

## 7 Časové plánování

Časové plánování patří k základním prvkům stavebně technologického řešení celé stavby. Je podstatnou částí ve fázi přípravné (předvýrobní a výrobní přípravy), kde se zpracovatel časového plánu seznamuje s koncepcí celé stavby a zkoumá známé i předpokládané základní i vedlejší vlivy na vlastní realizaci, které nám vytváří podmínky pro zpracování prvotního (nabídkového) časového plánu pro objednatele i pro vlastní časový přehled zhotovitele. Rovněž tak ve fázi realizační je nutné komplexně a permanentně sledovat plnění časového plánu a co nejrychleji korigovat nevhodné odchylky.



Časové plánování se používá nejen pro vytvoření celkového časového modelu, ale i pro zjištění jednotlivých technologických etap a nároků na jejich věcné a finanční plnění.

V časovém plánování nám jde o vytvoření a následně co možná nejpřesnější dodržení jednotlivých technologických postupů, vzájemných návazností, technologických přestávek, koordinací apod.

V zásadě můžeme časové plánování rozdělit na několik modelů, pomocí nichž jsme schopni znázornit a sledovat průběh výstavby.

### 7.1 Kniha lhůt

Kniha lhůt (lhůtník) je zpracovávána jako nejjednodušší vyjádření časového postupu výstavby. Je zpracována obvykle na základě propočtových ukazatelů, často v kumulovaných položkách a vyjadřuje velmi hrubé ukazatele (milníky), ve kterých se má stavba po určitých dokončených etapách nacházet.



Vede se obvykle jako samostatný dokument, a k jeho vytvoření nám stačí např. i obyčejný stavební deník nebo obyčejný oběma smluvními stranami schválený sešit či samostatný protokol.

V tomto lhůtníku jsou uváděny limitní termíny pro dokončení např. hrubé spodní stavby, zastřešení apod. Lhůty jsou stanoveny opravdu velmi hrubě absolutním vyjádření (pomocí kalendářních dní) nebo v relativním vyjádření (počtem časových jednotek od zahájení stavby nebo od konkrétní technologické etapy) a obvykle nebývají výpočtově podloženy. Lhůty po odsouhlasení smluvními stranami se však stávají závaznými a lze po jejich nesplnění uplatnit sankční opatření.

### 7.2 Řádkový harmonogram

Jedná se o nejjednodušší a nejčastěji používaný výpočtový model pro stanovení průběhu celé stavby nebo pouze dílčích objektů resp. technologických etap.



Obecně se u každého časového výpočtového modelu stanoví lhůty pomocí vzorce



$$T = Q / V$$

kde je

T      doba trvání uvažovaného procesu



Řádkový harmonogram je vhodný pro svoji přehlednost a jednoduchost na zpracování a je velmi dobrý k pochopení průběhu výstavby. Zpracovává se nejčastěji ve fázi přípravné (předvýrobní a výrobní přípravy).

Řádkový harmonogram není vhodný pro fázi realizační (provozní příprava) pro svoji složitou aktualizovatelnost (chybí zde jednotlivé vazby mezi činnostmi) a v případě, že potřebujeme znázornit změny, které se promítly ve výstavbě, musíme přistoupit ke značně složitým úpravám nebo rovnou k vytvoření nové alternativy harmonogramu.

### 7.3 Časoprostorové grafy

Časoprostorové grafy se využívají pro systém časového plánování v návaznosti na prostorovou strukturu.



Principem tohoto typu časového plánování je graf, ve kterém je na horizontální ose časová jednotka a na vertikální ose je nejčastěji prostorová jednotka nebo méně často finanční jednotka.

Rozlišujeme tři základní metody stavění:

- **Postupná metoda** – jejímž principem je nasazení dílčích proudů (čet) na dalším prostorovém celku (záběru – m) až po dokončení prací celého komplexního proudu na předchozím prostorovém celku (záběru). Výhoda je technologická a věcná jednoduchost, plynulost, nevýhodou je nerovnoměrné nasazení zdrojů a značná doba trvání komplexního proudu.

