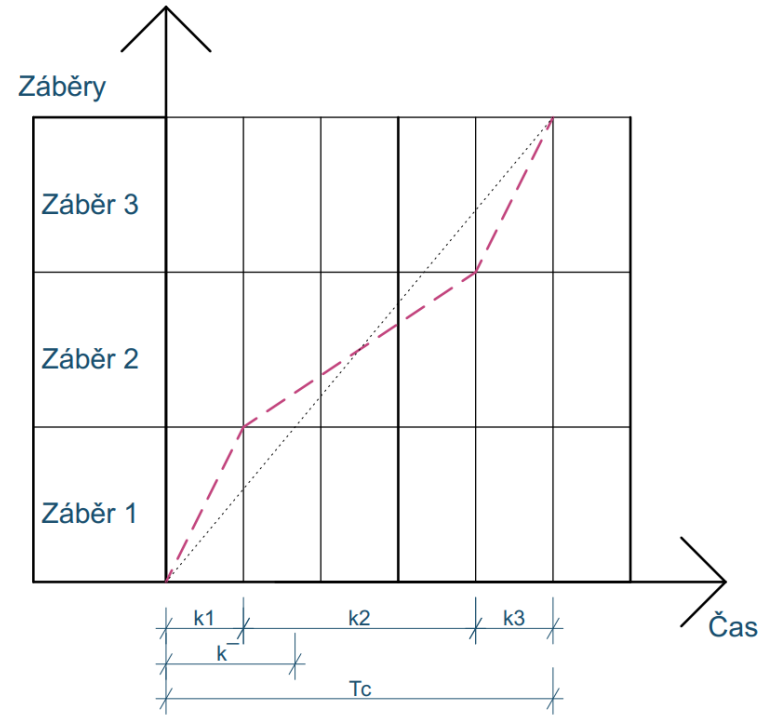



Tc – doba dílčího proudu
k – takt
m – počet záběrů

**Tc = k . m**

*Obrázek 12 - Výpočet doby rytmického proudu*

- **Nerytmický proud**

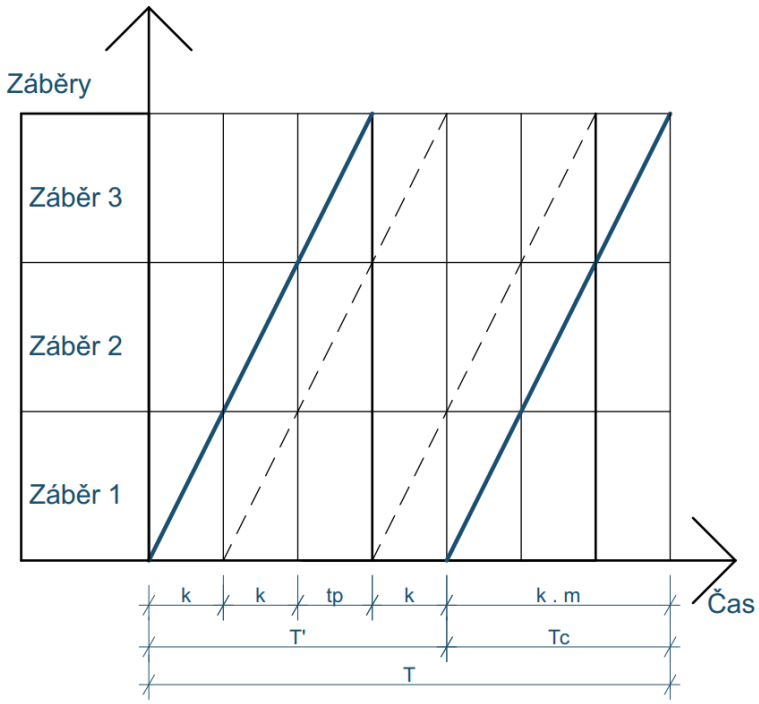



Tc – doba dílčího proudu
$k^-$ – ekvivalentní takt
k – takt
m – počet záběrů

**$Tc = \sum k_i = k^- . m$**

*Obrázek 13 - Výpočet doby nerytmického proudu*

- **Vyvážený etapový proud**

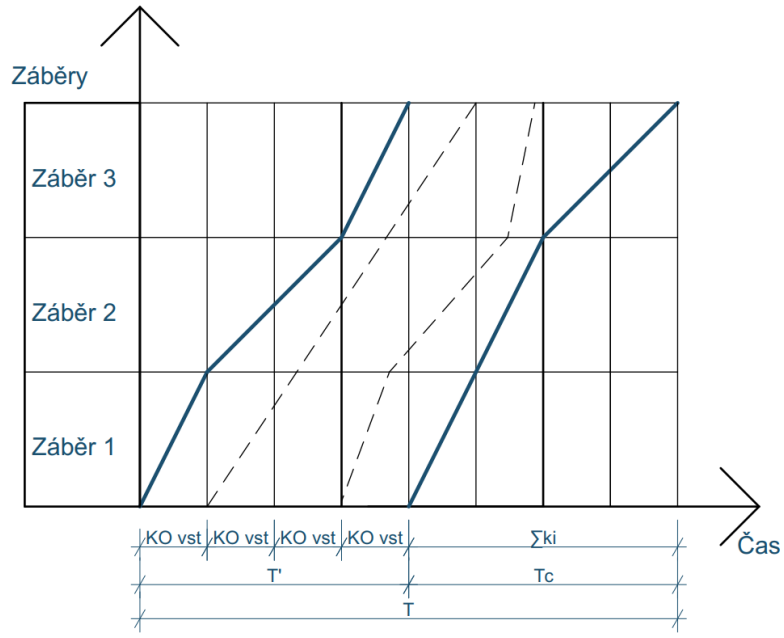



T‘ – doba rozvinutí
Tc – doba posledního dílčího proudu
n – počet dílčích proudů
tp – technologická přestávka
k – takt
m – počet záběrů

