

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
FAKULTA STAVEBNÍ  
Katedra technologie staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
Enterprise Office Center – doprava a zásobování

Minkail Lukmanov

2015

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Pospíchal, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze .....

.....

Jméno a příjmení

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Václavu Pospíchalovi, Ph.D. za trpělivost a všechny podnětné rady. Dále bych chtěl poděkovat firmě STRABAG a.s. za jejich vstřícnost a umožnění přístupu na stavbu. Z firmy STRABAG a.s. bych zmínil především pana Josefa Vlasáka za jeho ochotu a pomoc při psaní bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat doc. Ing. Vítu Motyčkovi, CSc. za cenný zdroj informací.

**Zadání**

## Enterprise Office Center – doprava a zásobování

Ústřední téma bakalářské práce je problematika dopravy a zásobování. Stavbu doprovází potíže spojené s malým stavenišťem a o to je důležitější správný technologický postup a vhodné nasazení strojů. Právě posouzením jeřábové sestavy, jakožto hlavními stroji zajišťujícími zásobování, se zabývá podstatná část bakalářské práce. Dále jsou řešeny ekonomické dopady.

### Klíčová slova

stavební jeřáby, zásobování výrobních procesů, dílčí stavební procesy, časové vytížení jeřábu, metodika návrhu jeřábu

## Enterprise Office Center - supply and logistics

The central subject of the thesis is the issue of transportation and delivery of construction materials. Construction faces the difficulties of a small construction site, thus it is extremely important to use a right technical process and appropriate construction mechanisms machines. Crane application assessment, as a main tool of building supply with construction materials, is engaged in a large part of the thesis. It also examines the economic consequences of such usage.

### Keywords:

construction cranes, supply of building processes, part-construction processes temporary use of a crane, the methodology of crane design

Úvod.....	8
1. Popis stavby.....	9
2 Legislativa a podmínky stavebního povolení.....	10
3 Zemní práce.....	11
3.1 Návrh prostředků k sejmutí ornice.....	11
3.1.1 Návrh buldozéro.....	11
3.1.2 Návrh nakladače.....	13
3.1.3 Návrh odvozního prostředku.....	15
3.2 Návrh prostředků k výkopu a odstranění výkopku.....	17
3.2.1 Návrh rypadla.....	17
3.2.2 Návrh odvozního prostředku.....	19
4 Návrh jeřábu.....	21
4.1 Teorie.....	21
4.1.1 Zařízení staveniště a zásobování materiálem.....	21
4.1.2 Zásobování materiálem.....	21
4.1.3 Modely dodávky a spotřeby materiálů.....	22
4.1.4 Stanovení doby překládky na staveništní skládku.....	23
4.1.5 Výkonnost jeřábů.....	24
4.1.6 Metody návrhu jeřábu.....	27
4.1.7 Určení stavebních procesů a požadavků na zásobování jeřábem....	29
4.1.8 Stanovení doby obsluhy jeřábem, výpočet pracovního cyklu.....	30
4.1.9 Problematika extenzivního vytížení věžových jeřábů.....	31
4.1.10 Metoda posouzení časového využití jeřábu nebo jeřábové sestavy.....	37
4.1.11 Modely posouzení časového využití věžových jeřábů.....	39
4.2 Podklady ke zpracování časového vytížení jeřábů.....	39
4.2.1 Odvození výkazu výměr.....	40
4.3 Posouzení jeřábové sestavy – Enterprise Office Center.....	49
4.3.1 Doba pracovních cyklů jednotlivých DSP.....	56
4.4 Posouzení časového využití jeřábů.....	61
4.4.1 Posouzení časového využití jeřábů v časovém úseku 1.....	61
4.4.2 Posouzení časového využití jeřábů v časovém úseku 3.....	63
4.4.3 Posouzení časového využití jeřábů v časovém úseku 4.....	65
5 Časová a finanční porovnání - vícekritériální hodnocení.....	67
Závěr.....	68
Použitá literatura.....	70

## Úvod

Velkou snahou při výběru zadání bakalářské práce bylo zabývat se reálnou stavbou. Danou možnost jsem získal díky stavební společnosti STRABAG a.s., která mi umožnila pobývat na stavbě kancelářské budovy ENTERPRISE OFFICE CENTER. Obširné zadání bakalářské práce by vystačilo na vytvoření několika prací, proto se vedoucí práce rozhodl, že na některých částech bude věnována větší pozornost než jiným. Díky přístupu na staveniště a reálnému kontaktu s některými procesy byla jako ústřední téma bakalářské práce zvolena problematika dopravy a zásobování. Konkrétně se jedná o využití jeřábu, přičemž v dané práci budou představena časová posouzení i strojů pro zemní práce.

