

# 4EK212 - Kvantitativní management

## 7.Řízení projektů

## 6.5 Řízení projektů

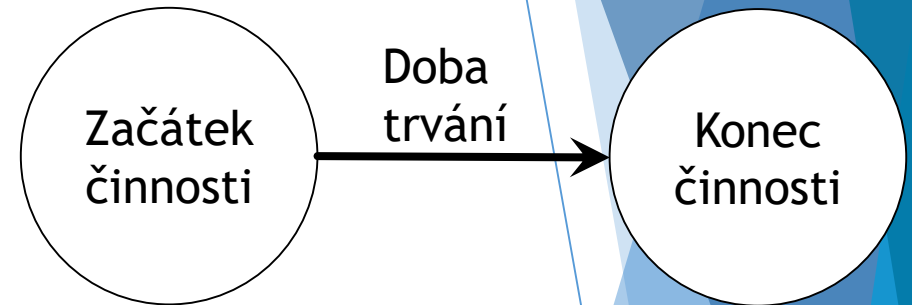
- ▶ Typická aplikace teorie grafů
- ▶ Projekt = soubor činností
- ▶ Příklady:
  - ▶ Vývoj a uvedení nového výrobku
  - ▶ Výstavba či rekonstrukce objektu
  - ▶ Plán výrobního procesu (pečení vánočního cukroví)
  - ▶ Plán jakéhokoliv procesu (příprava na zkoušku)

## 6.5 Řízení projektů

- ▶ Činnost
  - ▶ Každá z činností musí být dokončena dříve, než skončí projekt
  - ▶ Může být charakterizována mnoha údaji
    - ▶ **Předpokládaná doba trvání** (min., max., střední, apod.)
    - ▶ Předpokládané náklady na realizaci
    - ▶ Požadavky na realizaci (technické, materiálové, apod.)
    - ▶ **Činnosti, které musí dané činnosti předcházet**

## 6.5.1 Konstrukce síťového grafu

- ▶ Grafické zobrazení projektu = síťový graf
  - ▶ Hrany = činnosti
  - ▶ Uzly = začátek nebo konec činnosti
  - ▶ Ohodnocení = doba trvání činnosti
- ▶ **Sít' = souvislý, orientovaný a nezáporně (hranově či uzlově) ohodnocený graf, který obsahuje dva speciální uzly (vstup a výstup)**
- ▶ Hranově ohodnocený síťový graf



## 6.5.1 Konstrukce síťového grafu

- ▶ Kroky
  - ▶ Rozčlenění projektu na jednotlivé činnosti
  - ▶ Odhad doby trvání jednotlivých činností (náklady)
  - ▶ Definice časových návazností
  - ▶ Konstrukce síťového grafu
  - ▶ Volba metody síťové analýzy

## 6.5.1 Příklad

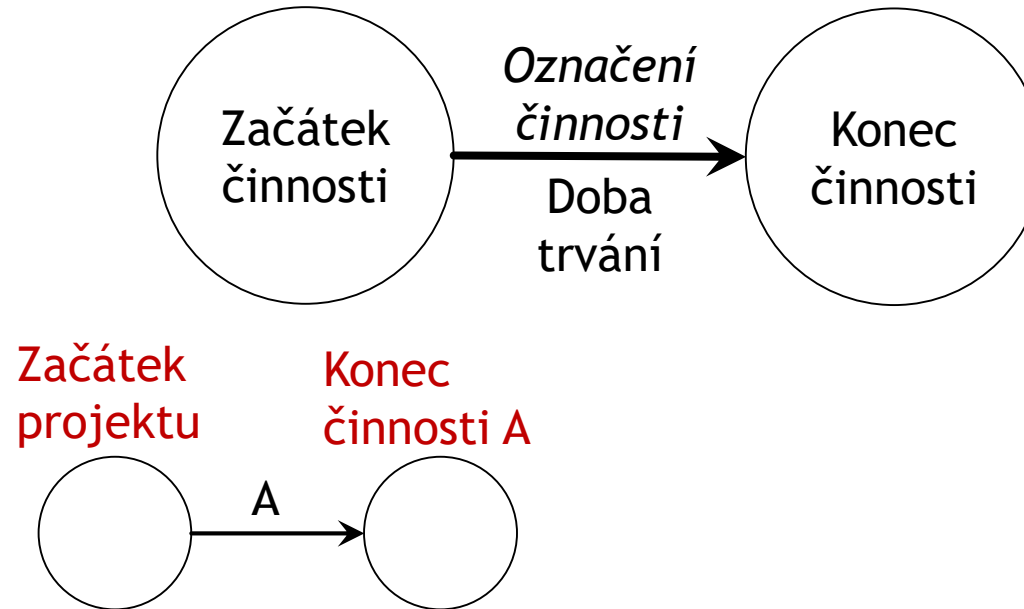
- ▶ **Projekt přípravy na zkoušku z KVAM - kolik zabere času?**
  - ▶ A - půjčím si skripta a slíbím vrácení před zkouškou
  - ▶ B - přečtu si skripta
  - ▶ C - projdu si poznámky z přednášek
  - ▶ D - zkusím vyřešit příklad ze skript
  - ▶ E - vyrobím si tahák (pro jistotu)
  - ▶ F - naučím se látku
  - ▶ G - vrátím skripta
  - ▶ H - přihlásím se za zkoušku v systému

## 6.5.1 Příklad - činnosti

Činnost	Předchůdci	Doba trvání
A Půjčení skript	-	3
B Přechtení skript	A	11
C Poznámky	-	13
D Příklad ze skript	A	5
E Výroba taháku	B,C	4
F Naučení látky	B,C	6
G Vracení skript	F	2
H Přihlášení	D,E,F	1

## 6.5.1 Příklad - konstrukce sítě

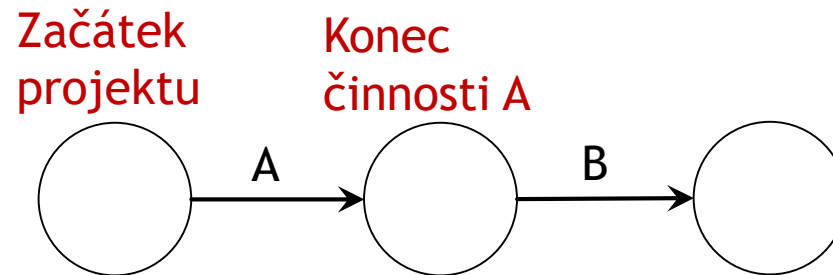
Činnost	Předchůdci
A	-
B	A
C	-
D	A
E	B,C
F	B,C
G	F
H	D,E,F





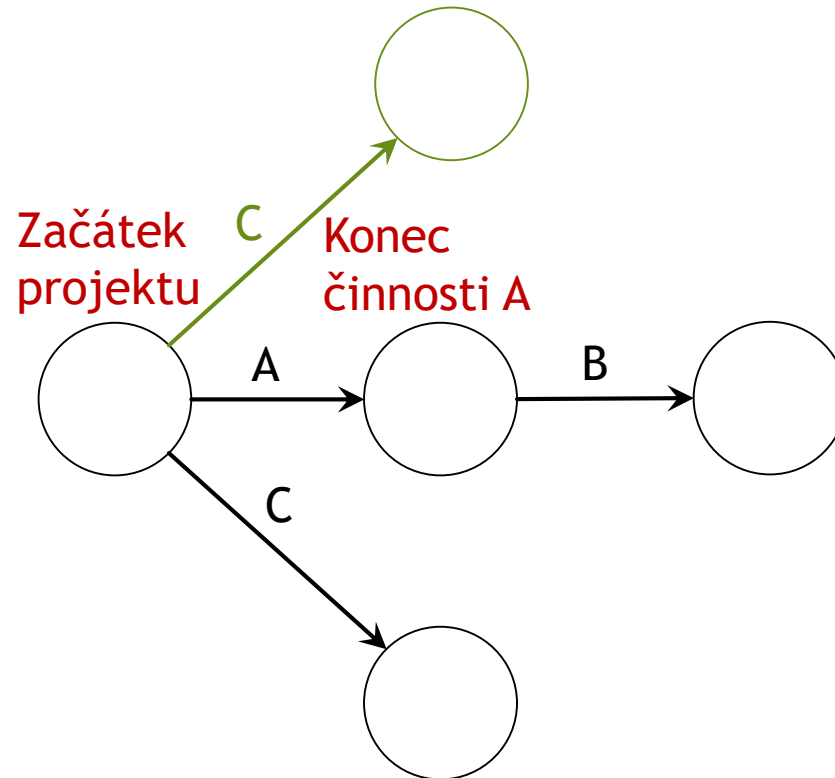
## 6.5.1 Příklad - konstrukce sítě

Činnost	Předchůdci
A	-
B	A
C	-
D	A
E	B,C
F	B,C
G	F
H	D,E,F



## 6.5.1 Příklad - konstrukce sítě

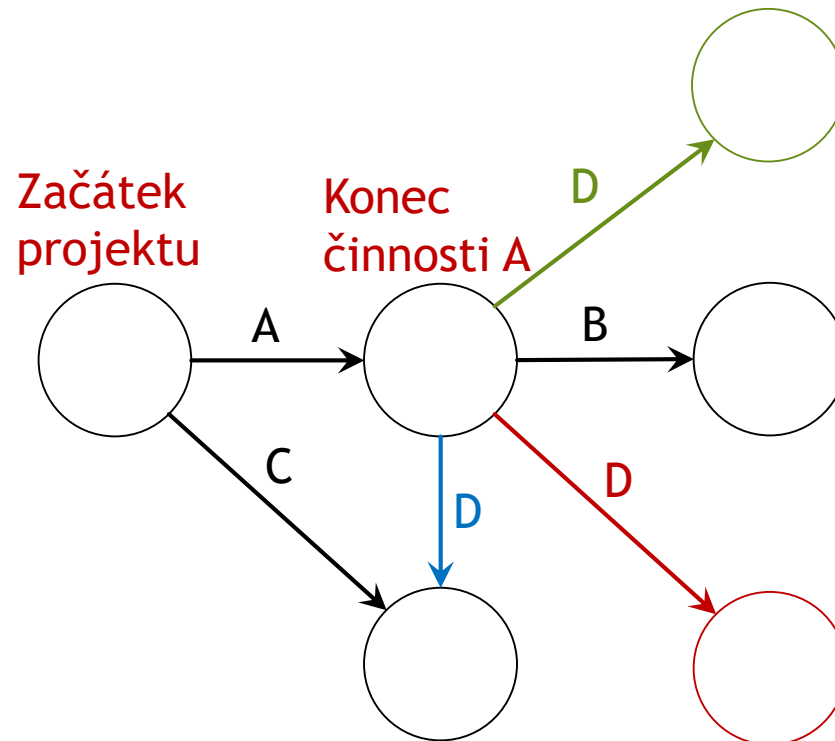
Činnost	Předchůdci
A	-
B	A
C	-
D	A
E	B,C
F	B,C
G	F
H	D,E,F



## 6.5.1 Příklad - kons

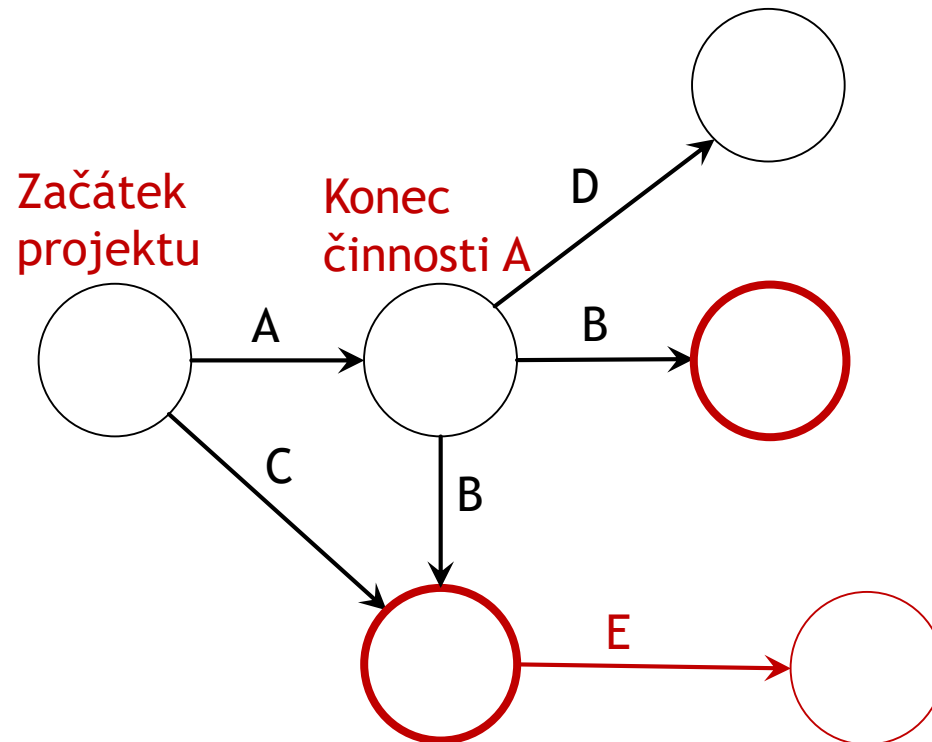
# Druhá možnost

Činnost	Předchůdci
A	-
B	A
C	-
D	A



## 6.5.1 Příklad - konstrukce sítě

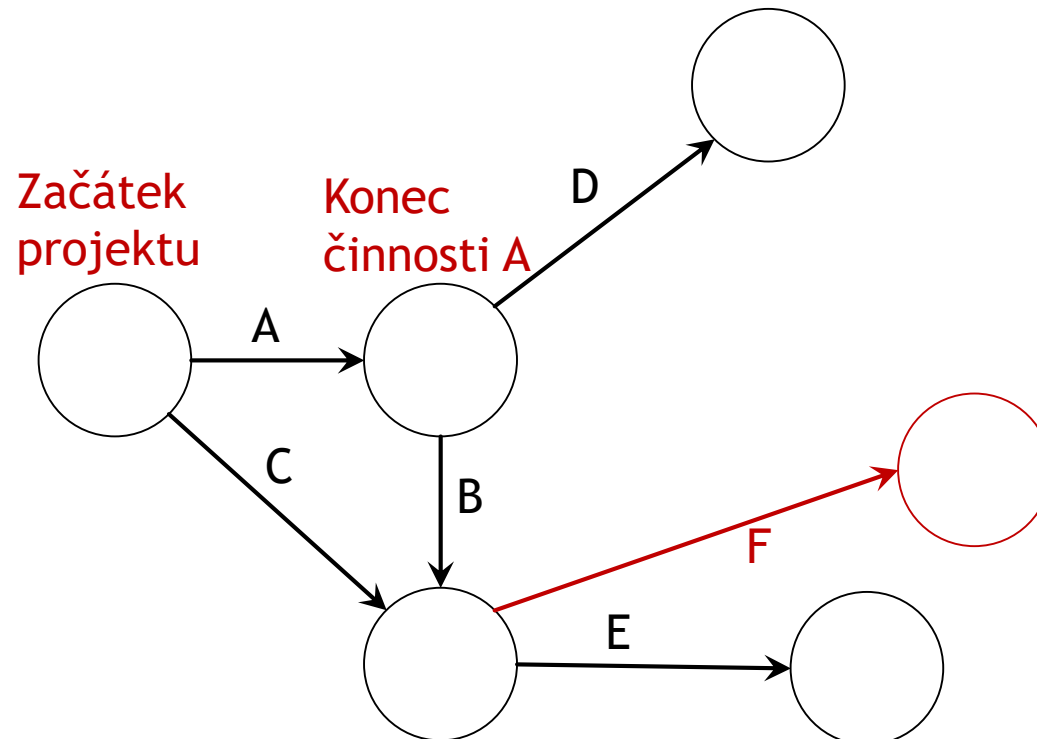
Činnost	Předchůdci
A	-
B	A
C	-
D	A
E	B,C
F	B,C
G	F
H	D,E,F