**$T = k . (n - 1) + \sum tp + k . m$**

*Obrázek 14 - Výpočet doby vyváženého etap. proudu*

- **Nevyvážený etapový proud**

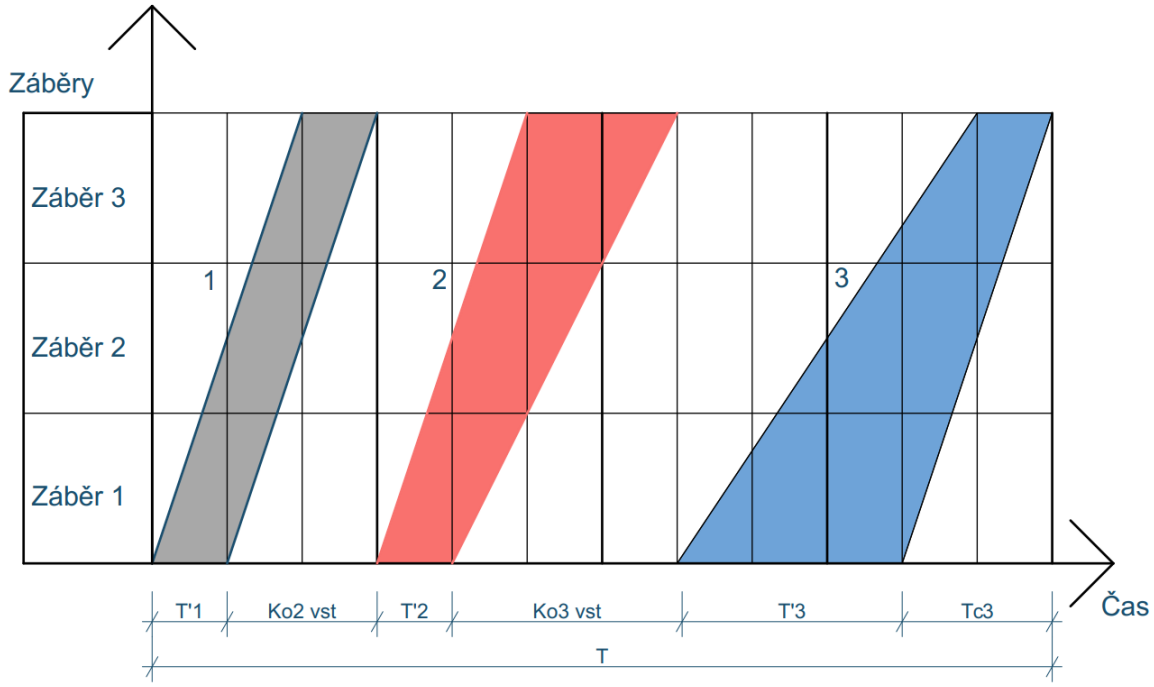



T‘ – doba rozvinutí
$Ko^{vst}$ – vstupní krok

**$T = \sum Ko^{vst} + \sum ki$**

*Obrázek 15 - Výpočet doby nevyváženého etap. Proudu*

- **Objektový proud**




*Obrázek 16 - Výpočet doby objektového proudu*

Tc – doba posledního dílčího proudu

T‘ – doba rozvinutí

$Ko^{vst}$ – vstupní krok

**$T = \sum T'_i + \sum Ko^{vst}_i + Tc_i$**

## 1.4 Postup realizace v praxi

Všechny tyto definované metody popisující návrh postupu realizace a jejich časovou náročnost nereflektují, a ani nemohou reflektovat případné zdržení přímo během výstavby. Důvodů zdržení je velmi mnoho. Mezi nejvýznamnější patří chyby v projektové dokumentaci. Příkladem může být špatná koordinace profesí nebo chybějící prostupy. Dalším důvodem mohou být klientské změny, archeologické nálezy, špatné řízení stavby a nekvalitní subdodavatelé.

Pokud se na výstavbu podíváme z širšího hlediska, rychlost i samotné plánování se může výrazně urychlit pomocí povinného užití metody BIM. Eliminovala by se velká část chyb v projektové dokumentaci, výkazu výměr a metoda by pomohla k celkovému pochopení projektu. Koncepce zavádění metody BIM byla schválena ke konci roku 2017 s plánem uzákonění povinnosti použití této metody u nadlimitních veřejných zakázek do roku 2022 [3]. Tato povinnost se ale posunula až na rok 2024 [4]. I přes toto zpoždění by se situace mohla lehce kompenzovat urychlením stavebního řízení. Díky novému stavebnímu zákonu, který nabyl

účinnosti 1.1.2024 pro vyhrazené stavby, a pro ostatní stavby od 1.7.2024, se výrazně sníží lhůta pro vydání stavebního povolení [5].