Doba trvání je tak dána vzorcem

$$T = k \cdot m \cdot n$$



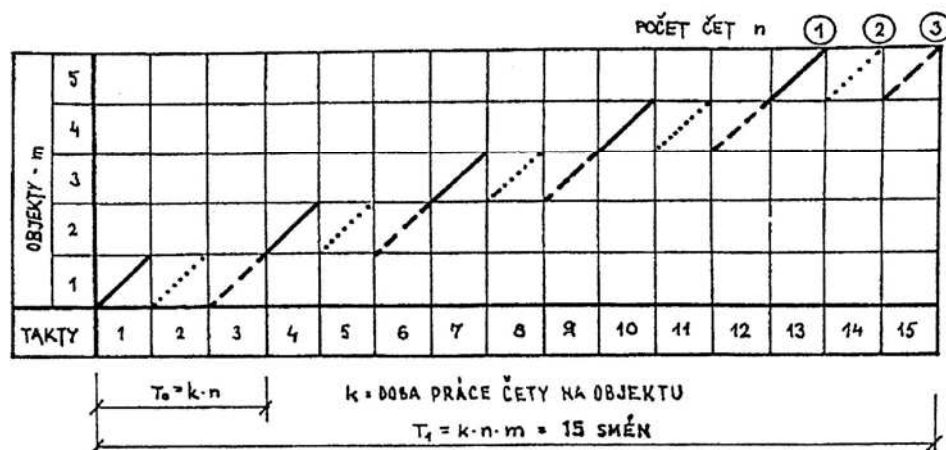
kde je

T doba trvání práce komplexního proudu

k takt neboli doba trvání práce na určitém záběru

m počet prostorových dílčích jednotek (záběrů – např. podlaží apod.)

n počet dílčích proudů (čet, pracovních kolektivů).



Obr. 7.2 Postupná metoda



- **Souběžná metoda** – jejíž principem je nasazení všech uvažovaných dílčích proudů (čet) na všech prostorových celcích (záběrech – m) současně. Výhoda je nejkratší čas dokončení komplexního proudu, nevýhoda je vysoká kumulace zdrojů v čase.

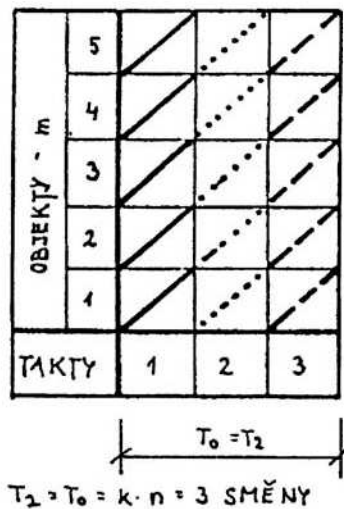
Doba trvání je tak dána vzorcem



$$T = k \cdot n$$

kde je

- T doba trvání práce komplexního proudu
- k takt neboli doba trvání práce na určitém záběru
- n počet dílčích proudů (čet, pracovních kolektivů).



Obr. 7.3 Metoda souběžná



- **Proudová metoda** – jejímž principem je nasazení dílčího proudu (čety) na dalším prostorovém celku (záběru – m) ihned po dokončení prací tohoto dílčího proudu na předchozím prostorovém celku (záběru). Výhoda je technologická a věcná jednoduchost, plynulost, rovnoměrnost nasazení zdrojů, nevýhoda je věcná a technologická nutnost přípravy jednotlivých záběrů (stejně prvky práce, rozčlenění na díleč samostatné záběry, návaznost prací apod.).