Doprava a zásobování staveniště je složitý proces, který vyžaduje důkladnou přípravu, a to již v přípravné fázi stavby. Povinností přípravaře je stanovit nejvhodnější režim výstavby. Osobně jsem se dostal ke stavbě v době realizace hrubé stavby posledního podlaží. Bakalářská práce se převážně bude tedy zabývat převážně daným obdobím. Tehdy se na stavbě nacházely tři věžové jeřáby a ještě jeden malý teleskopický jeřáb. Dále byly na stavbě přítomny smykem řízený bagr, vysokozdvihný vozík a stavební výtah.

Bakalářská práce v první řadě představí stavební objekt ENTERPRISE OFFICE CENTER. Následně bude proveden návrh řešení skřívky ornice a provedení výkopu. Na stavbu jsem se dostal dlouho po provedení zemních prací, a tudíž návrh prezentuje možné řešení, nikoliv skutečně nasazené stroje a doby provádění prací. Celý návrh je řešen v teoretické rovině, proto reálný výkon se bude lišit od vypočteného.

Následujícími stroji na stavbě byly už jen jeřáby, smykem řízený bagr a stavební výtah. Výpočet časového využití jeřábu je poměrně složitý proces, proto je bakalářská práce rozdělena na teoretickou část a praktické posouzení časového využití jeřábu.



## 1. Popis stavby

ENTERPRICE OFFICE CENTER se nachází v obchodní čtvrti na Praze 4. Jedná se o budovu s kancelářskými prostory rozdělenou na dvě hlavní části. Jedna část se tyčí do výšky dvanácti podlaží, přičemž třinácté podlaží je tvořeno zařízením vzduchotechniky a jiných instalací. Druhá část je sedmi-podlažní. Po dokončení realizace stavba nabídne 29 069 m<sup>2</sup> kancelářských ploch třídy A v 11 podlažích a 2 622 m<sup>2</sup> přízemní plochy pro kavárny, obchody, atd.



Obr. 1: ENTERPRICE OFFICE CENTER  
(Převzato z [ERSTE GROUP IMMORENT])

Investorem je developerská společnost Erste Group. Hlavním architektem je Doc. Ing. arch. Vladimír Krátký.

Budova nabídne svým uživatelům 401 parkovacích stání a 842 m<sup>2</sup> skladovacích prostor ve 4 podzemních podlažích. Nosný systém podzemních podlaží je ze železobetonu.

Jednotlivá nadzemní podlaží jsou po obvodě postavena z prefabrikovaných sloupů a průvlaku. Vnitřní kruhové sloupy, stejně jako většina stěn, jsou monolitické konstrukce. Stěny výtahových šachet jsou v místě dveří stejně jako obvodové sloupy prefabrikované. Celou konstrukci spojuje monolitický železobetonový strop. Prefabrikovaná schodiště se osazují na monolitické podesty.

Některá nadzemní podlaží se liší tvarem od zbylé části budovy, a to na žádost konečného uživatele. Vnitřní prostor je dispozičně vyřešen jako open space. Požadované denní osvětlení je zajištěno prosklenou fasádou.

Stavba je ukončena plochou střechou.

## 2 Legislativa a podmínky stavebního povolení

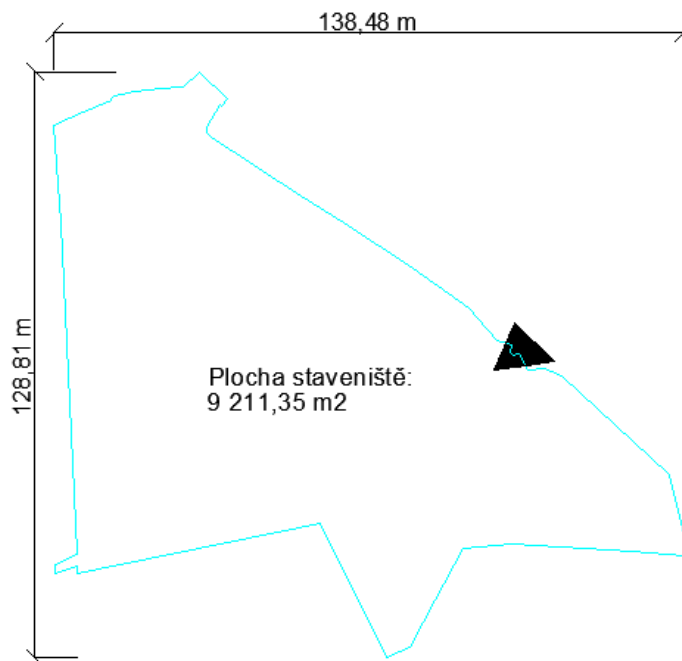
Zpracování všech dokumentací se řídilo předpisem č.183/2006 Sb. (stavební zákon).