Stávající situaci můžeme srovnat s Japonskem. V posledních letech se potýká s výrazným stárnutím populace a tím pádem úbytkem pracovních sil. Stavební firmy v Japonsku proto masivně investují do vývoje AI a robotů. Příkladem mohou být autonomní svářecí roboti na staveništi, robotičtí nosiči, nebo víceúčeloví roboti schopní montovat podhledy [6]. Snižují tím počet lidských pracovníků a vytváří automatizovaný proces výstavby objektů. V únoru 2024 stejná firma představila možnost vzdálené kontroly stavby pomocí Metaverse (virtuální realita vyvinutá společností Meta Platforms, dříve Facebook [7]) využívající 3D scan a data BIM [8].

Nutno však dodat, že na rozdíl od tehdejší ČSR investovalo Japonsko od padesátých let minulého století do stavebnictví až 40 % státního rozpočtu s cílem opětovně vystavět obydlí po spojeneckém bombardování a nastartovat ekonomiku [9].

# 2. Představení projektu

## 2.1 Areál Holešovické tržnice

Dřívější Ústřední jatka, trh dobytčí a trh masný král. hlav. města Prahy se nachází na Praze 7 po levém břehu Vltavy. Areál byl postaven v letech 1893–1895 podle návrhu městského inženýra Josefa Srdínka. Výstavba tehdy stála odhadem 5 200 000 korun. Jatka byla původně členěna na tři části, a to administrativní, obchodní (tržnice) a výrobní (jatka). Soubor 41 budov byl postaven v historizujícím stylu. U vstupu před bývalým domkem vrátného jsou umístěny sochy býků s mužským doprovodem od Bohuslava Snircha a Čeňka Vosmíka.

*Obrázek 17 – Socha Čeňka Vosmíka zobrazující muže s pastýřskou holí opírající se o býka. Zdroj: vlastní foto*

Dobytek byl dopravován železniční vlečkou z nedalekého Bubenečského nádraží. Mezi budovy patřily například hovězí a vepřové tržnice, chlévy, konírny, střevárny, vodárenská věž, později dostavená porážka pro koně a jiné. Ve své době se jednalo o vysoce moderní provoz. Během doby fungování docházelo k postupným přestavbám, přístavbám a další modernizaci jatek. Ve druhé polovině 20. století se jatka zrušila a v roce 1982 se z areálu stala Pražská tržnice. Od 7.1.1993 byla bývalá holešovická jatka zařazena mezi kulturní památky. Dnes v areálu probíhají různé kulturní akce, farmářské trhy a prostory jsou pronajímány pro podnikatelské účely [10] [11] [12].