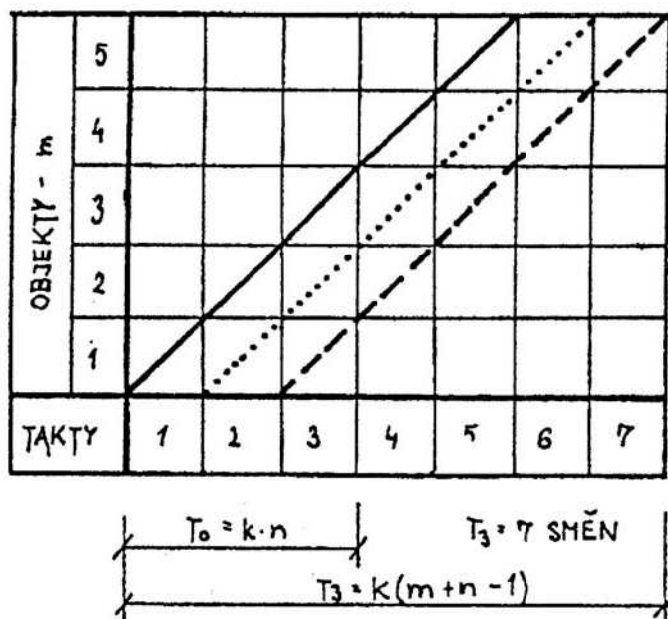
Doba trvání je tak dána vzorcem



$$T = k \cdot (m + n - 1)$$

kde je

- T doba trvání práce komplexního proudu
- k takt neboli doba trvání práce na určitém záběru
- m počet prostorových dílčích jednotek (záběrů – např. podlaží apod.)
- n počet dílčích proudů (čet, pracovních kolektivů).



Obr. 7.4 Metoda proudová

V praxi se všechny tři výše uvedené metody kombinují a záleží pouze na smluvním vztahu a na konkrétních časových, finančních a věcných možnostech dané akce, ke které metodě bude zhotovitel více inklinovat.



V knize jsou uvedeny příklady jednotlivých dílčích metod nasazení s potřebnými ukázkami.

Rád bych, abyste si vy, studenti uvědomili, že metoda časoprostorová, i když se zdá na první pohled složitá, má své důležité a opodstatněné místo v systému časového plánování, především pro liniové stavby nebo stavby s opakujícími se záběry. Je to metoda, ve které graficky a matematicky můžeme modelovat možné rizika při kolizi jednotlivých dílčích proudů nasazených do výstavby. V zásadě jde o to, abychom zabránili problému, že se v daném prostoru budou pohybovat čety, které by si vzájemně překážely prostorově nebo časově.

Existují eliminační metody, jak výše uvedenému jevu zabránit. Principy těchto „vyvažovacích“ metod spočívají obvykle ve zrychlení nebo naopak zpomalení dílčích kolidujících proudů nebo jejich prostorovým odsunutím či přiblížením. Zrychlení nebo zpomalení se děje v zásadě zvýšením produktivity nebo jejím snížením, při zachování konstantní produkce. Tuto úpravu, které docílujeme posílením nebo oslabením počtu pracovníků, strojů, zavedením technologicky produktivnějších metod atd., zavedením delších směn, zavedením násobných směn, využitím dnů pracovního klidu k vlastní práci, rozčleněním jednoho dílčího proudu na více proudů apod.

Tyto metody jsou dobře popsány a zobrazeny v knize na str. 182 – 204 nebo ve skriptech Ing. Pavla Hlouška, CSc. Příprava a realizace staveb na str. 86 – 97.

## 7.4 Síťové grafy



Metoda časového plánování pomocí síťových grafů je metodou výpočtově nejnáročnější, logicky nejsložitější, ale principiálně nejefektivnější a s touto metodou se velmi dobře pracuje v operativním způsobu řízení tedy při vlastní realizaci staveb.