**Pozor!**  
**Toto**  
**nelze**  
**udělat**  
**vždy.**

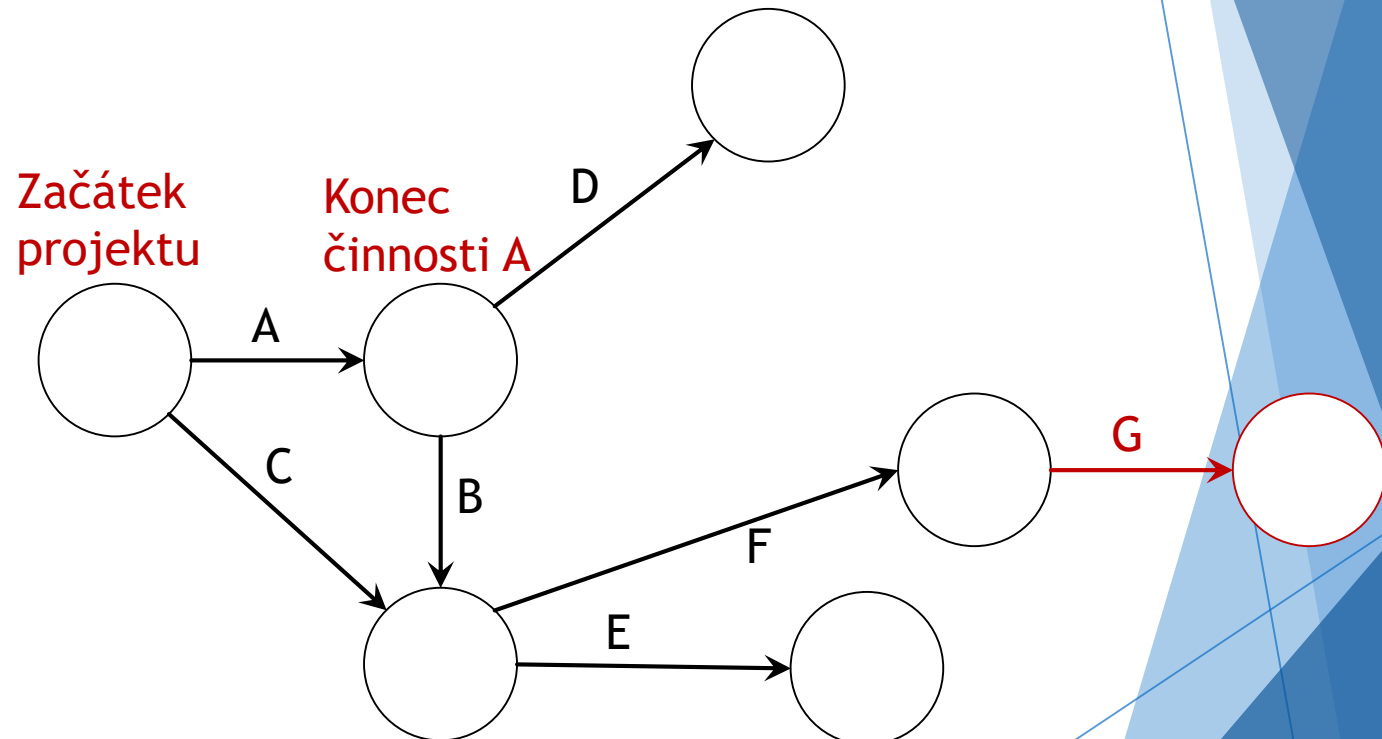
## 6.5.1 Příklad - konstrukce sítě

Činnost	Předchůdci
A	-
B	A
C	-
D	A
E	B,C
F	B,C
G	F
H	D,E,F



## 6.5.1 Příklad - konstrukce sítě

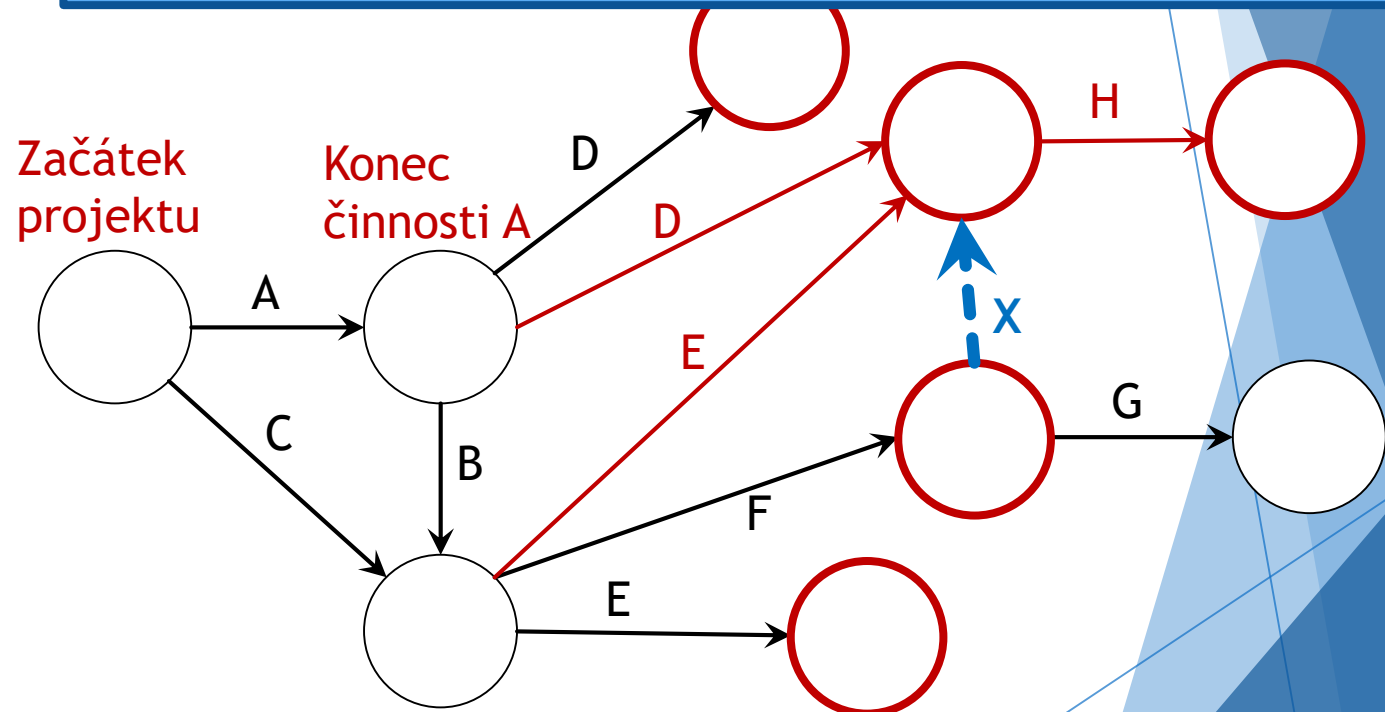
Činnost	Předchůdci
A	-
B	A
C	-
D	A
E	B,C
F	B,C
<b>G</b>	<b>F</b>
H	D,E,F



## 6.5.1 Příklad - konstrukce sítě

# Fiktivní činnost

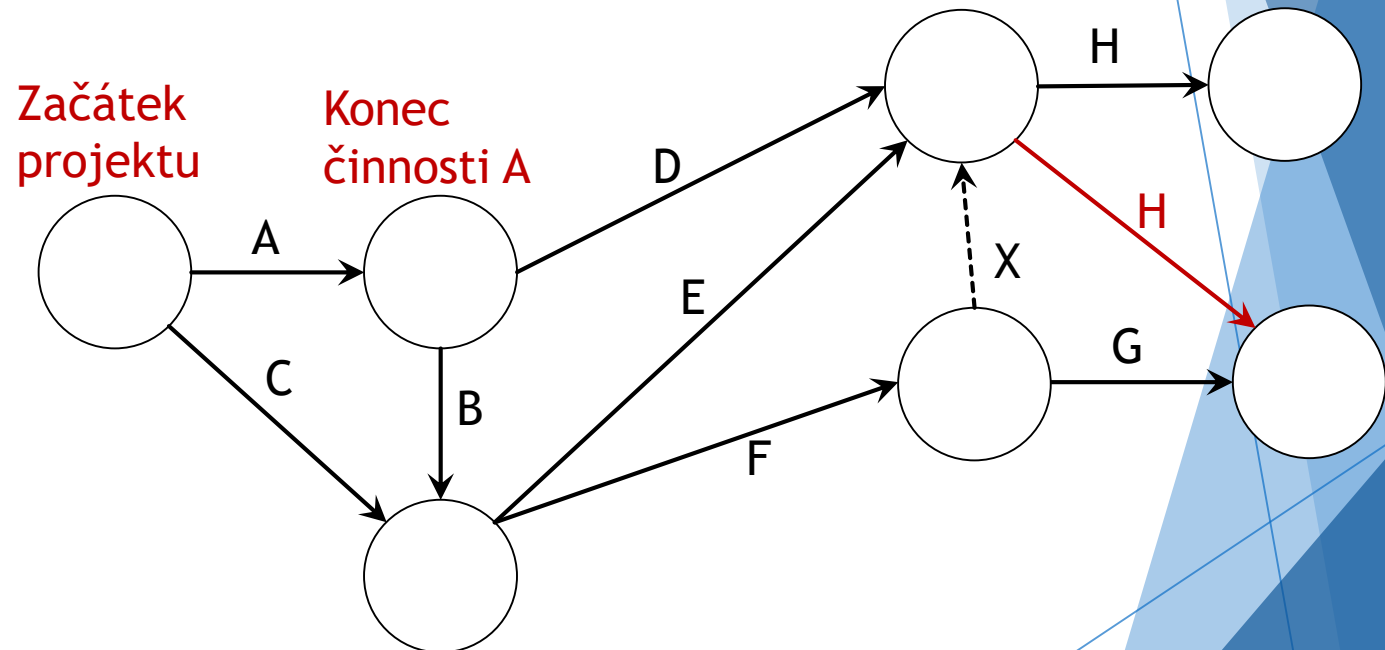
Činnost	Předchůdci
A	-
B	A
C	-
D	A
E	B,C
F	B,C
G	F
H	D,E,F



## 6.5.1 Příklad - ko

# Kde je konec projektu?

Činnost	Předchůdci
A	-
B	A
C	-
D	A
E	B,C
F	B,C
G	F
H	D,E,F

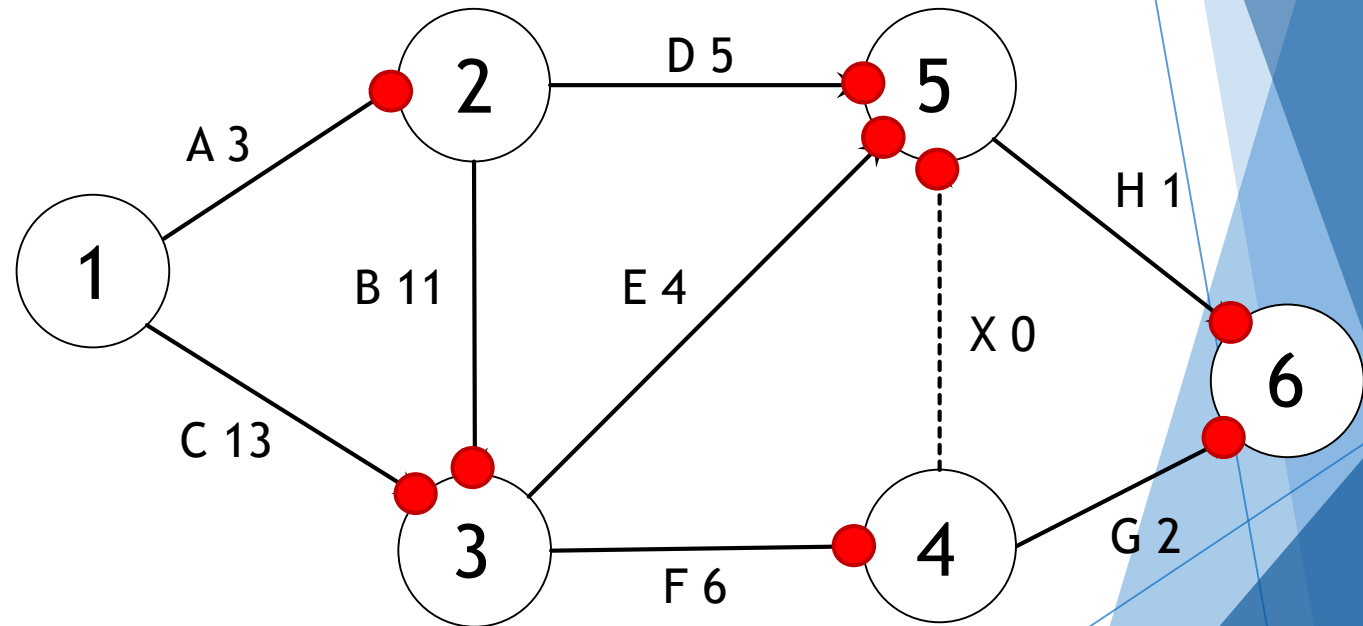




## 6.5.1 Příklad

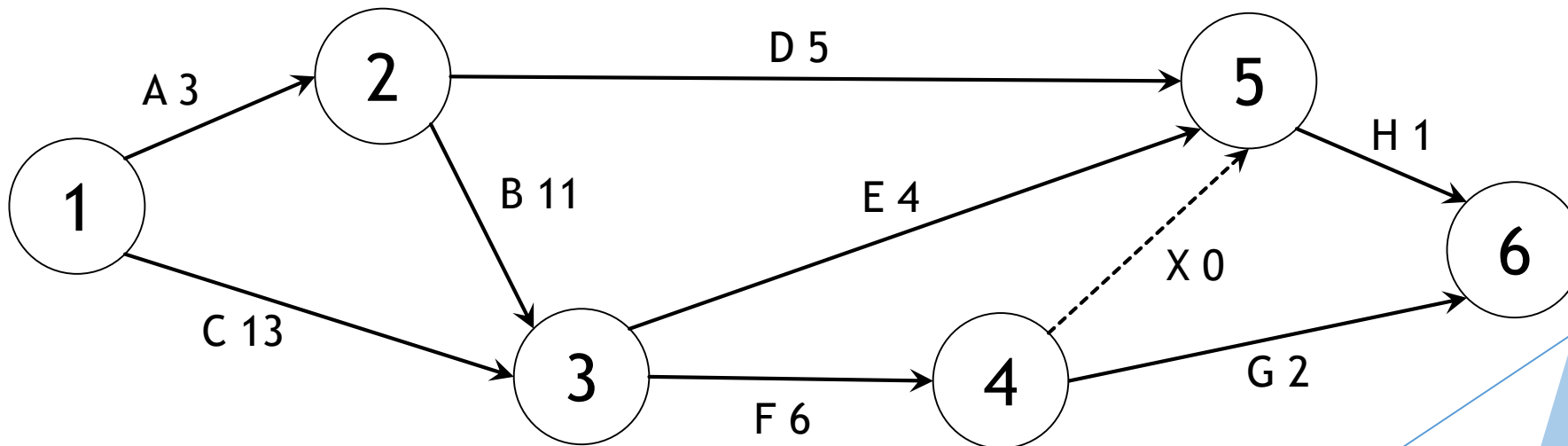
# Topologické uspořádání

Činnost	Předch.	Doba
A	-	3
B	A	11
C	-	13
D	A	5
E	B,C	4
F	B,C	6
G	F	2
H	D,E,F	1



## 6.5.1 Topologické uspořádání grafu

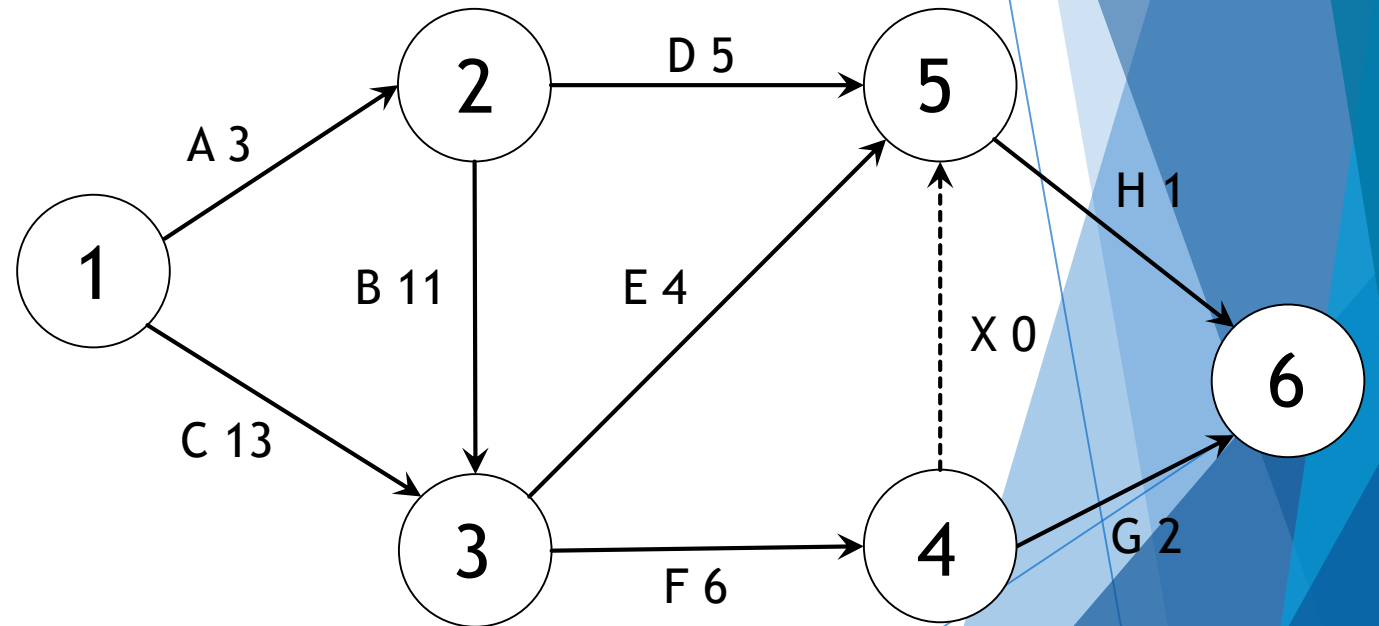
- ▶ Očíslování uzlů grafu tak, aby každá činnost začínající v uzlu s daným indexem končila v uzlu s indexem vyšším
- ▶ Pokud uzly topologicky uspořádáme (zleva):
  - ▶ Každá hrana povede zleva doprava.
  - ▶ Daná činnost bude vždy vykonána až po všech činnostech, na kterých závisí.



## 6.5.1 Příklad -

# Zápis grafu tabulkou

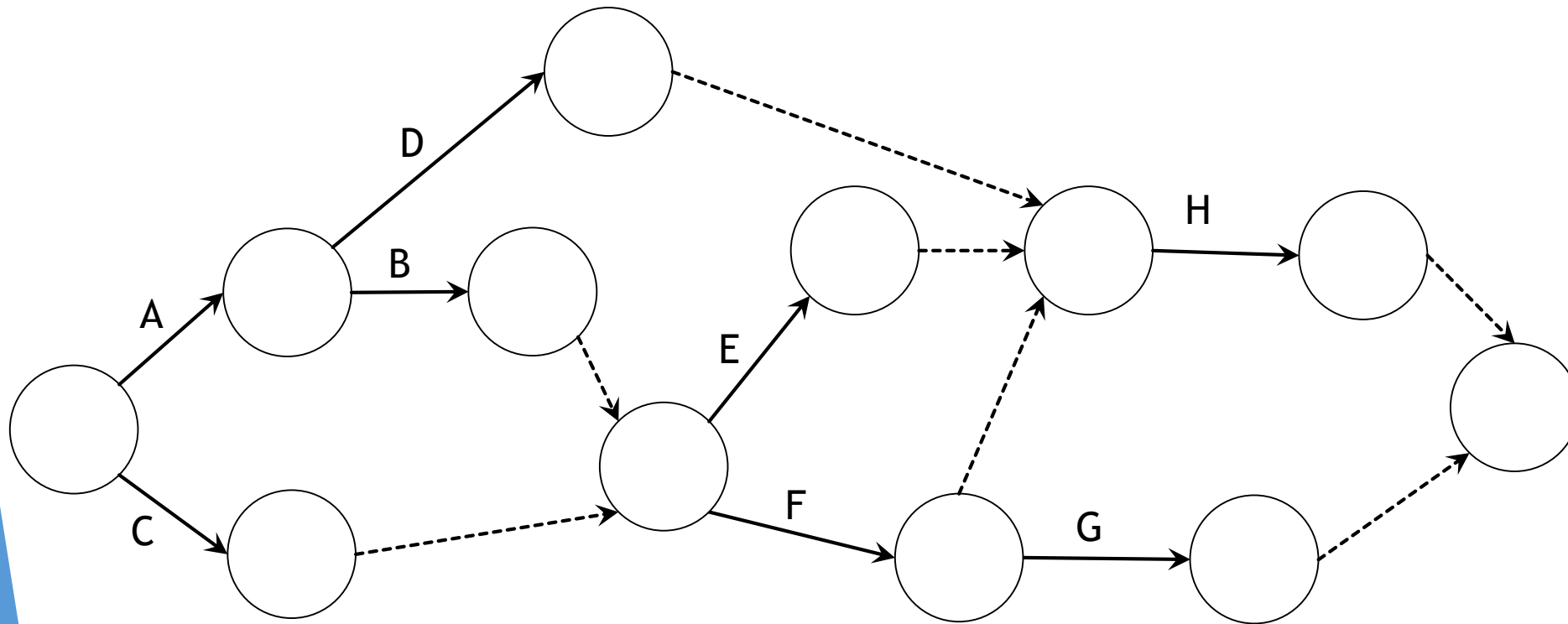
Činnost	Hrana $(i, j)$	Doba
A	1,2	3
B	2,3	11
C	1,3	13
D	2,5	5
E	3,5	4
F	3,4	6
G	4,6	2
H	5,6	1
X	4,5	0



## 6.5.1 Konstrukce síťového grafu - shrnutí

- ▶ Při konstrukci síťového grafu projektu:
  - ▶ Jeden vstupní uzel (počátek projektu)
  - ▶ Správná návaznost činností (fiktivní činnosti)
  - ▶ Pokud možno bez křížení hran
  - ▶ Jeden výstupní uzel (konec projektu)
  - ▶ Ohodnocení činností
  - ▶ Topologické uspořádání (očíslování)

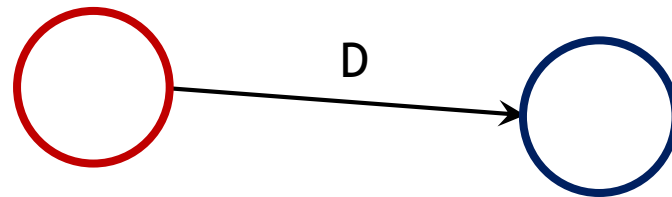
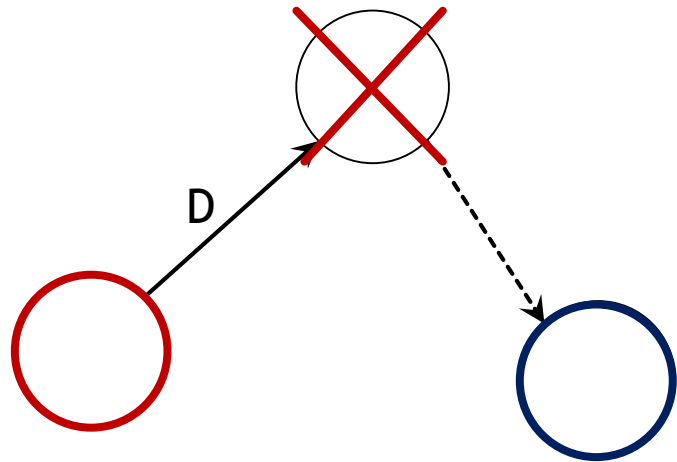
# Jak to nakreslit správně?