*Obrázek 18 - Vodárenská věž v areálu Pražské tržnice. Zdroj: vlastní foto*

## 2.2 Objekt č.4

Budova původně sloužila jako jateční burza s hostincem. V průběhu její životnosti došlo k určitým změnám, konkrétněji přistavění jižní části nebo rohových nástaveb. Při povodních v roce 2002 utrpěla budova značné škody. Nachází se ve středu areálu a je postavena v klasicistním stylu. Má 3 nadzemní podlaží a jedno podzemní. V rámci rekonstrukce, která vrací budově původní podobu, budou odstraněny nástavby na rozích budovy a celý jižní přístavek.

V půdorysu nepůvodního přístavku vznikne rozšíření 1.PP za použití technologie bílé vany, která však bude opatřena hydroizolací z důvodu zvýšeného radonu. Strop v daném podlaží je klenutý. Bude se zde nacházet zázemí pro pracovníky restauračního zařízení, toalety pro pracovníky, přípravna masa a menší sklady. V nové podzemní přístavbě se umístí retenční nádrž, strojovna vzduchotechniky a technické místnosti.

V prvním podlaží dojde k velkému zásahu na východní straně při odstranění zděných pilířů. Ty nahradí subtilnější ŽB sloupy, na které se osadí nové IPN nosníky. Celá východní část bude poté určena pro gastro. Dominantou se stane velký sál s restaurovanými štukovými freskami znázorňující městské znaky a secesní lustry.

Po vybourání nástaveb ve 2.NP se v severní části dozdí původní nosné stěny z cihel CP. Toto podlaží bude určeno pro dva salonky. Jeden v severní, druhý v jižní části. Ve stejné úrovni se obnoví atiky u pultových střech dle historických fotografií.

V podkroví se částečně opraví vaznicový věšadlový krov a v severní části se do podlahy osadí ocelové nosníky pro vynesení budoucí příčky. Nad hlavním sálem dojde ke ztužení stropu úhelníky. Vytvoří se také ŽB věnce s ocelovou konstrukcí, na kterou se posadí určené technologie. Podkroví se stane technologickým zázemím, bude zde kotelna, strojovna chlazení a elektrorozvodna.

*Obrázek 19 - Probíhající rekonstrukce haly, foceno 23.4.2024. Zdroj: vlastní foto*

## 2.3 Hala 1

Původní domek vrátného u vstupu do jatek. Stejně jako u předešlého objektu docházelo postupem času k změnám dispozice a zásahům do nosných konstrukcí jako zazdění oken apod. V poslední době je objekt využíván k pohostinství, po rekonstrukci ale bude sloužit jako infocentrum pro celý areál.

V rámci rekonstrukce dojde ke kompletnímu vybourání podlahy v 1.NP a snížení původních základů. Odstraní se také střešní krytina včetně jakékoliv izolace. Proti vzlínající vlhkosti v obvodových stěnách se použije chemická injektáž jako hydroizolační clona. Na stejném podlaží dojde k vybourání veškerých příček a částí nosných konstrukcí. Dokončená redispozice dá vzniknout prostoru recepce, toalet a čajové kuchyňky pro účely pracovníků.

V podkroví bude na určených místech opravena podlaha z půdovek kladených do cementového lože. Dále zde bude umístěna vzduchotechnická jednotka. Celý objekt bude vytápěn plynovým kotlem.

*Obrázek 20 - Současný stav Haly 1, Foceno 23.4.2024. Zdroj: vlastní foto*

# 3. Vyhodnocení jednotlivých návrhů

Po provedení analýzy možných postupů realizace v přílohách 2.1 – 2.4 bude nyní provedeno vyhodnocení s cílem určit nejoptimálnější postup pro dané objekty a situaci.