Síťové grafy rozlišujeme na:

- stochastické, princip výpočtu je dán statistickými metodami kombinací nejprůzračnějších, nejhorších a očekávaných časů trvání

$$t = (a + 4 \cdot m + b) / 6$$

kde znamená

- t očekávanou dobu trvání činnosti
- a optimisticky nejkratší čas trvání činnosti
- m nejpravděpodobnější čas trvání činnosti
- b pesimisticky nejdelší čas trvání činnosti

- deterministické, kde je doba stanovena matematicky a dále je dělíme na hranově a uzlově definované síťové grafy.

Názvosloví síťových grafů je dáno normou ČSN 010111 „Názvosloví metod síťové analýzy“. Z hlediska teorie pro výpočet síťových grafů platí, že každý síťový graf musí být:

- konečný (musí mít konečný počet hran a uzlů)
- souvislý (nesmí být nikdy logicky přerušeno)
- orientovaný (graf musí mít směr toku činností)
- hranově nebo uzlově ohodnocený (musí mu být přiřazeny alespoň obecné hodnoty)
- musí mít jen jeden začátek a jen jeden konec.

Dále se v tomto průvodci budeme zabývat metodou deterministickou, metodou kritické cesty CPM.

Každý síťový graf se skládá ze spojnic uzlů a hran, které tvoří logickou pospolitost a vytváří tak naši topologii neboli vzájemný vztah.

### 7.4.1 Síťový graf hranově definovaný



V tomto typu síťového grafu (SG) platí, že činnosti jsou dynamického charakteru a jsou vyjádřeny hranami a počátky těchto stavů jsou vyjádřeny uzly a mají statický charakter.

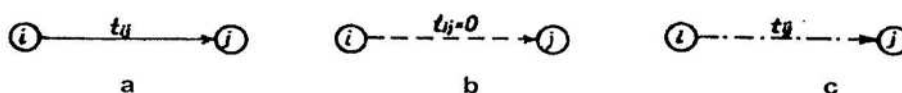
Doba trvání jednotlivých činností je dána ohodnocením jednotlivých hran a metoda výpočtu celého projektu se děje na třech základních principech:

- sestavení topologie SG a jeho logických úprav
- výpočtem metodou vpřed, kde počítáme s nejdříve možnými termíny, které mohou nastat pro plnění dané činnosti (v případě, že do uzlu vstupuje více činností, bere se za relevantní ta činnost, která do něj vstupuje nejpozději)
- výpočtem metodou vzad, kde počítáme s nejpozději přípustnými termíny, které musí nastat, aby se daná činnost dala ještě realizovat a přitom se neporušila časová hodnota celého projektu.

U síťového grafu hranově definovaného rozlišujeme tři druhy činností:



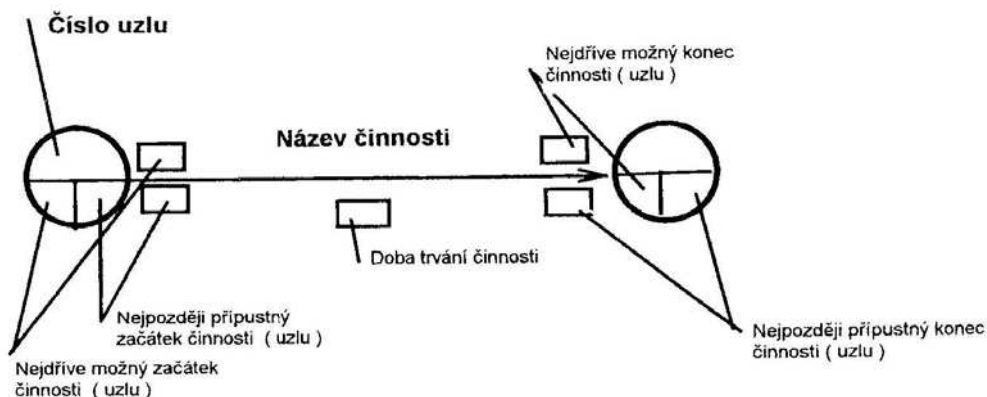
- reálná, která klade nároky na zdroje a čas – uvedená činnost se zde prostě realizuje, značíme ji plně
- fiktivní, neklade nároky na zdroje a čas – pouze znázorňuje vzájemný vztah a závislost vazeb, značíme ji čárkovaně
- distanční, neklade nároky na zdroje, ale trvá zde čas – mluvíme tak o tzv. technologické přestávce, čili zdůrazňuje, že vzájemný vztah vazeb je závislý na čekání, značíme ji čerchovaně.