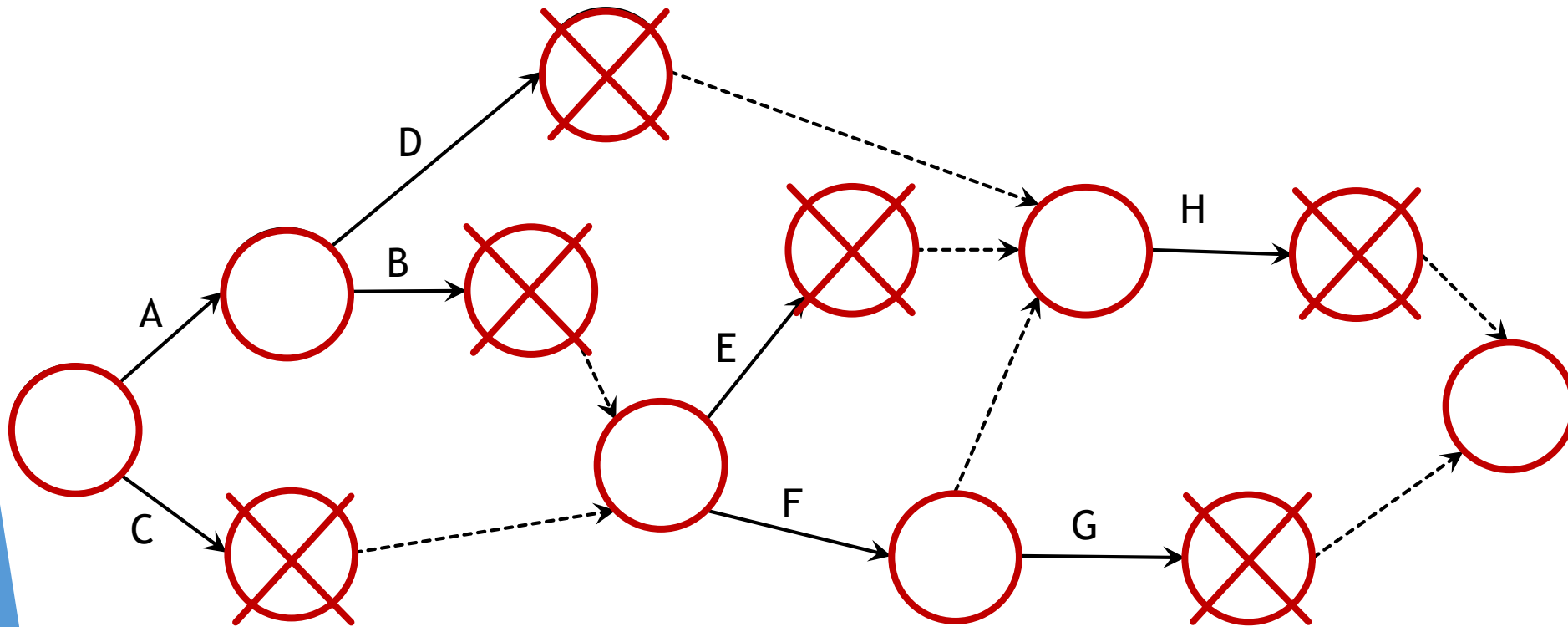
Činnost	Předch.
A	-
B	A
C	-
D	A
E	B,C
F	B,C
G	F
H	D,E,F

# Průběžný uzel:

- Vede do něj jediná činnost
- Vede z něj pouze fiktivní činnost

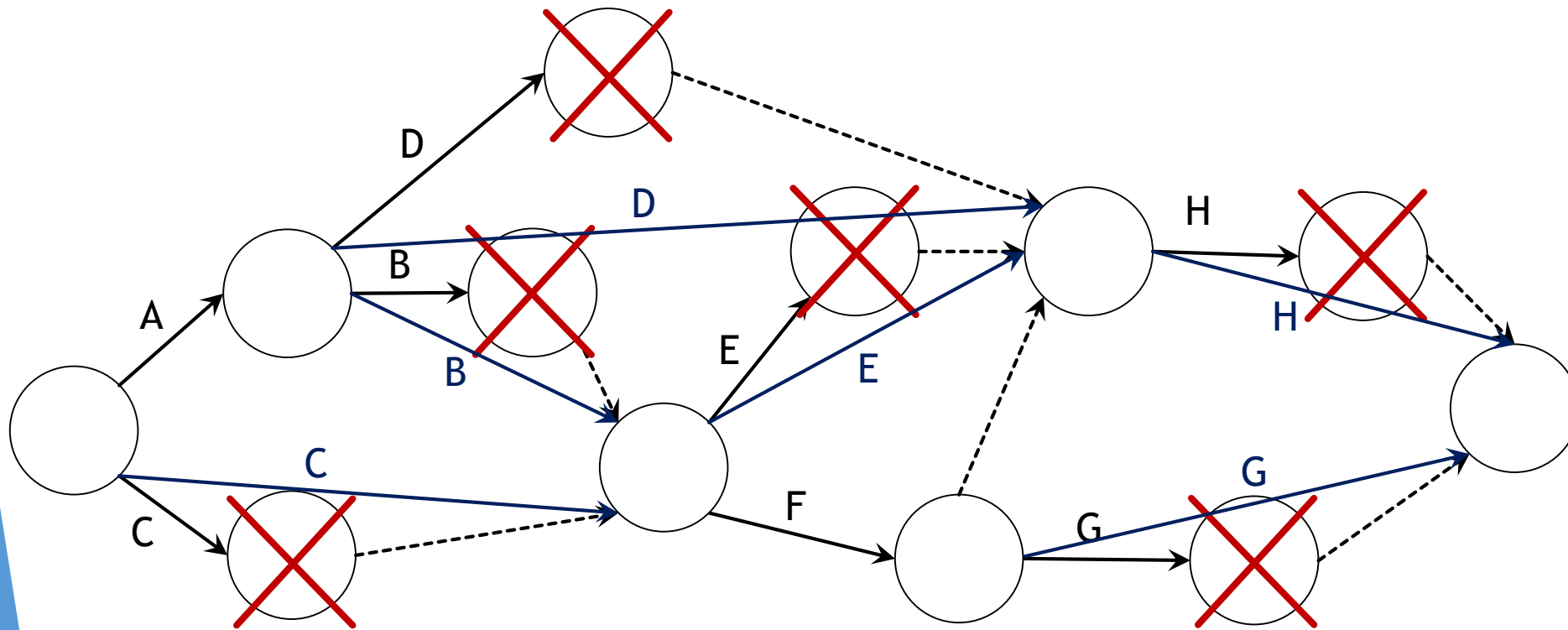


# Označení průběžných uzlů



Činnost	Předch.
A	-
B	A
C	-
D	A
E	B,C
F	B,C
G	F
H	D,E,F

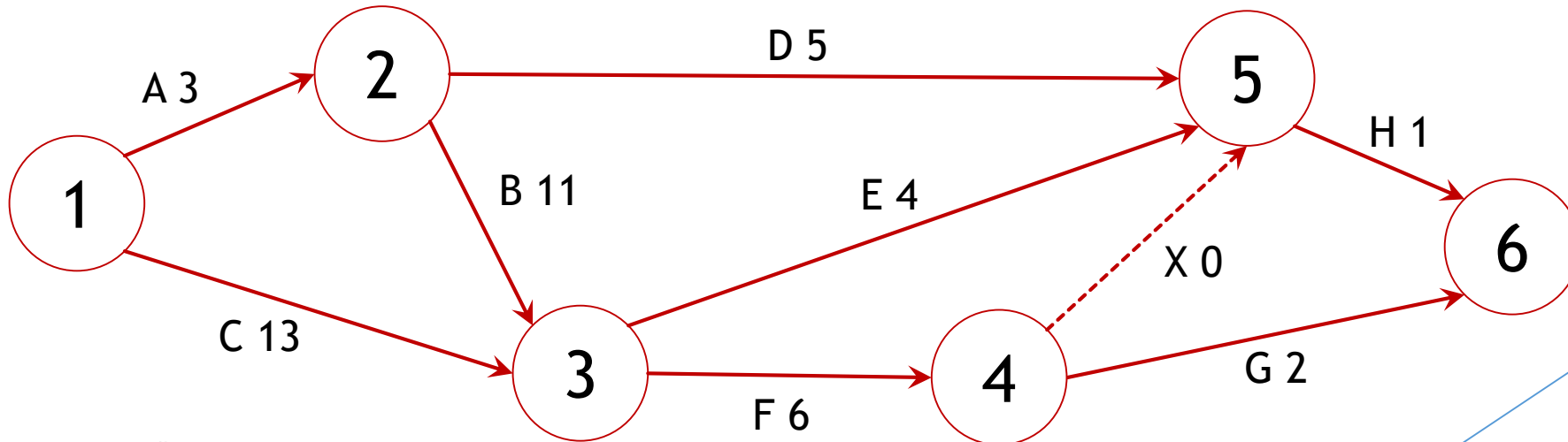
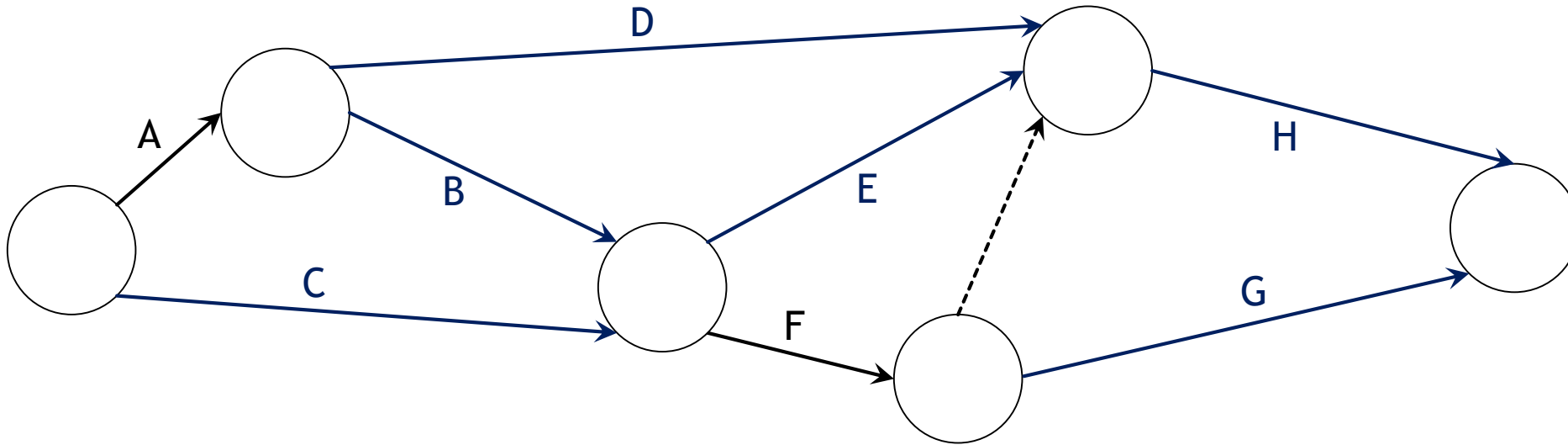
# Odstranění průběžných uzlů



Činnost	Předch.
A	-
B	A
C	-
D	A
E	B,C
F	B,C
G	F
H	D,E,F



# Odstranění průběžných uzlů



Činnost	Předch.
A	-
B	A
C	-
D	A
E	B,C
F	B,C
G	F
H	D,E,F

## 6.5.1 Řízení projektů - síťový graf

Činnost	Předchůdci
A	-
B	-
C	A
D	A
E	B, C
F	B, C
G	D, E

Činnost	Předchůdci
A	-
B	A
C	A
D	B
E	B, C
F	D, E

**Zkuste sami**

## 6.5.2 CPM

- ▶ CPM = Critical Path Method
  - ▶ Metoda kritické cesty
  - ▶ 1957 - Kelly a Walker - výstavba petrochemického komplexu společnosti *duPont*
  - ▶ Časová analýza projektu
  - ▶ Deterministická metoda
    - ▶ Doby trvání činností jsou pevně dané a neměnné



## 6.5.2 CPM

▶ Pravidlo: Činnost ( $h_{ij}$ ) může začít nejdříve tehdy, až skončí všechny předcházející činnosti

▶ Nejdříve možný začátek činnosti

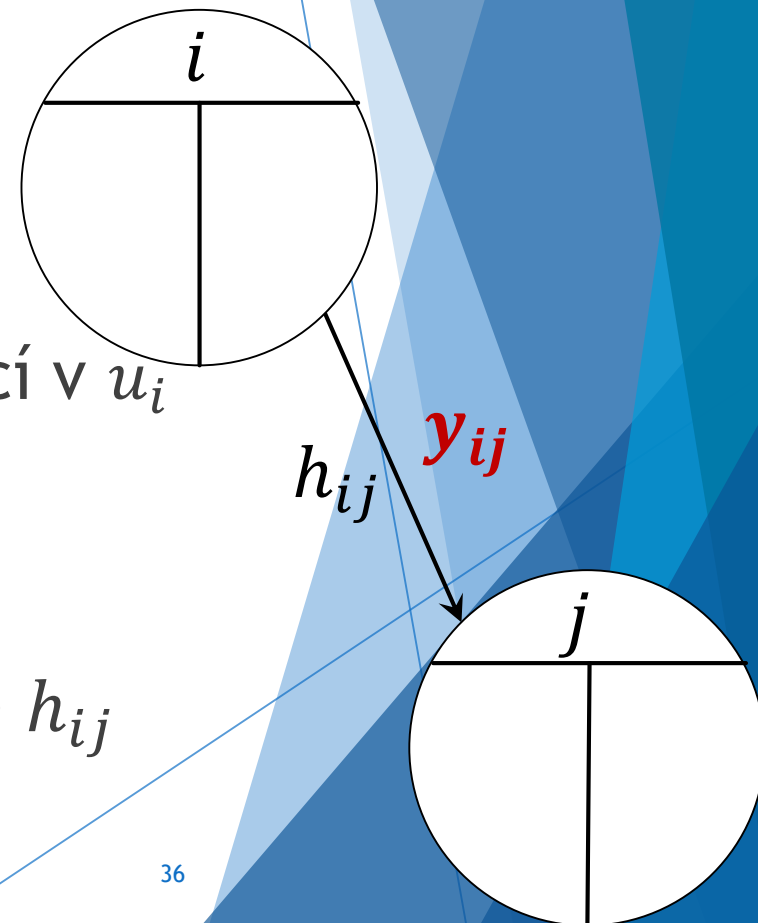
$$z_i = t_i^0$$

▶ Stejná hodnota pro všechny činnosti začínající v  $u_i$

▶ Nejdříve možný konec činnosti

$$z_i + y_{ij} = t_i^0 + y_{ij}$$

▶  $y_{ij}$  je doba trvání činnosti reprezentované  $h_{ij}$



## 6.5.2 CPM

- ▶ Nejpozději přípustný konec činnosti

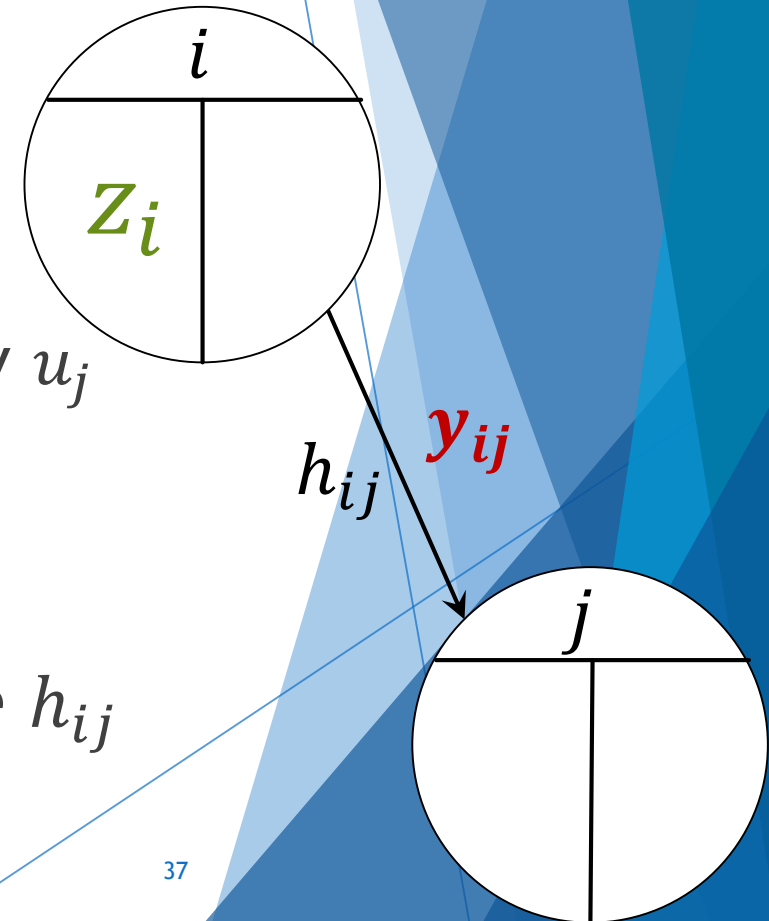
$$k_j = t_j^1$$

- ▶ Kdy nejpozději musí skončit, aby nedošlo ke zpoždění navazujících činností
- ▶ Stejná hodnota pro všechny činnosti končící v  $u_j$