## 3.1 Rychlost výstavby

Pro účel tohoto porovnání byly vytvořeny grafy zobrazující návaznost jednotlivých etap, které vycházejí z časoprostorových grafů pro dané STP. V grafech lze také vidět průběh průměrného počtu pracovníků během výstavby. Toto vyhodnocení je ukázáno v příloze č. 2.1.1. Samotné grafy byly také převedeny do programu MS Project, kde je ukázána přesnější doba trvání. Ta je k nahlédnutí v příloze č. 2.1.2.

| Název metody | Doba trvání | Zahájení | Dokončení |
|---|---|---|---|
| METODA POSTUPNÁ | **407 dní** | 02.01.2024 | 23.07.2025 |
| METODA SOUBĚŽNÁ | **292 dní** | 02.01.2024 | 12.02.2025 |
| METODA PROUDOVÁ | **311 dní** | 02.01.2024 | 11.03.2025 |

*Tabulka 1 - Vyhodnocení doby trvání*

Z přiložené tabulky lze vidět, že postupná metoda vyšla jako nejdéle trvající. Průběh grafu nasazení pracovníků vykazuje jejich nejmenší průměrný počet, avšak u přechodu na Halu č.1 je výrazný pokles pracovních sil.

Metoda souběžná je v tomto případě nejrychlejší. Z grafu lze ale vyčíst velké skoky v počtech pracovníků. To může přinést organizační problémy při koordinaci pracovních sil a časté předimenzování a poddimenzování zařízení staveniště, pokud nechceme často přivážet nebo odvážet stavební buňky.

Oproti předchozí metodě je u proudového stylu vyrovnanější počet pracovníků a delší doba výstavby, avšak jen o 19 dní.

## 3.2 Náklady na výstavbu

V tomto kritériu bude porovnáváno cashflow vygenerované programem MS Project. K jednotlivým etapám byly přiřazeny přibližné ceny vycházející z probíhající výstavby těchto objektů. Výsledek je k nalezení v příloze č. 2.2. Průběh grafů vykresluje tok financí a růst souhrnných nákladů v čase výstavby.

První graf náležící postupné metodě vyznačuje rychlý nástup souhrnných nákladů a následnou „stagnaci“ při přechodu na druhý objekt. Kritická je oblast rychlého nárůstu souhrnných nákladů, kdy stavební firma potřebuje velké množství financí pro zaplacení stavebních prací. Pokud v této oblasti nastane problém a investor dočasně zastaví proplácení prací, firma se může dostat do problému s finančním zajišťováním vlastních sil či subdodavatelů. Následná zóna minimálních nákladů už jen prodlužuje dobu výstavby a tím uvolnění smluvních pozastávek.

Finanční tok souběžné metody má nejvyrovnanější průběh vyznačující se pozvolným nárůstem. Nejsou přítomny žádné výrazné skoky.

Proudová metoda má téměř totožnou podobu se souběžnou metodou. Jsou vidět o něco ostřejší nárůsty a poklesy nákladů.

## 3.3 VRN

V příloze č. 2.3 je zpracovaný rozpočet pro zařízení staveniště doplněný o orientační ceny. Ve zmiňovaném rozpočtu jsou počítány pouze buňky a další zařízení, jejichž počet se mění v závislosti na použité metodě. Náklady na ZS hrají neméně důležitou roli při tvorbě cenové nabídky, jelikož jak je patrno z tabulky 2, jejich výše může být znatelně ovlivněna návrhem výstavbové metody. Rozpočet a návrh ZS byl zjednodušeně proveden podle průměrného počtu pracovníku během celé doby výstavby.

| Název metody | Celkové náklady ZS |
|---|---|
| Metoda postupná | ***2 860 665 Kč*** |
| Metoda souběžná | ***2 301 954 Kč*** |
| Metoda proudová | ***2 371 950 Kč*** |

*Tabulka 2 - Vyhodnocení nákladů pro ZS*

Pořadí je dáno dobou trvání výstavby. Nejlépe tedy vychází souběžná metoda, a to i přes to, že má největší průměrný počet pracovníků. Je to dáno tím, že Hala č.1 je znatelně menší a má velmi malý průměrný počet pracovních sil, tudíž nehrají tolik roli. Zde se ukazuje, že u takto malých objektů jsou náklady vázané na čas. Pokud by byl druhý objekt větší nebo totožný, byla by částečně vidět vazba na počet pracovníků.

## 3.4 Vliv na okolí

Detailní popis vlivu na okolí je v příloze č. 2.4 a 2.4.1. Byly stanoveny čtyři vlivy, a to zábor, hluk, dopravní vytížení a životní prostředí. U těchto čtyř zástupců bylo posuzováno, která metoda vychází nejvýhodněji. U záboru vychází nejlépe metoda souběžná stejně jako u hluku a u životního prostředí. Nejmenší vliv na dopravní vytížení má postupná metoda.