Obr. 7.5 Druhy vazeb u hranově definovaného SG

Znázornění síťového grafu hranově definovaného je dáno následujícím obrázkem, kde si musíme uvědomit, co znamenají časy nejdříve možné a nejpozději přípustné.

- ◊ nejdříve možný začátek činnosti ZM označuje časový okamžik, kdy se daná činnost může nejdříve začít
- ◊ nejdříve možný konec činnosti KM označuje časový okamžik, kdy se daná činnost může nejdříve ukončit
- ◊ nejdříve přípustný začátek činnosti ZP označuje časový okamžik, kdy daná činnost musí nejpozději začít
- ◊ nejdříve přípustný konec činnosti KP označuje časový okamžik, kdy daná činnost musí nejpozději skončit.



Obr. 7.6 Grafické značení hranově definovaného SG



Znázornění několika vztahů mezi řádkovým harmonogramem a síťovým grafem hranově definovaný je uvedeno níže.

Číslo	Popis příkladu	Zápis činnosti v harmonogramu	Zápis činnosti v síťovém grafu	Poznámka
1.	Činnost „a“.			Uzel 1 je začátkem a uzel 2 koncem činnosti a.
2.	Dvě činnosti „a“ a „b“. Činnost „b“ lze začít po ukončení činnosti „a“.			
3.	Dvě činnosti „a“ a „b“ o stejné době trvání, které mají začít i skončit současně.		  	Použití způsobu I nebo II závisí na činnostech začínajících a končících ve znázorněných uzlech. Použití způsobu III je nepřipustné - Vzniká multigraf.
4.	Dvě činnosti „a“ a „b“ nekonečící současně; činnost „b“ lze začít po splnění určité části činnosti „a“.			Nový uzel 31 dělí činnost „a“ na dvě etapy.
5.	Tři činnosti „a“, „b“ a „c“. Činnosti „b“ a „c“ mohou začít po skončení činnosti „a“.		 	Zápis II používáme, chceme-li všechny činnosti ponechat mezi činnostmi základními. Zápis III používáme, chceme-li činnost „c“ zahrnout do jiné skupiny prací

Obr. 7.7 Zobrazení návaznosti hranově definovaného SG a harmonogramu

V síťovém grafu hranově definovaném se nesmí vyskytovat tzv. multigraf (případ, kdy jsou dva uzly spojeny více jak jednou hranou), cyklus (cesta, která začíná a končí ve stejném uzlu) a smyčka (činnost, která začíná a končí v témže uzlu).



V síťových grafech vznikají rovněž tzv. rezervy, tj. časové okamžiky, které jsou dány možnými prodlevami na časových vazbách.

Rozlišujeme časové rezervy volné, vázané, závislé a nezávislé. Více o této složitější problematice pojednává příslušná literatura.

### 7.4.2 Síťový graf uzlově definovaný

Je to modifikace síťového grafu (SG) předchozí podkapitoly. Zde má dynamický charakter uzel neboť v něm je definovaná činnost. Spojnice uzlů v tomto případě je pouze logické spojení daných činností.



Výhoda uzlově definovaného síťového grafu je možnost volby několika časových vazeb, které nám hranově definovaný SG nenabízí.