- ▶ Nejpozději přípustný začátek činnosti

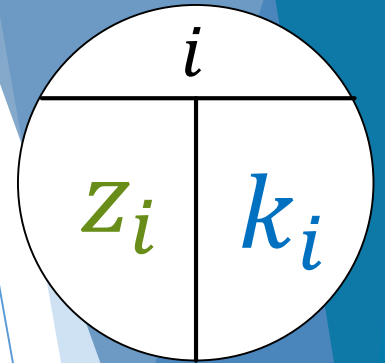
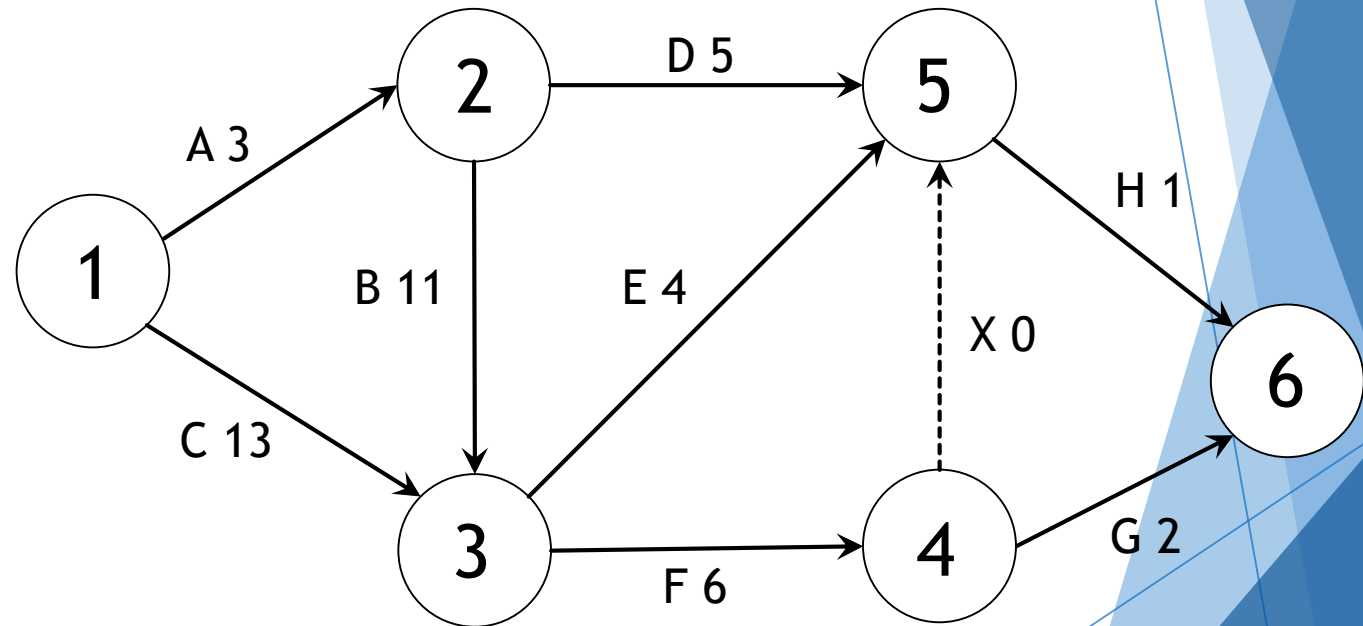
$$k_j - y_{ij} = t_j^1 - y_{ij}$$

- ▶  $y_{ij}$  je doba trvání činnosti reprezentované  $h_{ij}$

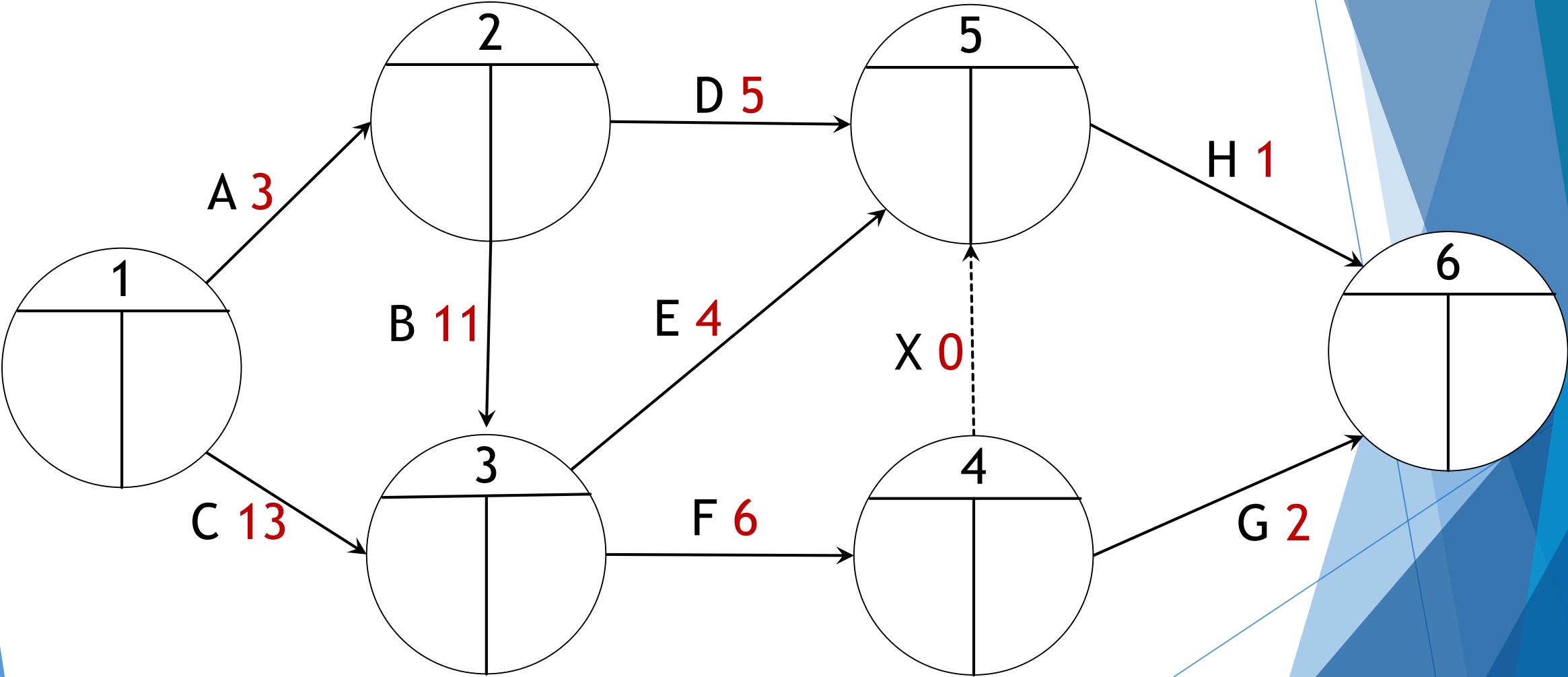


## 6.5.2 Příklad - metoda CPM

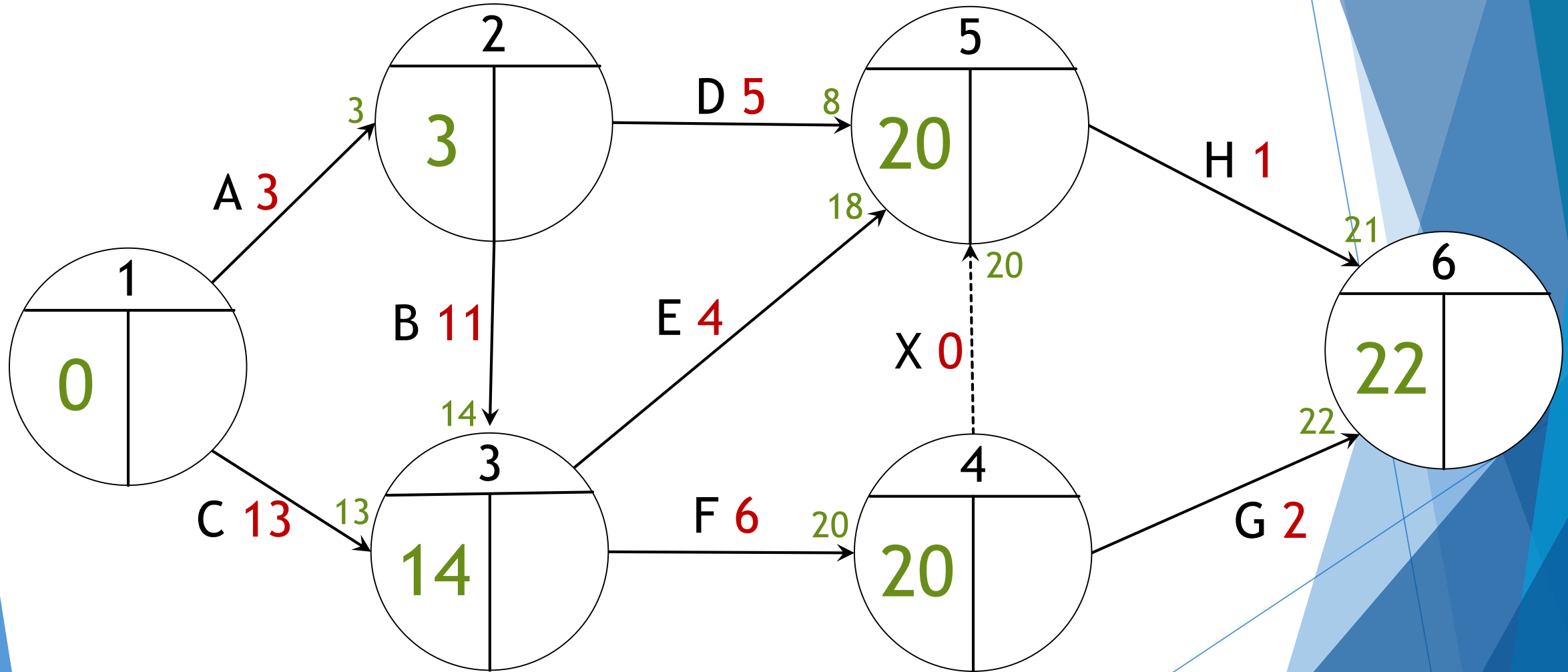
Činnost	Předch.	Doba
A	-	3
B	A	11
C	-	13
D	A	5
E	B,C	4
F	B,C	6
G	F	2
H	D,E,F	1



# 6.5.2 Příklad - CPM - graf



## 6.5.2 Příklad - CPM - výpočet vpřed





## 6.5.2 CPM - výpočet vpřed

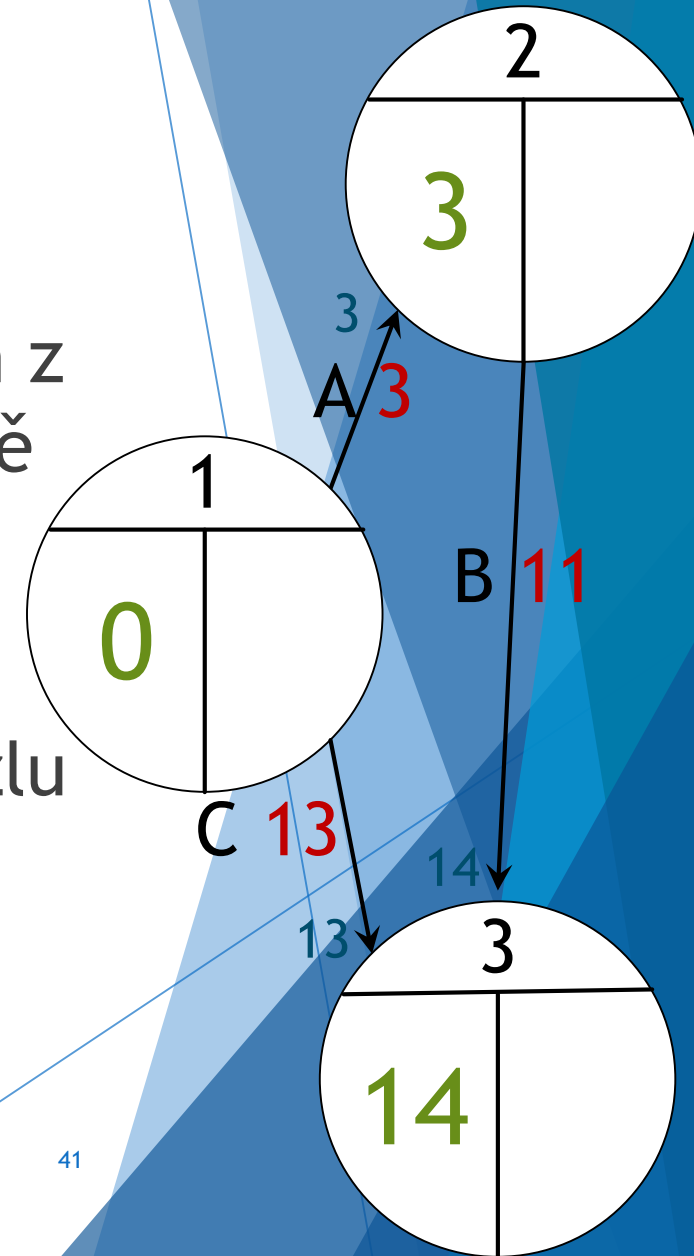
### 1. fáze výpočtu

- ▶ **Nejdříve možný začátek** činností vycházejících z vstupního uzlu  $u_1$  je nastaven na počátek (běžně 0)

$$z_1 = 0, \text{ tj. } t_1^0 = 0$$

- ▶ Nejdříve možný začátek ostatních činností (z uzlu  $u_j$ ) se spočte

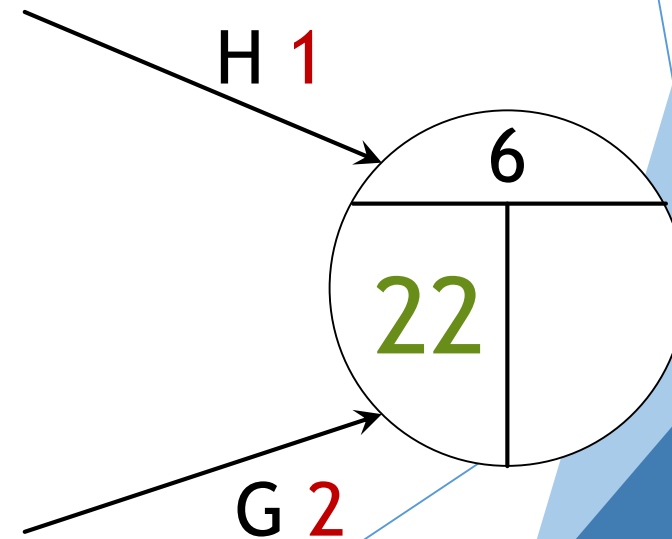
$$z_j = \max_i(z_i + y_{ij}), \text{ tj. } t_j^0 = \max_i(t_i^0 + y_{ij})$$



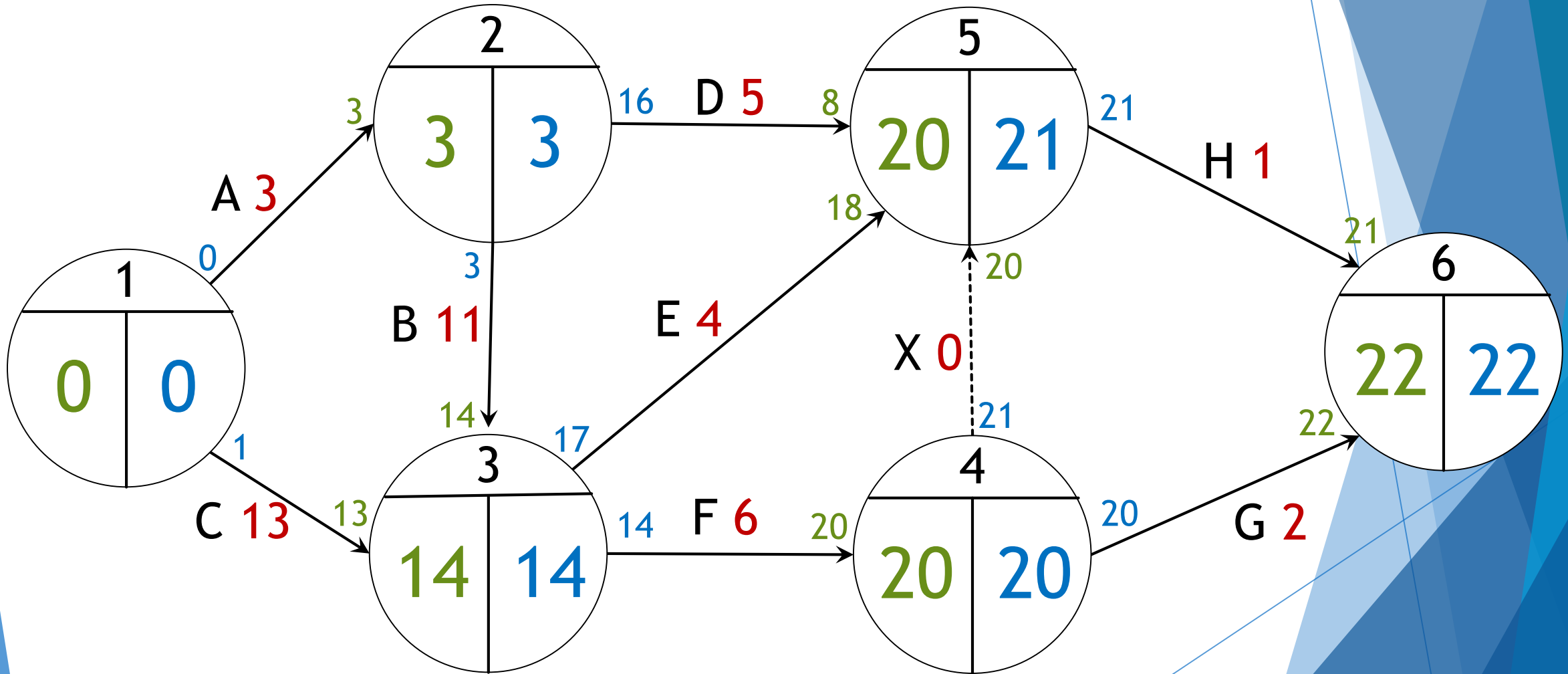
## 6.5.2 CPM - nejkratší doba projektu

- ▶ **Nejkratší doba** realizace projektu ( $T$ ) odpovídá nejdříve možnému konci poslední provedené činnosti
- ▶ Pro topologicky uspořádaný graf s  $n$  uzly tedy