## 3.5 Nejoptimálnější postup

Z předchozího vyhodnocení vychází nejlépe metoda souběžná. Díky ní dosáhneme nejkratší doby výstavby, ovšem s tím, že se nám budou na staveništi skokově měnit počty pracovníků. Co se týče finančního toku, z grafů má tato metoda nejoptimálnější průběh, tzn. postupný nárůst souhrnných nákladů. Díky velikosti druhého objektu dosáhla tato metoda i nižších nákladů na zařízení staveniště. Menší problém u dopravního vytížení se dá vyřešit určitými opatřeními, a zároveň toto výrazně převyšují výhody plynoucí z předešlé analýzy.

Nutno však dodat, že metoda souběžná vychází nejlépe jen díky menší velikosti druhého objektu. Zároveň je ale použitelná i proudová metoda, která má sice delší dobu výstavby, ale nabízí lepší rozložení pracovníků, což je výhodné, pokud dodavatel používá jen minimum subdodávek.

# Závěr

Podkladem pro STP byla projektová dokumentace obou objektů a položkové rozpočty. Nejdříve byly vytvořeny prostorové struktury, kde se určily technologické etapy a jejich směry postupů. Následně jsem díky projektové dokumentaci a rozpočtům vytvořil technologický normál, který sloužil jako podklad k vypracování časoprostorové struktury. Do ní byly zahrnuty běžné svátky. Rozbor dopravních procesů byl vytvořen pouze jeden, z důvodu velmi malé vzájemné vzdálenosti obou objektů. Výkresy zařízení staveniště byly navrženy dle průměrného počtu pracovníků na jednotlivých objektech. V rámci analýzy postupů bylo následně přepočítáno dle použitých metod.

Pro potřeby vyhodnocení nejúčinnější metody byly vytvořeny tři varianty postupu, a to za použití postupné, souběžné a proudové metody. Grafy znázorňující dané metody jsem vytvořil pomocí programu AutoCAD. Ty jsem následně integroval do MS Project, který vygeneroval finanční tok po doplnění přibližných cen k jednotlivým etapám. Po zpracování vlivu na okolí a doplnění cen jednotlivých zařízení staveniště proběhlo vyhodnocení návrhů. Jako nejoptimálnější návrh pro toto zadání vyšla souběžná metoda.

Zadané dva objekty jsou cenově a velikostně diametrálně odlišné, tudíž rozdíl mezi jednotlivými metodami není natolik výrazný. Každá metoda má svoje specifika, která dokážou být využita naplno dle aktuální potřeby zhotovitele. Pro tento konkrétní případ je nejvhodnější souběžná metoda.

# Zdroje a použitá literatura

[1] JARSKÝ, Čeněk, F. MUSIL, P. SVOBODA, J. GAŠPARÍK, V. MOTYČKA, V. POSPÍCHAL, B. KOVÁŘOVÁ a M. VYČÍTAL. *Technologie staveb II Příprava a realizace staveb*. Druhé přepracované a doplněné vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2019. ISBN 978-80-7204-994-3.

[2] JARSKÝ, Čeněk. *Automatizovaná příprava a řízení realizace staveb*. Doc. Ing. Čeněk Jarský, CSc. - CONTEC, Mánesova 819, Kralupy n. Vlt., 2000. ISBN 80-238-5384-8.

[3] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. About us - BIM. *Agentura-cas* [online]. [cit. 2024-04-21]. Dostupné z: https://www.agentura-cas.cz/en/bim-concept-department/about-us-bim/

[4] FORAL, Martin. Povinnost využívání BIM se prozatím posouvá. *Tzbinfo* [online]. 2022, 24.11.2022 [cit. 2024-04-21]. Dostupné z: https://www.tzb-info.cz/bim-informacni-model-budovy/24644-povinnost-vyuzivani-bim-se-prozatim-posouva

[5] MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ ČR. Nový stavební zákon. *Mmr.gov* [online]. [cit. 2024-04-21]. Dostupné z: https://mmr.gov.cz/cs/ministerstvo/stavebni-pravo/pravo-a-legislativa/novy-stavebni-zakon¨

[6] LEUSSINK, Daniel a Izumi NAKAGAWA. Japan's aging, labor-starved construction industry gives economy a capex boost. *Reuters* [online]. 2019, 5. 11. 2019, 2019 [cit. 2024-04-21]. Dostupné z: https://www.reuters.com/article/us-japan-economy-robots-idUSKBN1XF0MB/