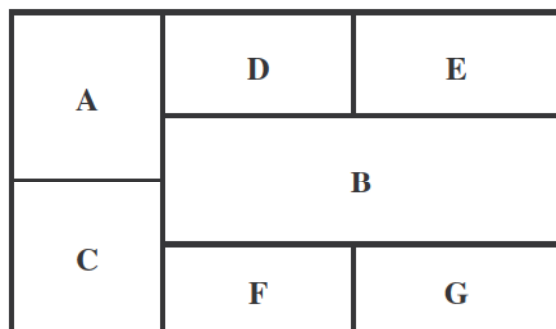
Rozlišujeme tyto základní druhy časových vazeb u uzlově definovaného síťového grafu:

- ◊ začátek – začátek, dvě činnosti, které jsou podmíněny shodnými začátky
- ◊ konec – začátek, dvě činnosti, z nichž začátek jedné je podmíněn koncem předchozí
- ◊ konec – konec, dvě činnosti, které jsou podmíněny shodným ukončením
- ◊ začátek – konec, dvě činnosti, z nichž druhá končí v počátku předchozí, tzv. zpětná vazba.

Na následujícím obrázku je vidět grafická úprava uzlově definovaného síťového grafu kde značí:



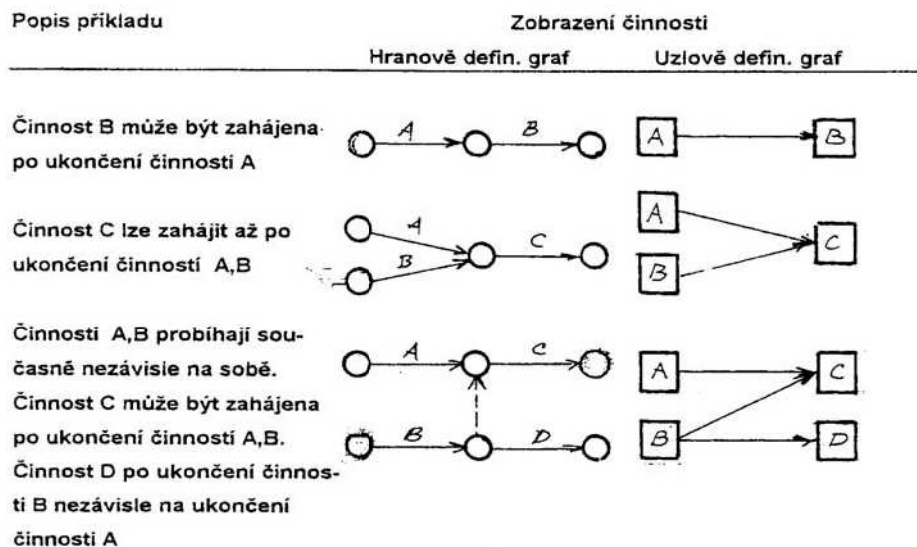
- A číslo uzlu
- B název činnosti
- C doba trvání činnosti
- D nejdříve možný začátek
- E nejdříve možný konec
- F nejpozději přípustný začátek
- G nejpozději přípustný konec.



Obr. 7.8 Grafické schéma uzlově definovaného SG

Vzájemný vztah činností hranově a uzlově definovaného síťového grafu je dán následujícím obrázkem.





Obr. 7.9 Grafické schéma znázornění vazeb u hranově a uzlově definovaného SG



Závěrem této kapitoly bych chtěl poznamenat, že v tomto průvodci jsem uvedl pouze základní výpočtové metody a jejich jednoduché základní představení. Metod používaných u nás i ve světě je daleko více a jsou více či méně spolehlivé a přesné. Pokud byste cítili potřebu se zdokonalit v této části stavebně technologického projektování a modelace, je vhodné použít k časovým výpočtům počítačovou techniku a také příslušné softwarové nástroje. Jejich přehledné zhodnocení poskytuje kniha, pro kterou je průvodce sestaven, na str. 231 – 281. Rovněž tak vám bude při vašich potřebách dozvědět se něco více nápomocen každý pedagog na příslušném ústavu.