$$T = z_n = t_n^0$$



## 6.5.2 Příklad - CPM - výpočet vzad



## 6.5.2 CPM - výpočet vzad

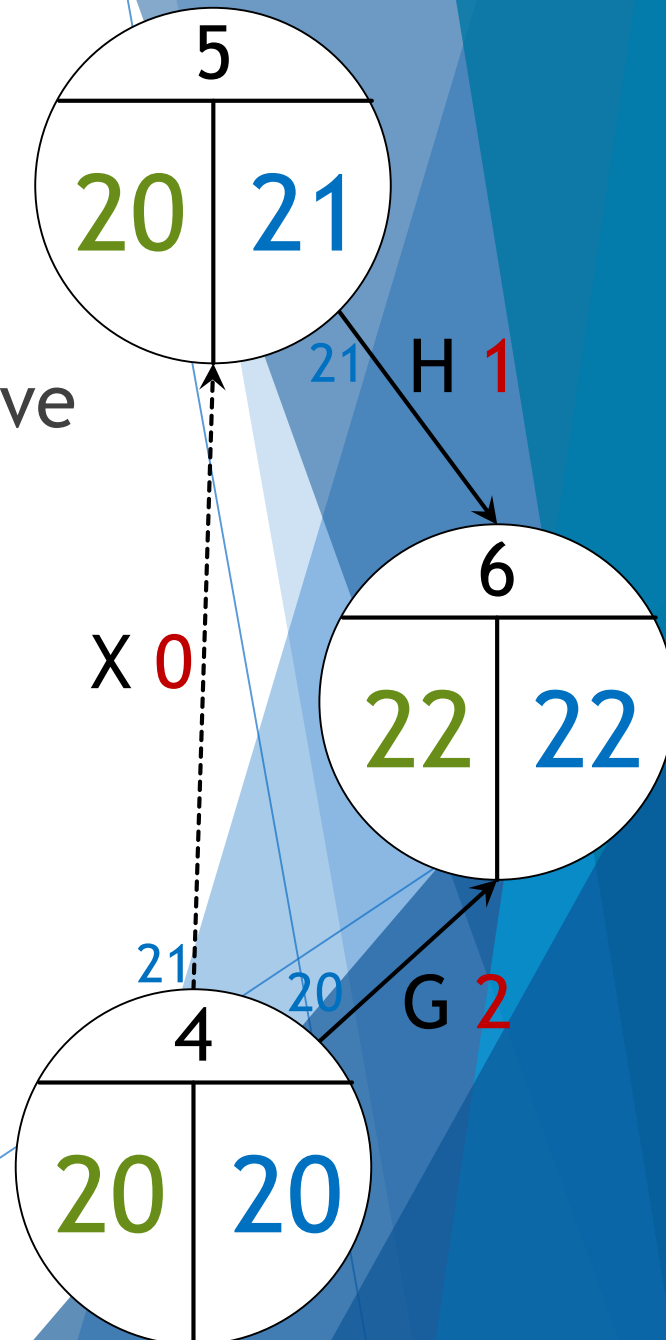
### 2. fáze výpočtu

- ▶ **Nejpozději přípustný konec** činností končících ve výstupním uzlu  $u_n$  je v okamžiku ukončení projektu ( $T$ )

$$k_n = T, \text{ tj. } t_n^1 = T$$

- ▶ Pokud je plánovaný čas ukončení projektu ( $T_{pl}$ ) vyšší než nejkratší doba realizace projektu ( $T$ ), pak

$$k_n = T_{pl}, \text{ tj. } t_n^1 = T_{pl}$$

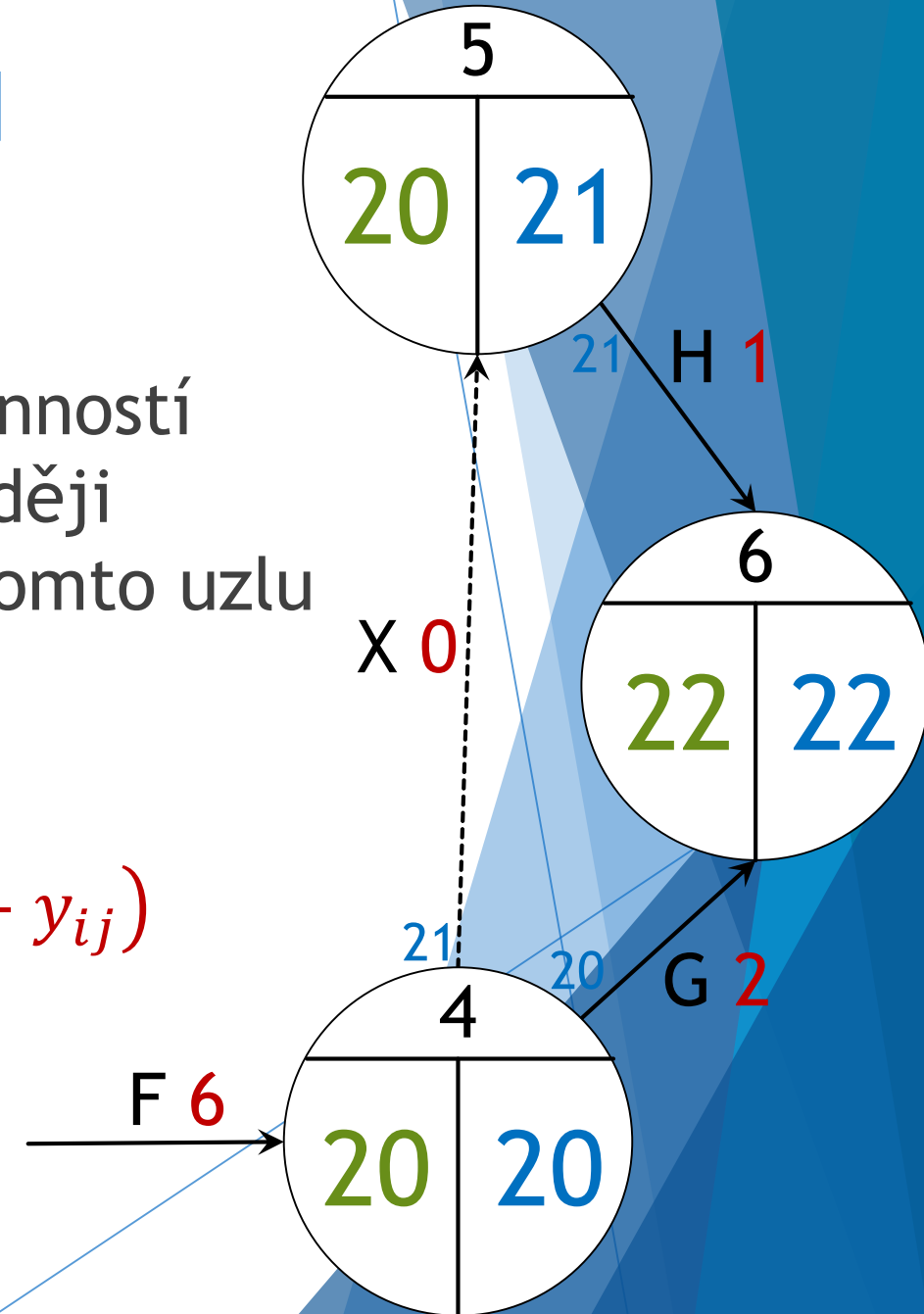


## 6.5.2 CPM - výpočet vzad

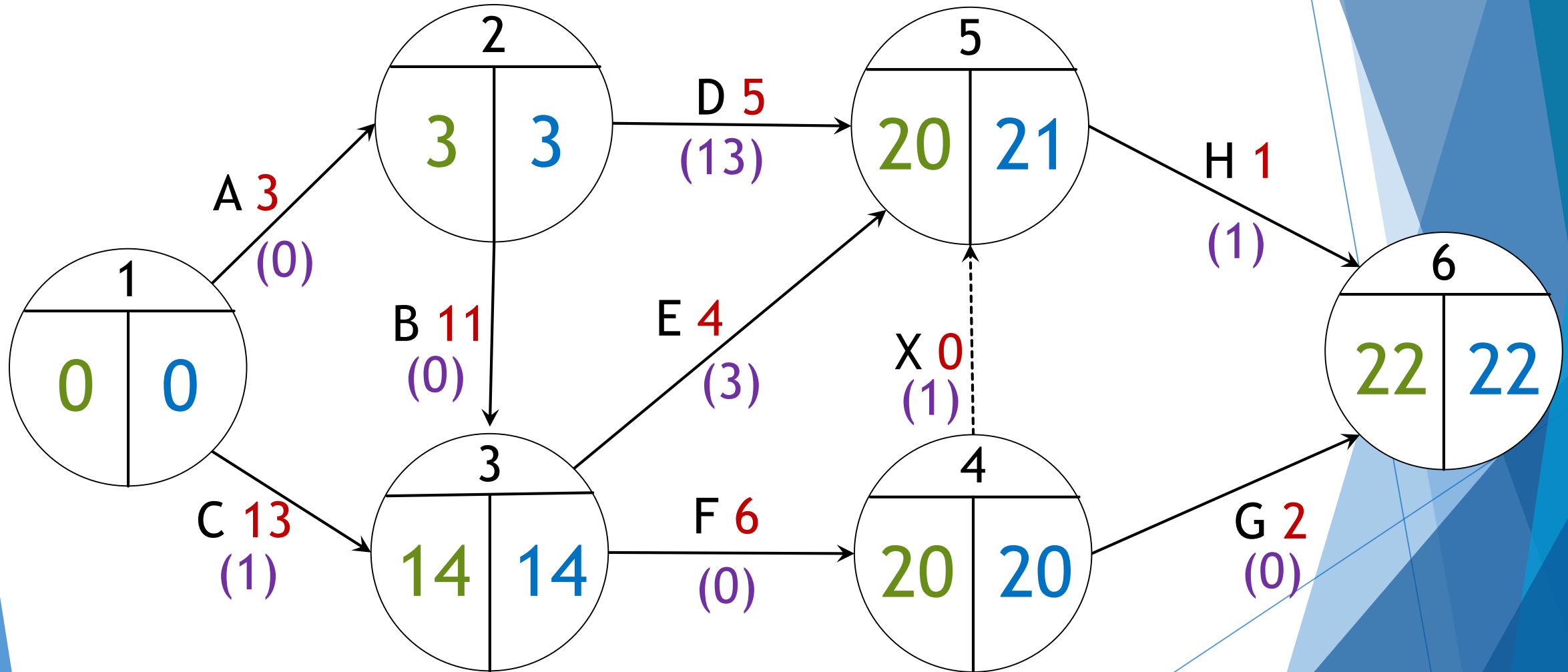
### 2. fáze výpočtu

- ▶ Nejpozději přípustný konec ostatních činností (vedoucích do uzlu  $u_i$ ) odpovídá nejpozději přípustnému začátku činností, které v tomto uzlu začínají.
- ▶ Spočte se tedy

$$k_i = \min_j (k_j - y_{ij}), \text{ tj. } t_i^1 = \min_j (t_j^1 - y_{ij})$$



## 6.5.2 Příklad - CPM - celkové rezervy

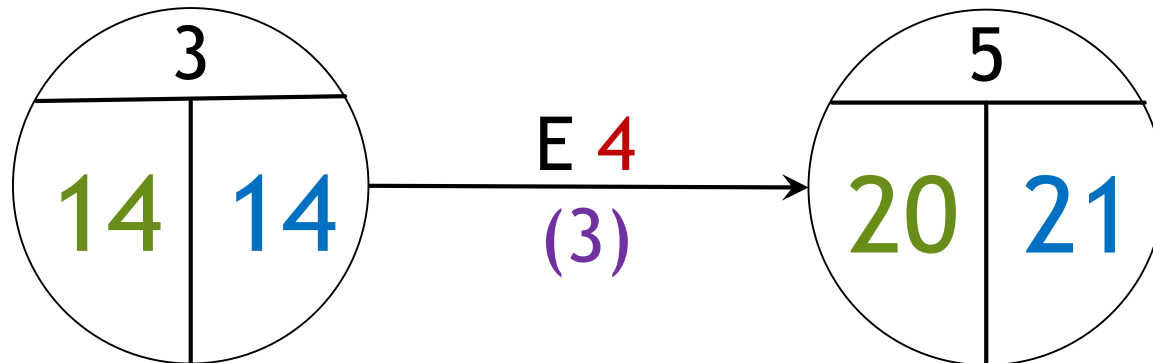


## 6.5.2 CPM - celkové rezervy

### 3. fáze výpočtu

- ▶ **Celková časová rezerva**  $CR_{ij}$  činnosti reprezentované hranou  $h_{ij}$  se spočte

$$CR_{ij} = k_j - z_i - y_{ij}, \text{ tj. } CR_{ij} = t_j^1 - t_i^0 - y_{ij}$$



## 6.5.2 CPM - kritické činnosti

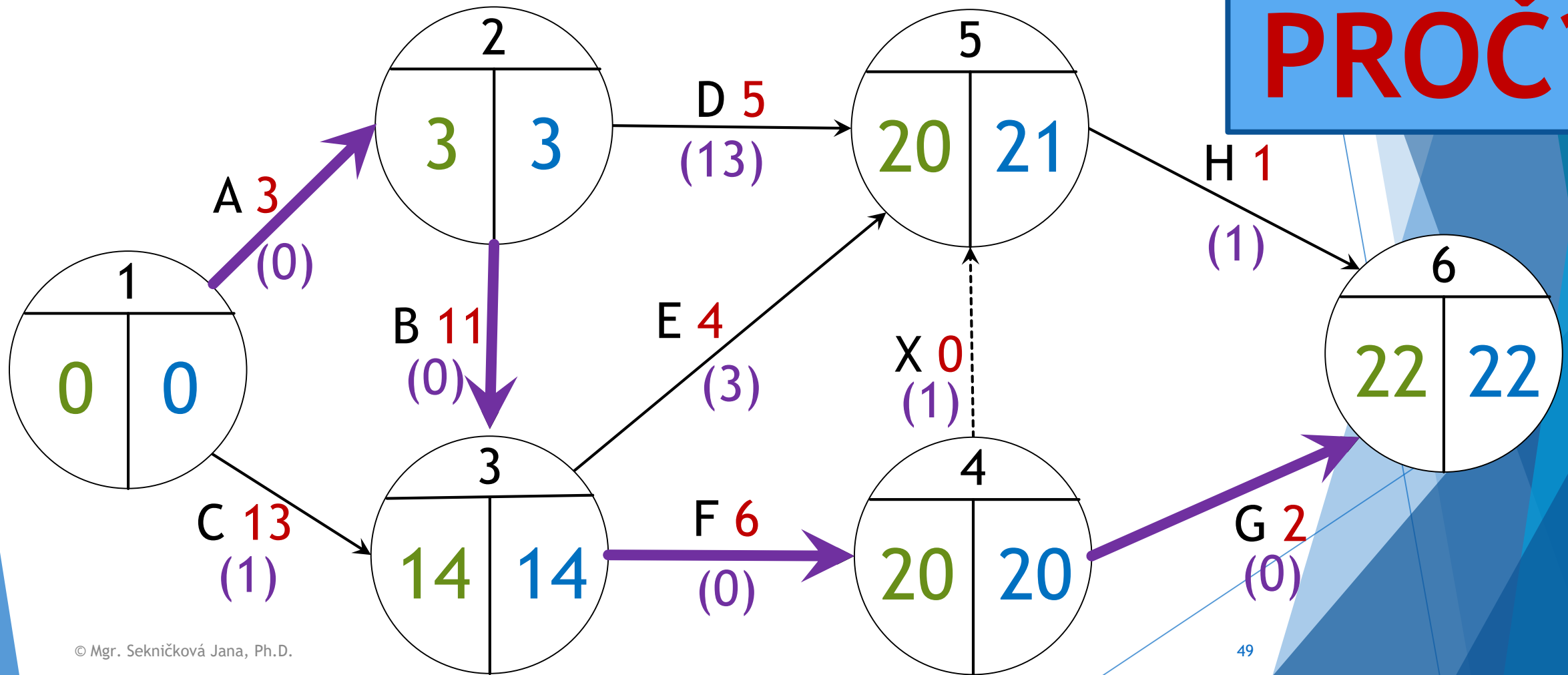
### ▶ **Kritické činnosti**

- ▶ Činnosti s minimální hodnotou celkové časové rezervy
- ▶ Pokud  $T = T_{pl}$ , je minimální celková časová rezerva nulová



Nejkratší doba realizace projektu ( $T$ ) odpovídá ohodnocení **nejdelší cesty** v síti mezi  $u_1$  a  $u_n$

**PROČ?**



## 6.5.1 Příklad -

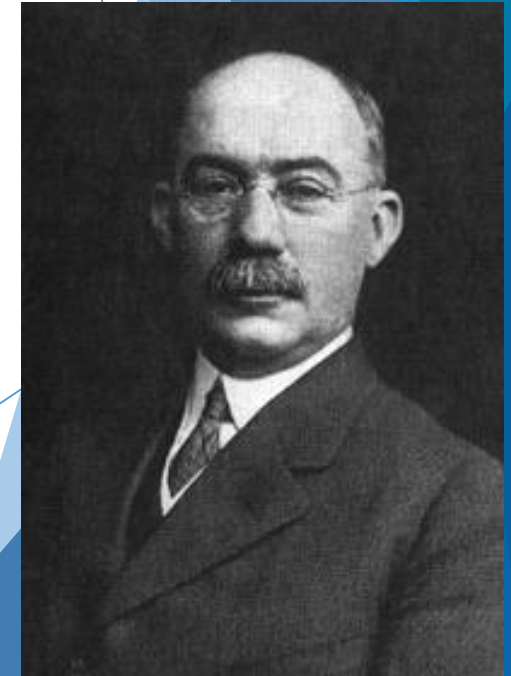
# CPM v tabulce

Činnost	$i, j$	$y_{ij}$	$z_i$	$z_i + y_{ij}$	$k_j - y_{ij}$	$k_j$	$CR_{ij}$
A	1, 2	3	0	3	0	3	0
B	2, 3	11	3	14	3	14	0
C	1, 3	13	0	13	1	14	1
D	2, 5	5	3	8	16	21	13
E	3, 5	4	14	18	17	21	3
F	3, 4	6	14	20	14	20	0
G	4, 6	2	20	22	20	22	0
H	5, 6	1	20	21	21	22	1
X	4, 5	0	20	20	21	21	1

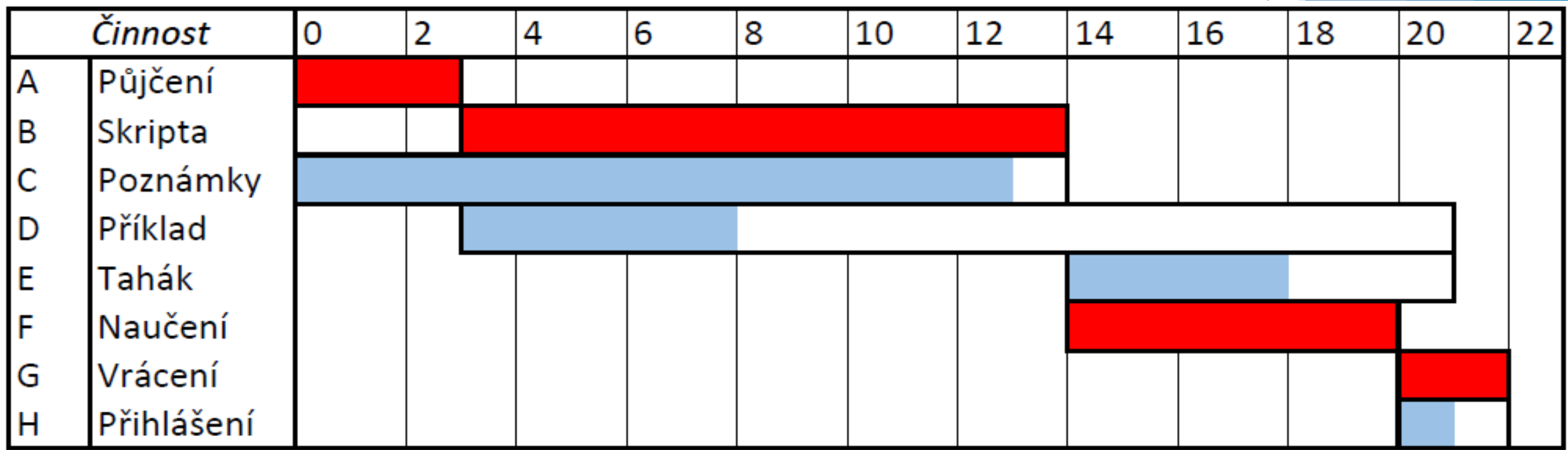
## 6.5.2 CPM - rozbor výsledků

# Henry L. Gantt

- ▶ **Rozbor výsledků**
  - ▶ Poslední fáze
  - ▶ Rozvržení realizace v čase - Ganttův diagram
  - ▶ Henry Laurence Gantt (1910)