[7] EHRLICH, Steven. The Metaverse Explained. *Forbes* [online]. 2023, 10. 3 2023, 2023 [cit. 2024-04-21]. Dostupné z: https://www.forbes.com/sites/digital-assets/article/the-metaverse-explained/?sh=2db70add48bd

[8] SHIMIZU CORPORATION. Remote Inspections of Under-Construction Buildings in the Metaverse. *Shimz.co* [online]. 2024, 6. 2. 2024 [cit. 2024-04-21]. Dostupné z: https://www.shimz.co.jp/en/company/about/news-release/2024/2023063.html

[9] STEELE, M. William. Constructing The Construction State: Cement And Postwar Japan. *The Asia - Pacific Journal* [online]. 2017, 1. 6. 2017, 2017 [cit. 2024-04-21]. Dostupné z: https://apjjf.org/2017/11/Steele

[10] ŽIVSA. Návštěva v Ústředních jatkách Pražských. *Český svět*. Praha: Karel Hipman, 1905, 9. 6. 1905, 1(15), 59-62.

[11] NÁRODNÍ PAMÁTKOVÝ ÚSTAV. Pražská tržnice - jatka. *Pamatkovykatalog* [online]. [cit. 2024-04-21]. Dostupné z: https://pamatkovykatalog.cz/prazska-trznice-jatka-14152743

[12] MÁSLO, Vít A. a David R. CHISHOLM. CMCARCHITECTS. *Pražská tržnice: urbanisticko-architektonická studie masterplan rozvoje areálu*. 1. 2020, 54 s. Dostupné také z: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.praha.eu/file/3154437/_374ptr_ST_01_prezentace_200227.pdf

# Seznam obrázků

Obrázek 1 - Ilustrační znázornění veličin ..... 9
Obrázek 2 - Metoda postupná ..... 10
Obrázek 3 - Metoda souběžná ..... 11
Obrázek 4 - Metoda proudová ..... 12
Obrázek 5 – Znázornění plynulosti práce ..... 13
Obrázek 6 - Znázornění plynulosti výroby ..... 13
Obrázek 7 - Znázornění rovnoměrnosti práce ..... 14
Obrázek 8 - Znázornění rovnoměrnosti výroby ..... 14
Obrázek 9 - Rytmické, nerytmické, vyvážené a nevyvážené proudy ..... 15
Obrázek 10 - Kroky vstupní a výstupní ..... 16
Obrázek 11 - Rozvinutí, ustálení a stahování proudu ..... 17
Obrázek 12 - Výpočet doby rytmického proudu ..... 18
Obrázek 13 - Výpočet doby nerytmického proudu ..... 18
Obrázek 14 - Výpočet doby vyváženého etap. proudu ..... 19
Obrázek 15 - Výpočet doby nevyváženého etap. Proudu ..... 19
Obrázek 16 - Výpočet doby objektového proudu ..... 20
Obrázek 17 – Socha Čeňka Vosmíka zobrazující muže s pastýřskou holí opírající se o býka. Zdroj: vlastní foto ..... 22
Obrázek 18 - Vodárenská věž v areálu Pražské tržnice. Zdroj: vlastní foto ..... 23
Obrázek 19 - Probíhající rekonstrukce haly, foceno 23.4.2024. Zdroj: vlastní foto 24
Obrázek 20 - Současný stav Haly 1, Foceno 23.4.2024. Zdroj: vlastní foto ..... 25

# Seznam tabulek

Tabulka 1 - Vyhodnocení doby trvání .....26
Tabulka 2 - Vyhodnocení nákladů pro ZS.....27

# Seznam příloh

Příloha č. 0 – Zadávací dokumentace

Příloha č. 0.1 – Zadávací dokumentace Objekt č.4

Příloha č. 0.2 – Zadávací dokumentace Hala č.1

Příloha č. 1 – Dílčí části stavebně technologických projektů

Příloha č. 1.1 – STP Objekt č.4

Příloha č. 1.2 – STP Hala 1

Příloha č. 2 – Analýza možných postupů realizace

Příloha č. 2.1 – Analýza rychlosti výstavby

Příloha č. 2.1.1 – Kombinace časoprostorových grafů

Příloha č. 2.1.2 – Zobrazení metod v MS Project

Příloha č. 2.2 – Náklady na výstavbu

Příloha č. 2.3 – Výše VRN

Příloha č. 2.4 – Vliv na okolí

Příloha č. 2.4.1 – Situace záborů