## 6.5.2 Příklad - CPM - Ganttův diagram



## 6.5.3 PERT

- ▶ PERT = Program Evaluation and Review Technique
- ▶ Metoda PERT - pravděpodobnostní rozšíření CPM
  - ▶ 1958 - Booz, Allen a Hamilton - řízení projektu *Polaris* amerického námořnictva (vývoj řízených střel pro atomové ponorky Polaris)
  - ▶ Zkrácení doby realizace o 18 měsíců

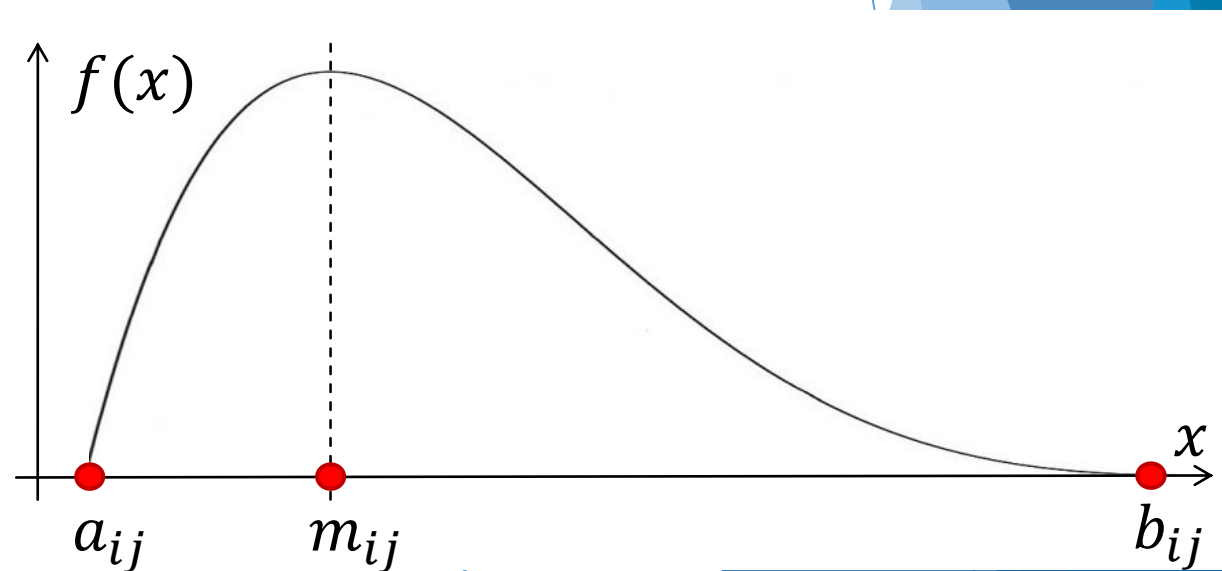


## 6.5.3 PERT

- ▶ CPM - doby trvání jsou pevně dané a neměnné
- ▶ PERT - doba trvání je náhodná veličina, pro kterou je známá
  - ▶ Nejkratší předpokládaná doba trvání (optimistický odhad) -  $a_{ij}$
  - ▶ Nejdelší předpokládaná doba trvání (pesimistický odhad) -  $b_{ij}$
  - ▶ Nejpravděpodobnější doba trvání (modální odhad) -  $m_{ij}$

## 6.5.3 PERT

- ▶ Doba trvání je náhodná veličina, jejíž pravděpodobnostní rozdělení není předem známé
- ▶ Lze ho však aproximovat  $\beta$ -rozdělením
  - ▶ Na konečném intervalu  $\langle a, b \rangle$
  - ▶ Obecně nesymetrické



## 6.5.3 PERT

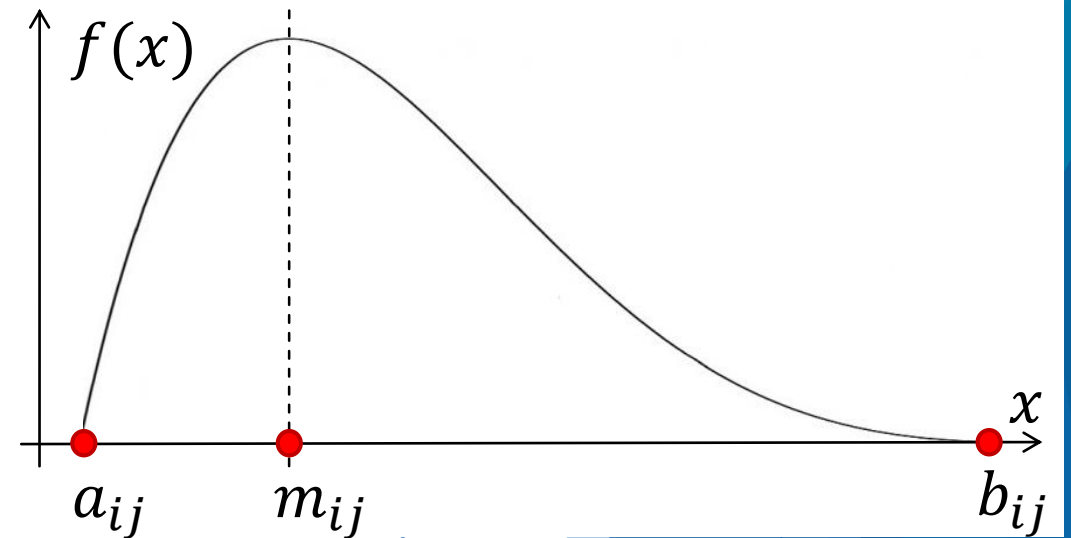
### ▶ $\beta$ -rozdělení

#### ▶ Střední hodnota $EV$ :

$$\mu_{ij} = \frac{a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}}{6}$$

#### ▶ Směrodatná odchylka $\sigma$ :

$$\sigma_{ij} = \frac{b_{ij} - a_{ij}}{6}$$





## 6.5.3 PERT

- ▶ Postup celé analýzy je shodný s postupem uvedeným v metodě CPM
  - ▶ Místo pevně daných dob trvání  $y_{ij}$  pracujeme se **střední (očekávanou) dobou trvání činnosti  $\mu_{ij}$**
  - ▶ Místo pevně dané doby dokončení projektu  $T$  určíme **střední (očekávanou) dobu trvání projektu  $M$**

## 6.5.3 Příklad - PERT - zadání

$a_{ij}$        $m_{ij}$        $b_{ij}$

Činnost	Předchůdci	Optimistický odhad	Modální odhad	Pesimistický odhad
A	-	1	1,5	2
B	-	2	4	7
C	A	1	1,5	3
D	A	2	3,5	5
E	B, C	0,5	1	2,5
F	B, C	1	1,5	4
G	D, E	1	1,5	2
H	D, E	2	4	9
I	F, G	1	1	2

$$\mu_{ij} = \frac{a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}}{6}$$

$$\sigma_{ij} = \frac{b_{ij} - a_{ij}}{6}$$

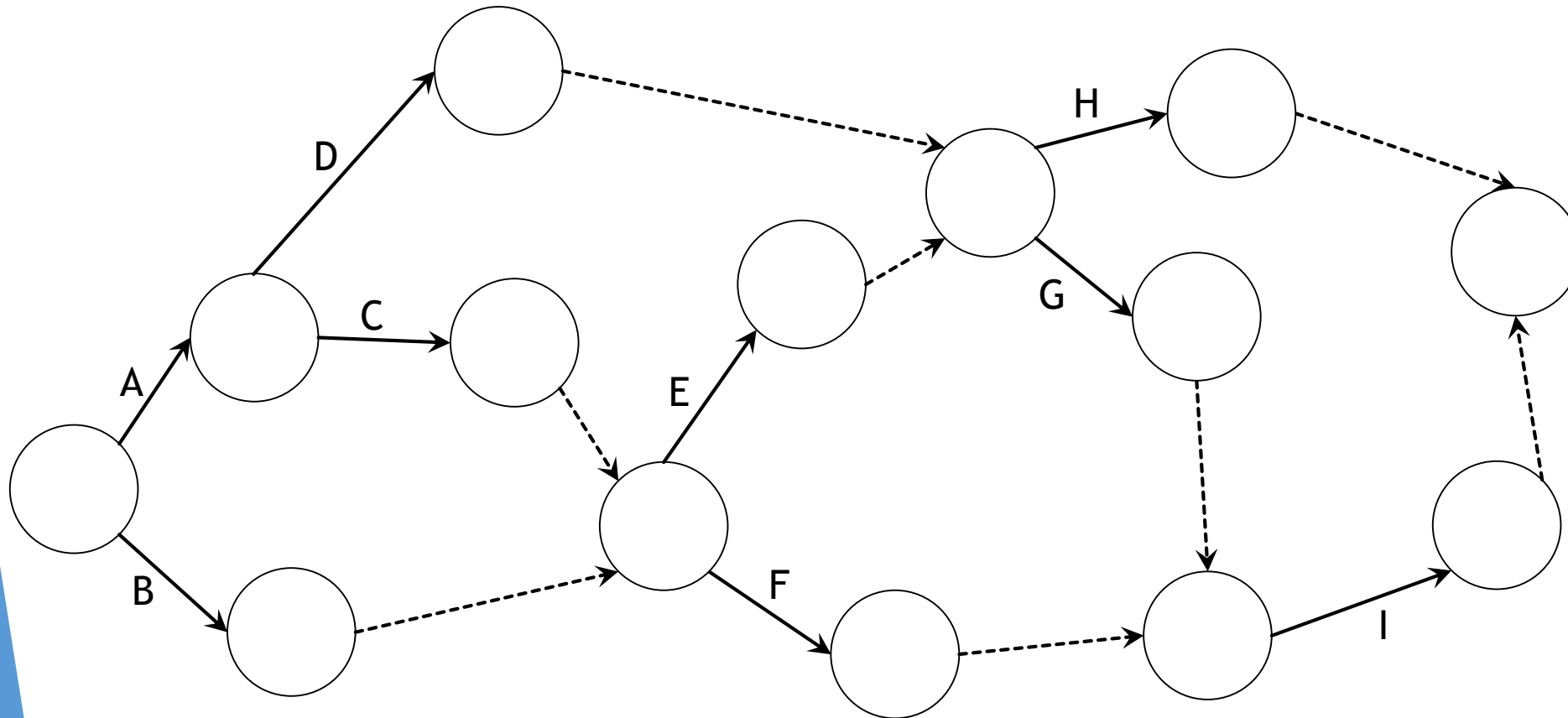
## 6.5.3 Příklad - PERT - odhady

Činnost	Předchůdci	$a_{ij}$	$m_{ij}$	$b_{ij}$	$\mu_{ij}$	$\sigma_{ij}$
A	-	1	1,5	2	9 / 6	1 / 6
B	-	2	4	7	25 / 6	5 / 6
C	A	1	1,5	3	10 / 6	2 / 6
D	A	2	3,5	5	21 / 6	3 / 6
E	B, C	0,5	1	2,5	7 / 6	2 / 6
F	B, C	1	1,5	4	11 / 6	3 / 6
G	D, E	1	1,5	2	9 / 6	1 / 6
H	D, E	2	4	9	27 / 6	7 / 6
I	F, G	1	1	2	7 / 6	1 / 6

$$\mu_{ij} = \frac{a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}}{6}$$

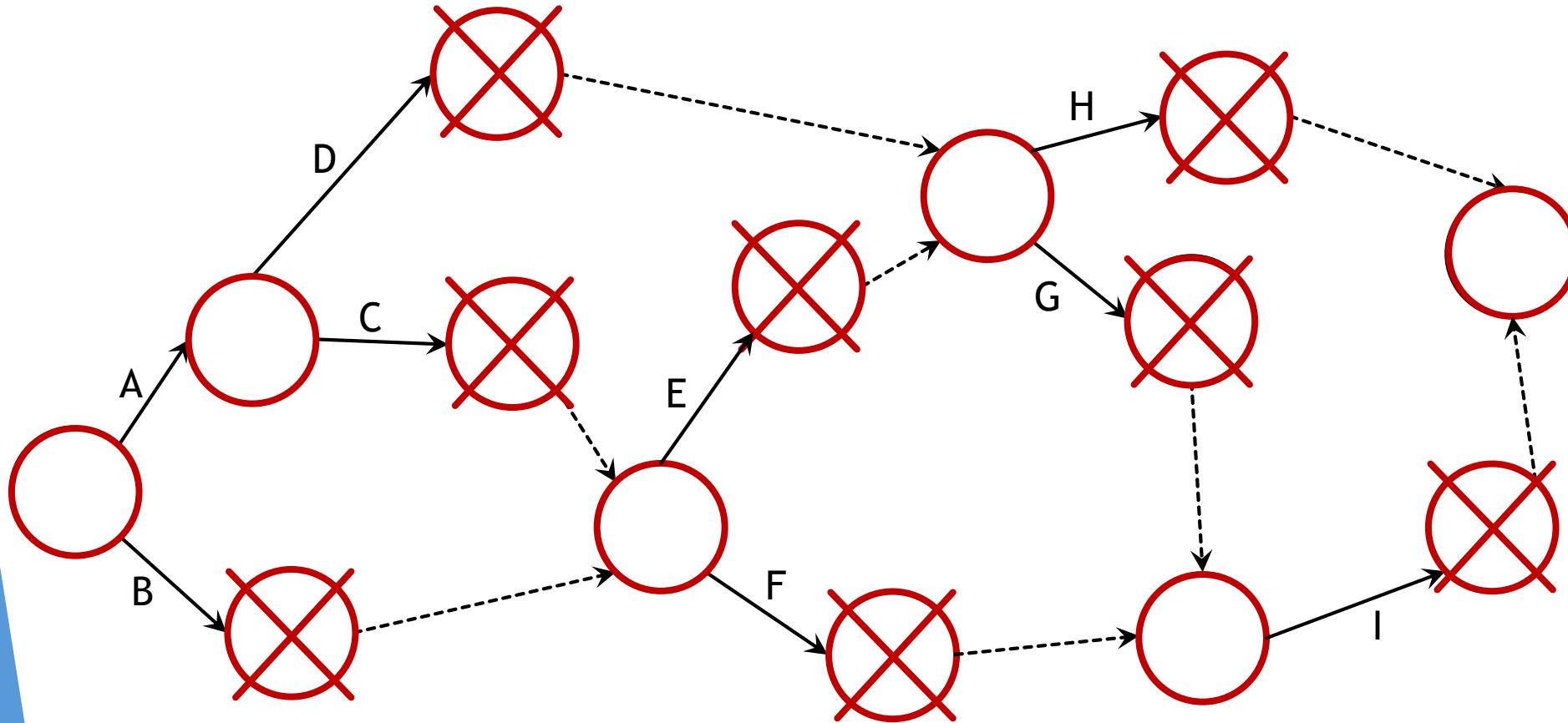
$$\sigma_{ij} = \frac{b_{ij} - a_{ij}}{6}$$

# Sítový graf



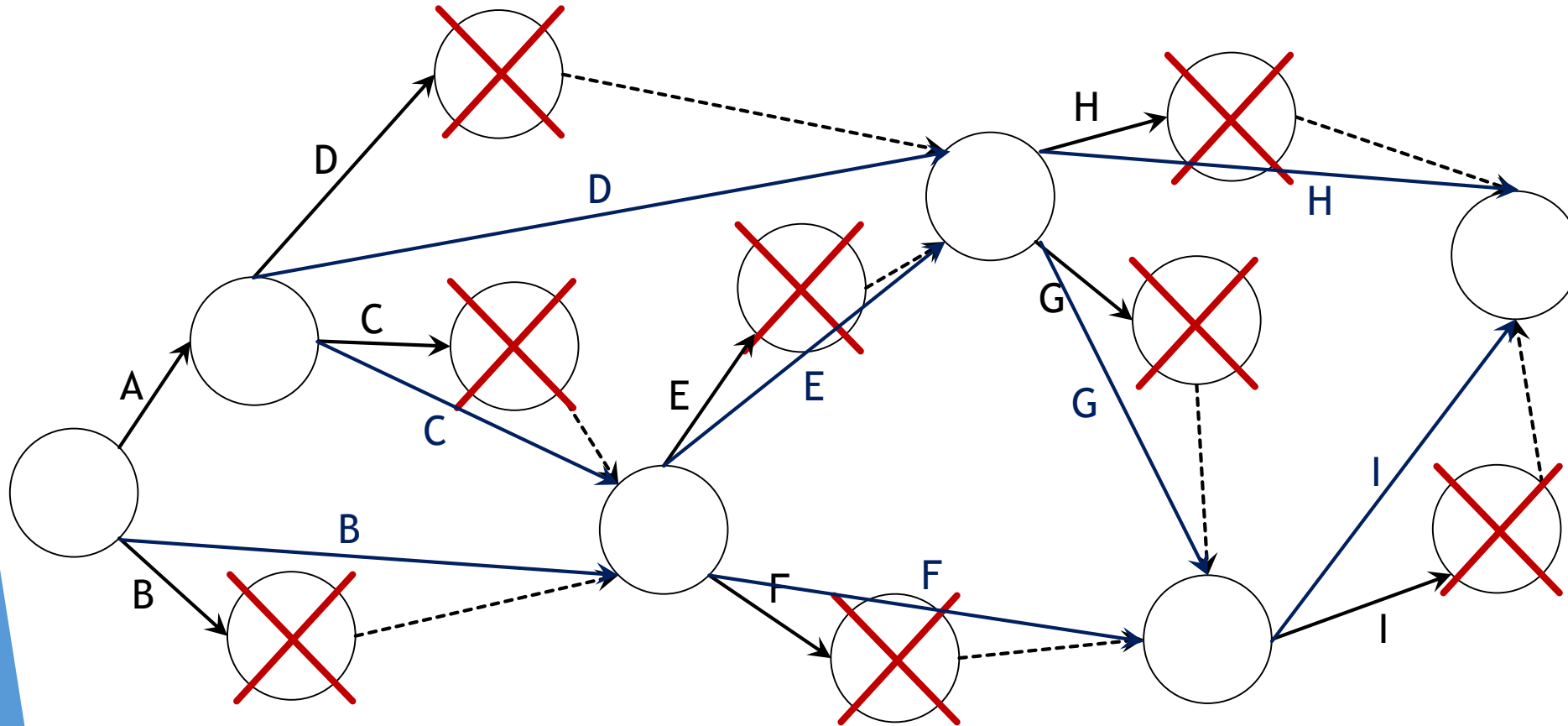
Činnost	Předch.
A	-
B	-
C	A
D	A
E	B, C
F	B, C
G	D, E
H	D, E
I	F, G

# Označení průběžných uzlů



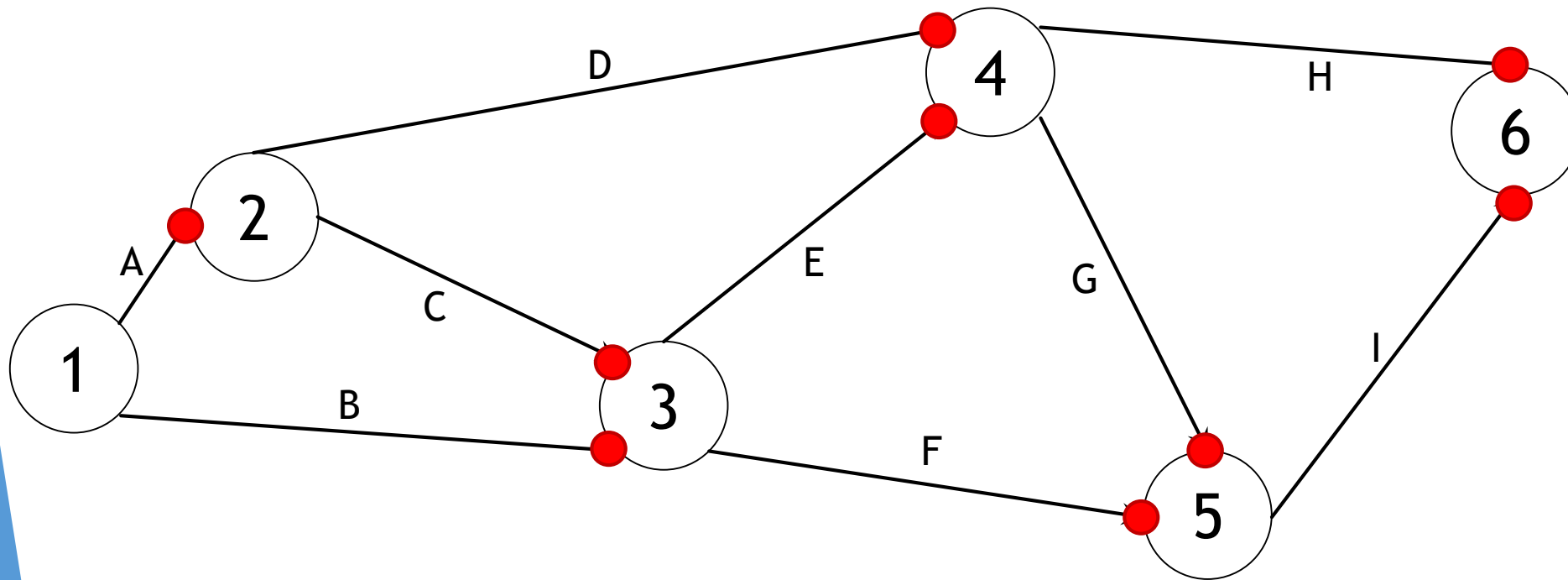
Činnost	Předch.
A	-
B	-
C	A
D	A
E	B, C
F	B, C
G	D, E
H	D, E
I	F, G

# Odstranění průběžných uzlů



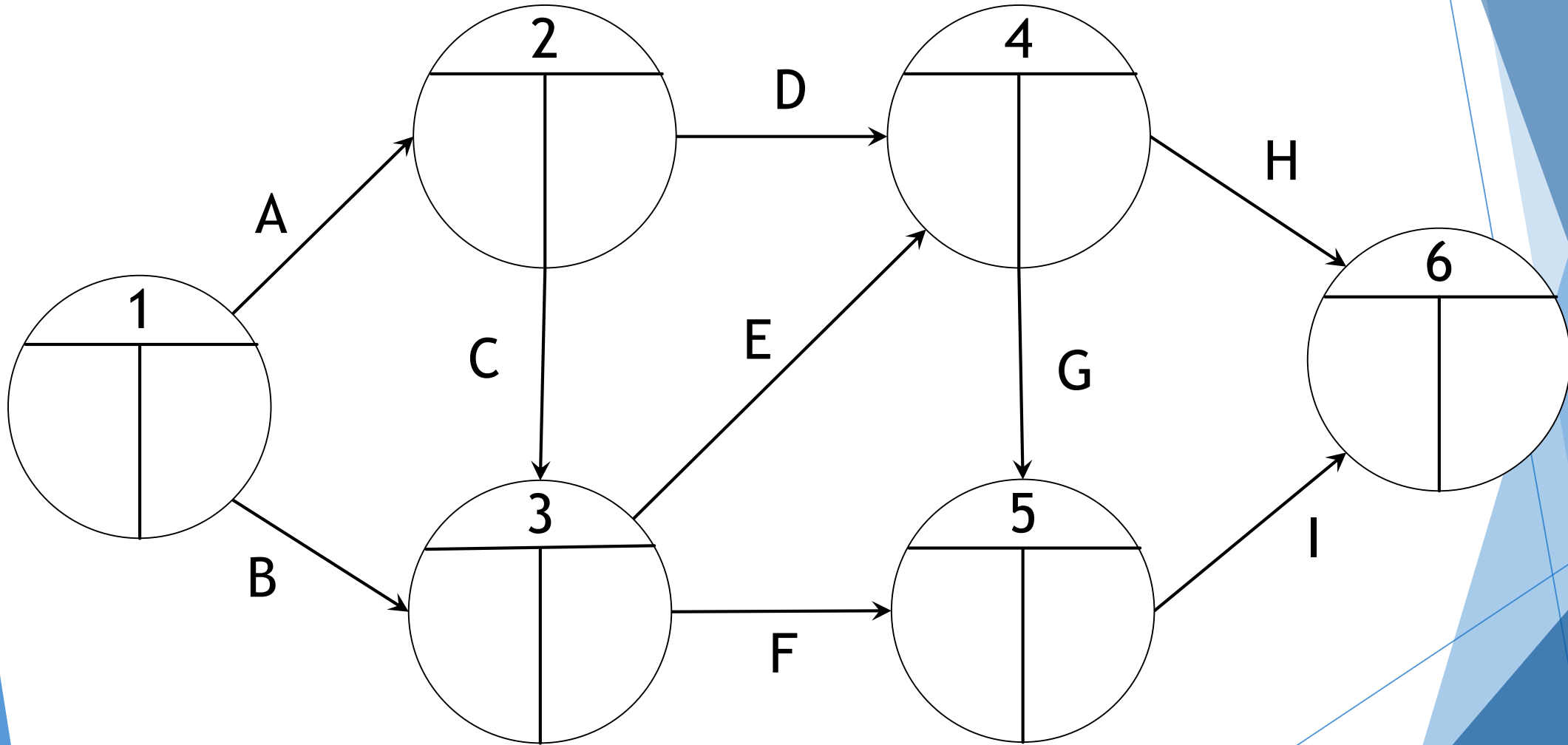
Činnost	Předch.
A	-
B	-
C	A
D	A
E	B, C
F	B, C
G	D, E
H	D, E
I	F, G

# Topologické uspořádání



Činnost	Předch.
A	-
B	-
C	A
D	A
E	B, C
F	B, C
G	D, E
H	D, E
I	F, G

## 6.5.3 Příklad - PERT - graf

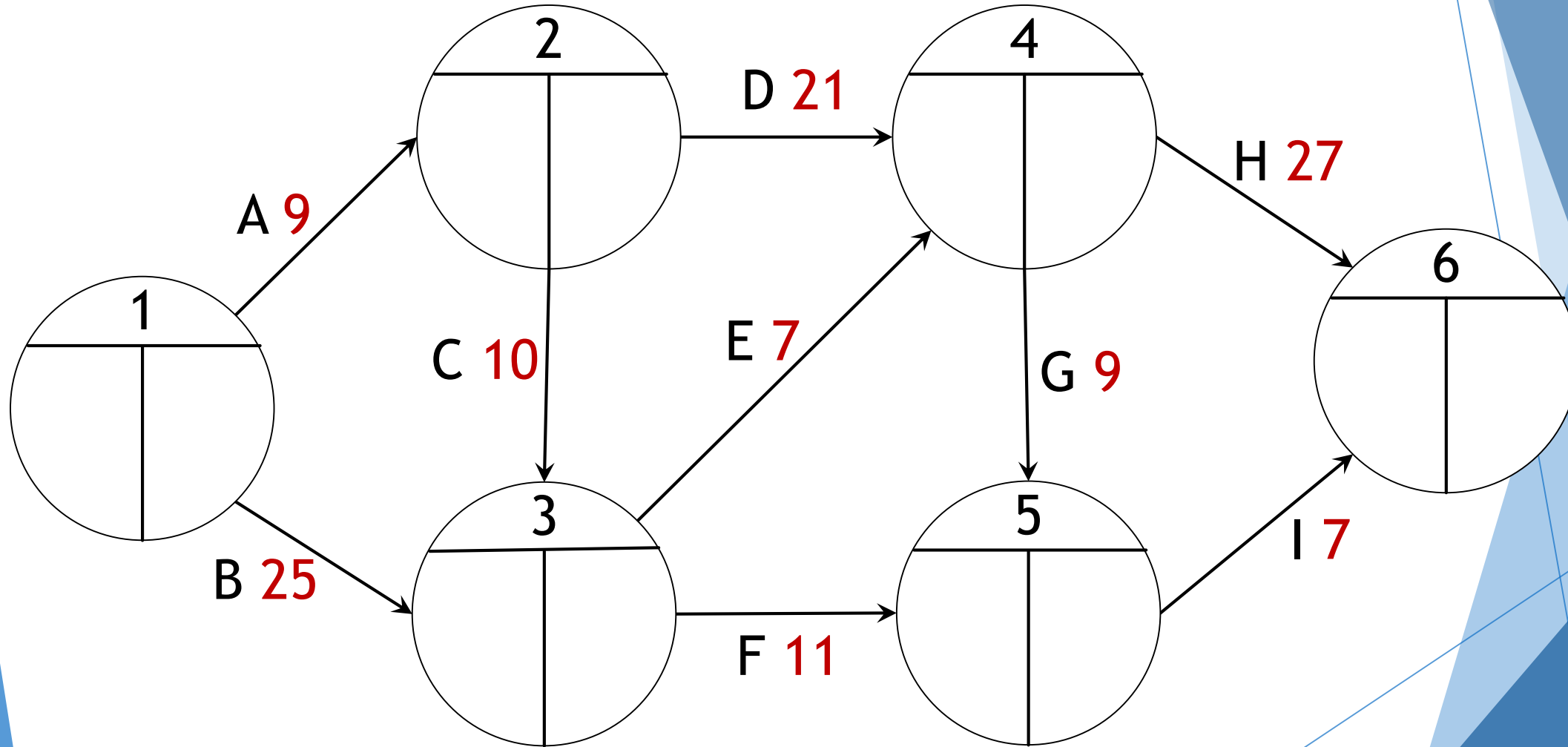




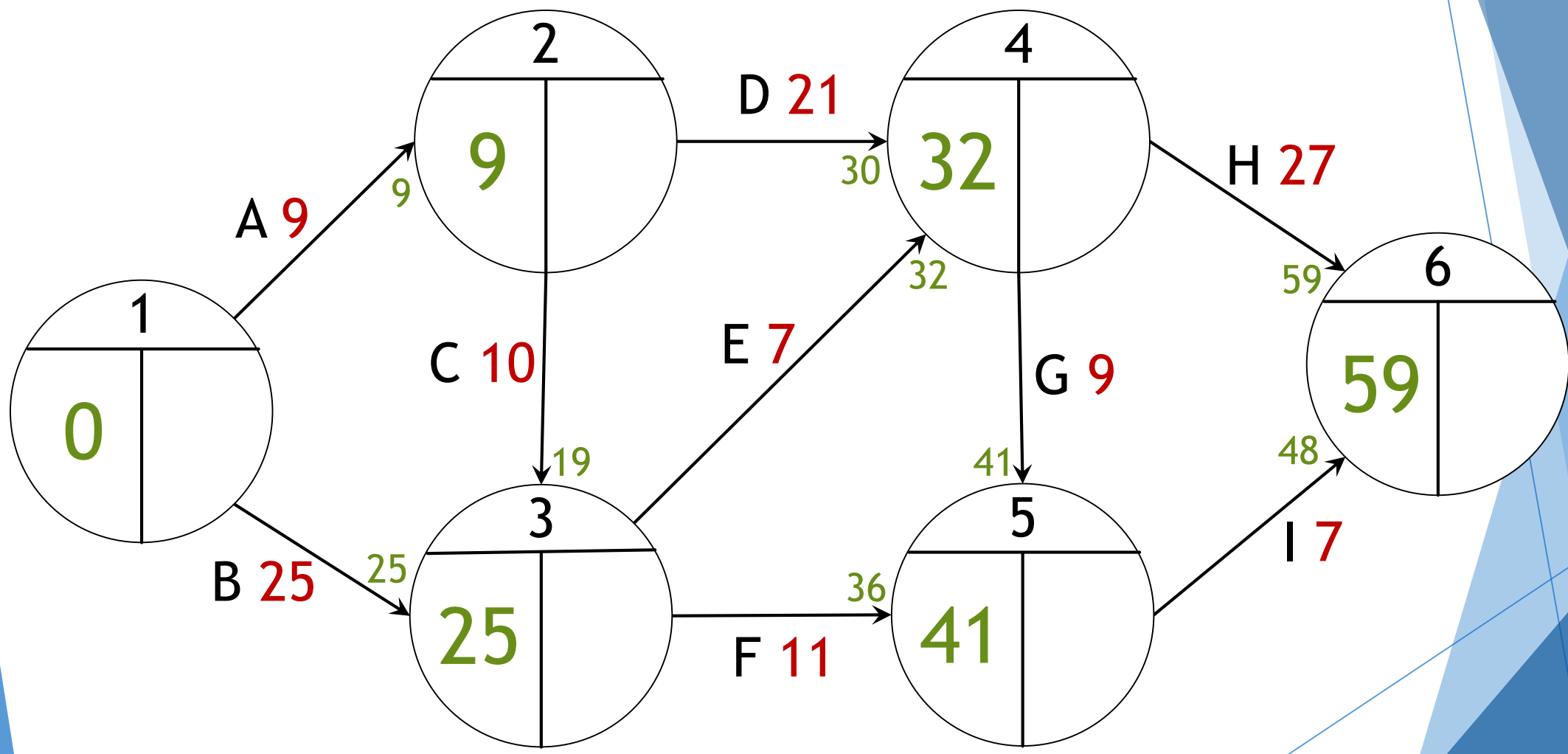
## 6.5.3 Příklad - PERT - odhady

Činnost	Předchůdci	Optimistický odhad	Modální odhad	Pesimistický odhad	Střední doba trvání
A	-	1	1,5	2	9 / 6
B	-	2	4	7	25 / 6
C	A	1	1,5	3	10 / 6
D	A	2	3,5	5	21 / 6
E	B, C	0,5	1	2,5	7 / 6
F	B, C	1	1,5	4	11 / 6
G	D, E	1	1,5	2	9 / 6
H	D, E	2	4	9	27 / 6
I	F, G	1	1	2	7 / 6

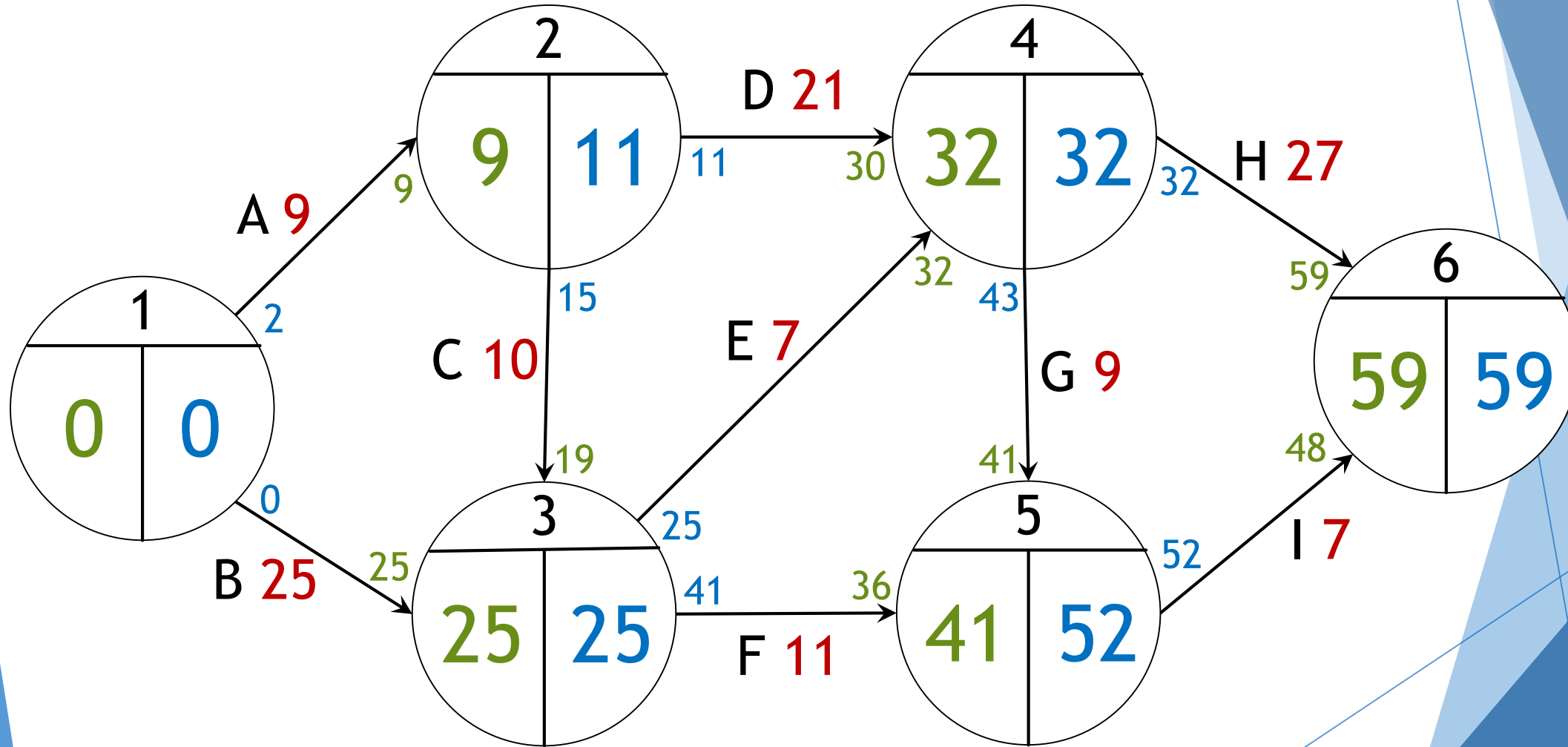
## 6.5.3 Příklad - PERT - doby trvání



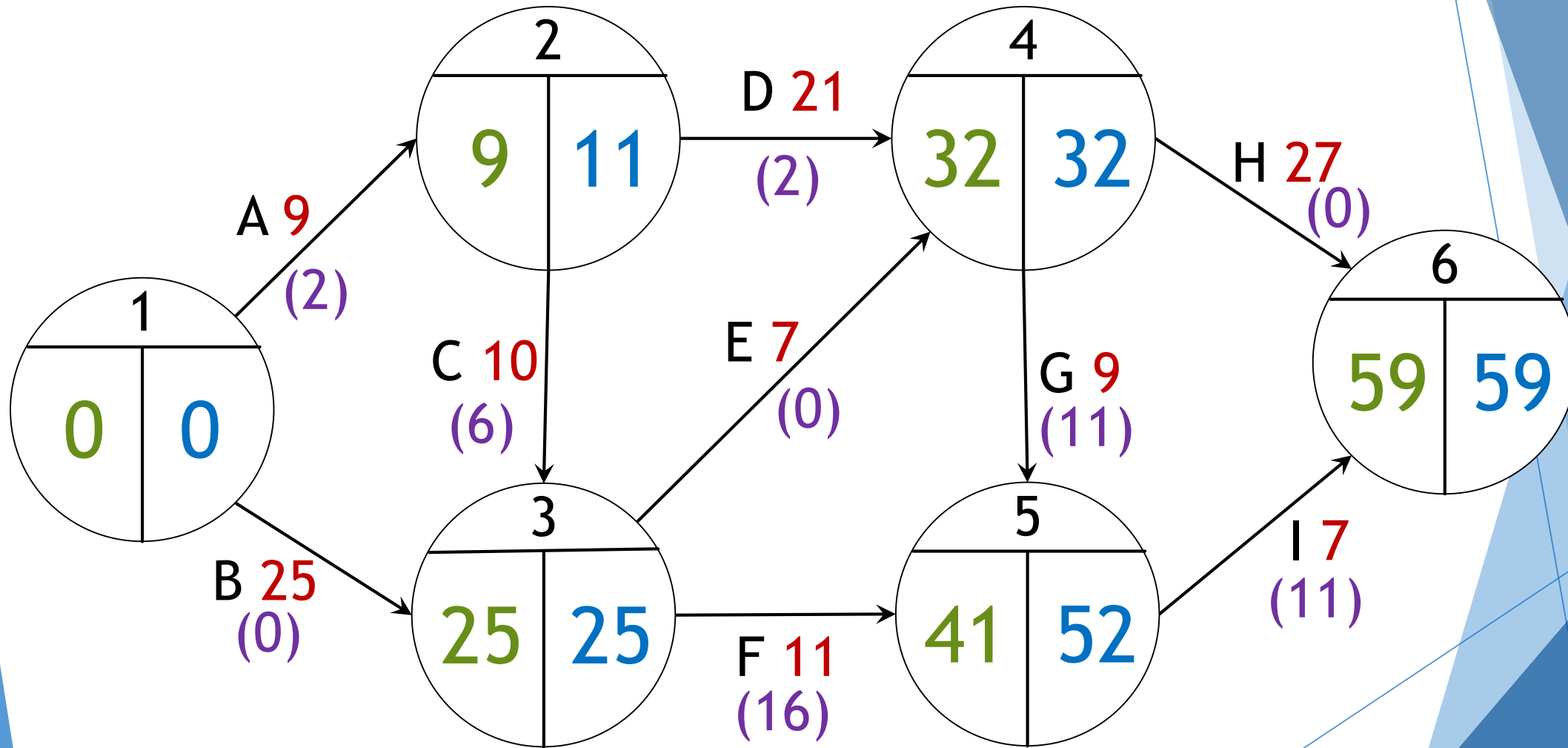
# 6.5.3 Příklad - PERT - výpočet vpřed



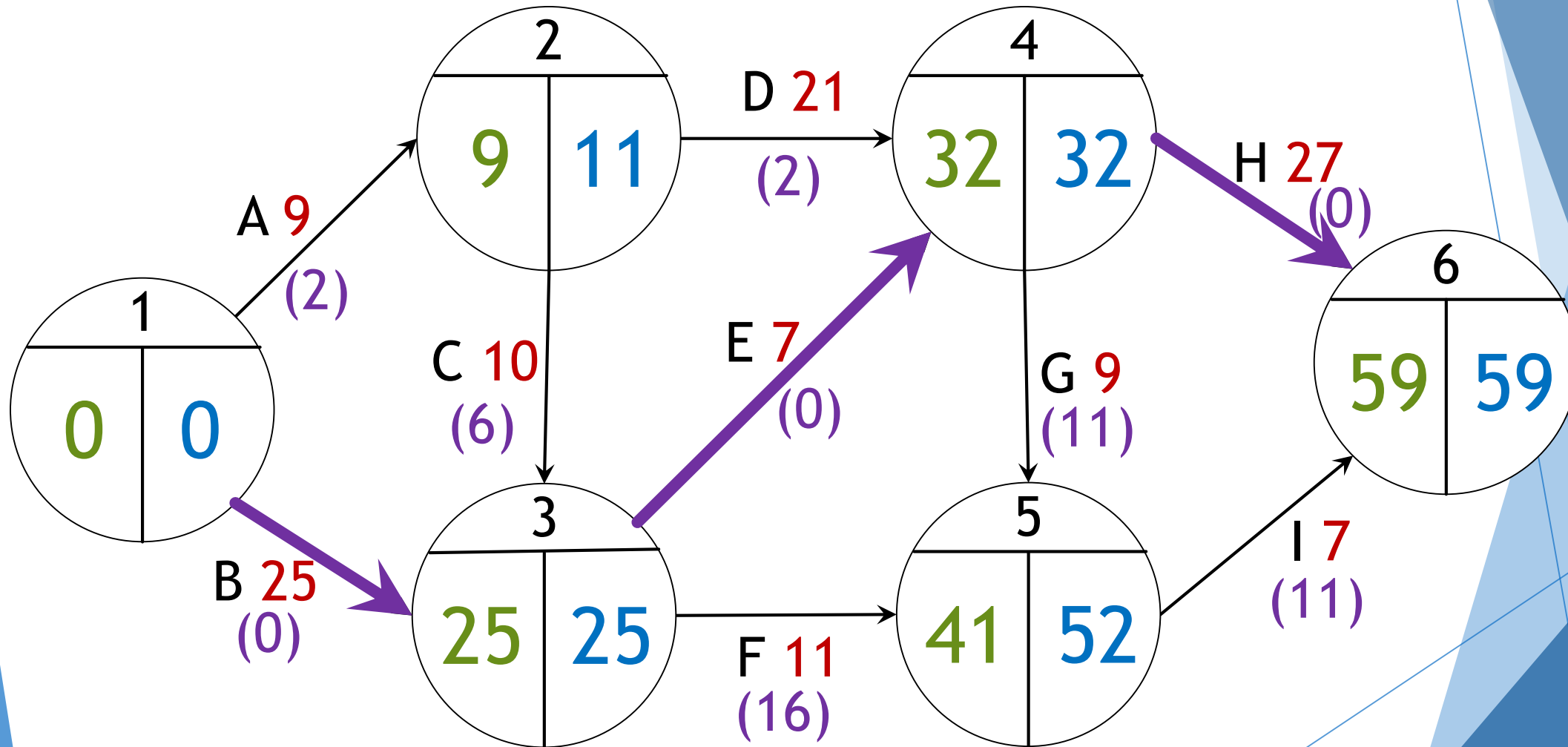
## 6.5.3 Příklad - PERT - výpočet vzad



## 6.5.3 Příklad - PERT - celkové rezervy



## 6.5.3 Příklad - PERT - kritická cesta



## 6.5.3 PERT

- ▶ Doba dokončení projektu (skutečná)  $T_S$  je také náhodná veličina se
  - ▶ střední hodnotou  $M$
  - ▶ rozptylem  $\sigma_{KC}^2$ , kde  $\sigma_{KC}^2$  je součet rozptylů všech kritických činností
  - ▶ a normálním rozdělením:  $T_S \sim N(M, \sigma_{KC}^2)$   
(za dost obecných podmínek - CLV)
- ▶ Platí, že náhodná veličina  $Z = \frac{T_S - M}{\sigma_{KC}} \sim N(0,1)$  a hodnoty tohoto rozdělení jsou tabelovány

## 6.5.3 PERT - pravděpodobnostní analýza

- ▶ Metoda PERT zodpoví i následující otázky:
- ▶ Jaká je pravděpodobnost, že projekt skončí nejpozději v zadaném čase  $T_S$ ?
- ▶ V jakém čase bude projekt ukončen se stanovenou pravděpodobností  $p$ ?



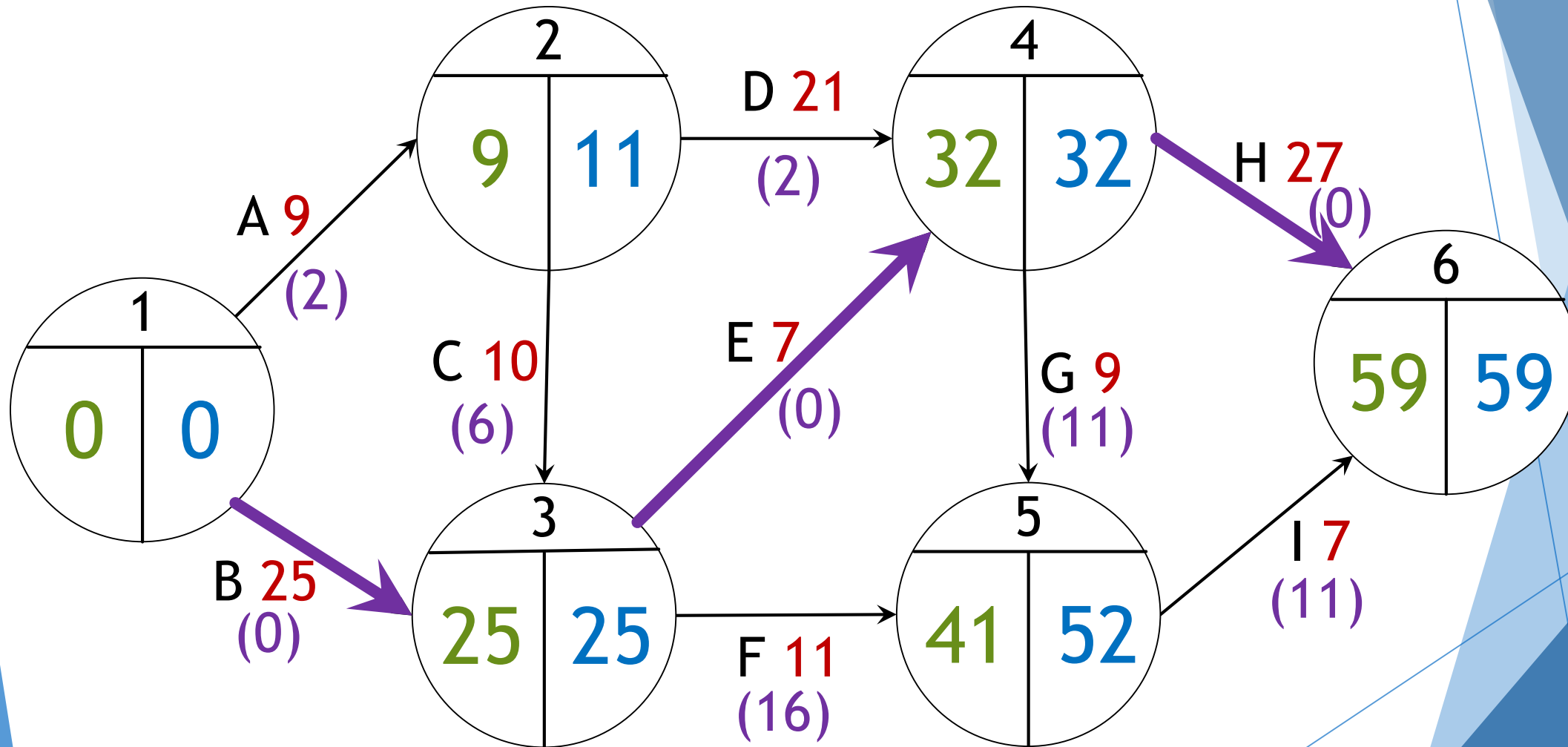
## 6.5.3 PERT - pravděpodobnostní analýza

- ▶ Jaká je pravděpodobnost, že projekt skončí nejpozději v zadaném čase  $T_S$ ?
- ▶  $Z = \frac{T_S - M}{\sigma_{KC}} \sim N(0,1)$ 
  - ▶  $M$  a  $\sigma_{KC}$  spočítáme na základě výsledků metody PERT
  - ▶  $T_S$  je zadané
  - ▶ Dosadíme a spočítáme  $z$
  - ▶ V tabulkách standardního normálního rozdělení najdeme odpovídající pravděpodobnost  $p$

## 6.5.3 PERT - pravděpodobnostní analýza

- ▶ V jakém čase bude projekt ukončen se stanovenou pravděpodobností  $p$ ?
- ▶ Postup výpočtu je opačný.
- ▶ Známe pravděpodobnost  $p$  a v tabulkách standardního normálního rozdělení najdeme odpovídající hodnotu  $z_p$
- ▶  $M$  a  $\sigma_{KC}$  spočítáme na základě výsledků metody PERT
- ▶ Dosadíme do  $z = \frac{T_S - M}{\sigma_{KC}}$  a určíme  $T_S = M + z_p \sigma_{KC}^2$

## 6.5.3 Příklad - PERT - kritická cesta



## 6.5.3 Příklad - PERT - odhady

Činnost	Předchůdci	$a_{ij}$	$m_{ij}$	$b_{ij}$	$\mu_{ij}$	$\sigma_{ij}$
A	-	1	1,5	2	9 / 6	1 / 6
B	-	2	4	7	25 / 6	5 / 6
C	A	1	1,5	3	10 / 6	2 / 6
D	A	2	3,5	5	21 / 6	3 / 6
E	B, C	0,5	1	2,5	7 / 6	2 / 6
F	B, C	1	1,5	4	11 / 6	3 / 6
G	D, E	1	1,5	2	9 / 6	1 / 6
H	D, E	2	4	9	27 / 6	7 / 6
I	F, G	1	1	2	7 / 6	1 / 6

$$M = \frac{25}{6} + \frac{7}{6} + \frac{27}{6} = \frac{59}{6} = 9,8\bar{3}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{KC}^2 &= \\ &= \left(\frac{5}{6}\right)^2 + \left(\frac{2}{6}\right)^2 + \left(\frac{7}{6}\right)^2 = \\ &= \frac{25 + 4 + 49}{36} = \frac{78}{36} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{KC} &= \sqrt{\sigma_{KC}^2} = \sqrt{\frac{78}{36}} = \\ &= \frac{\sqrt{78}}{6} \doteq 1,4720 \end{aligned}$$

## 6.5.3 Příklad - PERT - pravděpodobnost

- ▶  $M = 9,8\bar{3}$
- ▶  $\sigma_{KC} \doteq 1,4720$
- ▶  $Z = \frac{T_S - M}{\sigma_{KC}}$

**Co značí  $M$ ?**

**Co značí  $9,8\bar{3}$ ?**

**Jaká je pravděpodobnost, že na zkoušku budete připraveni přesně za  $9,8\bar{3}$  hodiny?**

## 6.5.3 Příklad - PERT - pravděpodobnost

▶  $M = 9,8\bar{3}$

▶  $\sigma_{KC} \doteq 1,4720$

▶  $Z = \frac{T_S - M}{\sigma_{KC}}$

▶  $Z = \frac{9,8\bar{3} - 9,8\bar{3}}{1,4720} = 0$

**Jaká je pravděpodobnost, že se na zkoušku stihnete připravit do  $9,8\bar{3}$  hodiny?**

**$p = 0,5 = 50\%$**

Tabulka hodnot distribuční funkce standardizovaného normálního rozdělení  $N(0,1)$   
(pro hodnoty  $z \leq 0$ )

$-z$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.50000	0.49601	0.49202	0.48803	0.48405	0.48006	0.47608	0.47210	0.46812	0.46414
0.1	0.46017	0.45621	0.45224	0.44828	0.44433	0.44038	0.43644	0.43251	0.42858	0.42466
0.2	0.42074	0.41683	0.41294	0.40905	0.40517	0.40129	0.39743	0.39358	0.38974	0.38591

## 6.5.3 Příklad - PERT - pravděpodobnost

▶  $M = 9,8\bar{3}$

▶  $\sigma_{KC} \doteq 1,4720$

▶  $Z = \frac{T_S - M}{\sigma_{KC}}$

▶  $Z = \frac{9 - 9,8\bar{3}}{1,4720} = \frac{-0,8\bar{3}}{1,4720} \doteq -0,5661$

**Jaká je pravděpodobnost, že se na zkoušku stihnete připravit do 9 hodin?**

**$p \doteq 0,28567 \doteq 28,6\%$**

Tabulka hodnot distribuční funkce standardizovaného normálního rozdělení  $N(0,1)$   
(pro hodnoty  $z \leq 0$ )

$-z$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.4	0.34458	0.34090	0.33724	0.33360	0.32997	0.32636	0.32276	0.31918	0.31561	0.31207
0.5	0.30854	0.30503	0.30153	0.29806	0.29460	0.29116	0.28774	0.28434	0.28096	0.27760
0.6	0.27425	0.27093	0.26763	0.26435	0.26109	0.25785	0.25463	0.25143	0.24825	0.24510

## 6.5.3 Příklad - PERT - pravděpodobnost

▶  $M = 9,8\bar{3}$

▶  $\sigma_{KC} \doteq 1,4720$

▶  $Z = \frac{T_S - M}{\sigma_{KC}}$

▶  $Z = \frac{10 - 9,8\bar{3}}{1,4720} = \frac{0,1\bar{6}}{1,4720} \doteq 0,1132$

**Jaká je pravděpodobnost, že se na zkoušku stihnete připravit do 10 hodin?**

**$p \doteq 0,54506 \doteq 54,5\%$**

Tabulka hodnot distribuční funkce standardizovaného normálního rozdělení  $N(0,1)$   
(pro hodnoty  $z \geq 0$ )

<b>z</b>	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.50000	0.50399	0.50798	0.51197	0.51595	0.51994	0.52392	0.52790	0.53188	0.53586
0.1	0.53983	0.54380	0.54776	0.55172	0.55567	0.55962	0.56356	0.56749	0.57142	0.57535
0.2	0.57926	0.58317	0.58706	0.59095	0.59483	0.59871	0.60257	0.60642	0.61026	0.61409



## 6.5.3 Příklad - PERT - pravděpodobnost

- ▶  $M = 9,8\bar{3}$
- ▶  $\sigma_{KC} \doteq 1,4720$
- ▶  $Z = \frac{T_S - M}{\sigma_{KC}}$

**Chci mít jistotu 90 %, že se na zkoušku stihnu připravit. Kolik času si musím rezervovat?**

- ▶  $1,28155 = \frac{T_S - 9,8\bar{3}}{1,4720}$

**$T_S \doteq 12$**

- ▶  $T_S = 9,8\bar{3} + 1,28155 \cdot 1,4720 = 11,71977 \doteq 12$

Tabulka hodnot distribuční funkce standardizovaného normálního rozdělení  $N(0,1)$  (pro hodnoty  $z \geq 0$ )

<b>z</b>	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
1.1	0.86433	0.86650	0.86864	0.87076	0.87286	0.87493	0.87698	0.87900	0.88100	0.88298
1.2	0.88493	0.88686	0.88877	0.89065	0.89251	0.89435	0.89617	0.89796	0.89973	0.90147
1.3	0.90320	0.90490	0.90658	0.90824	0.90988	0.91149	0.91308	0.91466	0.91621	0.91774

Detaily k přednášce: skripta

**KONEC**