Legislativa a podmínky stavebního povolení – není ústředním tématem bakalářské práce.

### 3 Zemní práce

#### 3.1 Návrh prostředků k sejmutí ornice

Snímání ornice se provádělo pomocí buldozeru. Typ buldozeru byl autorem zvolen dle vlastního uvážení, autor neměl potřebné podklady, ze kterých by bylo zřejmé, jaký stroj byl použit na stavbě. Jedná se pouze o přiblížení doby snímání ornice zvolením výkonnostně vhodného buldozeru. Výpočet počítá s hrnutím 0,2 m silné vrstvy ornice.



Obr. 2 - Plocha staveniště

##### 3.1.1 Návrh buldozéro

Navrhují dozer Caterpillar D3K (LGP)

##### Pracovní výkonnost dozeru

$$Q_{p,o} = \frac{3600}{t_{cykl}} V_{max} * k_z * k_t * k_{\check{c}} [m^3 * h^{-1}]$$

$V_{max}$  - max. V hrnutého hranolu [ $m^3$ ]

W - šířka radlice = 2,36 [m]

H' - výška radlice = 0,86 [m]

$k_z$  - s. ztráty zeminy únikem do strany

$k_t$  - s. vlivu zeminy

$k_{\xi}$  - s. časového využití dozeru

$t_{cykl}$  - doba pracovního cyklu stroje

$$V_{max} = 0,8 * W$$

$$V_{max} = 1,40 \text{ [m}^3\text{]}$$

### Výpočet s. ztráty zeminy únikem do strany

$$k_z = 1 - 0,005 \cdot L_2$$

$L_2$  je dráha hrnutí  
z.

$$2,9584 \text{ [m]}$$

$$k_z = 0,99$$

### Stanovení součinitele vlivu zeminy

Třída zeminy 1 -> součinitel pro pásový dozer je

$$k_t = 0,8$$

### Stanovení s. časového využití dozeru

Hodnocení

45 min

$$k_{\xi} = 0,67$$

### Výpočet doby pracovního cyklu stroje

$t_{cykl}$

$t_1$  - doba těžení [s]

$t_2$  - doba zpáteční jízdy [s]

$$t_1 = \frac{L_1}{v_1}$$

$L_1$  - dráha

$$2,96 \text{ [m]}$$

$v_1$  - těžení

$$2 \text{ [km/h]}$$

$$t_1 = 5,33 \text{ [s]}$$

$$t_2 = \frac{L_2}{v_2}$$

$L_2$  - dráha zp. jízdy

$$5,92 \text{ [m]}$$

$v_2$  - rychl. zp. jízdy

$$4 \text{ [km/h]}$$

$$t_2 = 5,33 \text{ [s]}$$

$$t_{cykl} = 10,65 \text{ [s]}$$

$$Q_{p,o} = \frac{3600}{t_{cykl}} V_{max} * k_z * k_t * k_{\xi} [m^3 * h^{-1}]$$

$$Q_{p,o} = 249,25 [m^3 * h^{-1}]$$

### Čas provádění práce

$$t = \frac{V}{Q_{p,o}}$$

$$t = 7,39 [h]$$

t - čas potřebný k vykonání [h]

V - objem ornice 1842,36 [m<sup>3</sup>]

Q<sub>p,o</sub> - pracovní výkonnost stroje

Skutečná doba snímání ornice bude delší. Výpočet udává pouze teoretický výkon stroje, který se bude lišit od reálného. Jedním z faktorů, který má vliv na výkonost celého procesu, je naložení a odvoz. Návrh prostředku k nakládání a odvozu je opět odvozeno podle výkonu dozeru.

### 3.1.2 Návrh nakladače

Navrhují nakladač Caterpillar 924HZ

Provozní výkonnost

$$Q_p = 3600 * \frac{V * k_p}{T_{cu}} [m^3 * h^{-1}]$$

Q<sub>p</sub> - provozní výkonnost

V - objem prac.

nástroje 1,7 [m<sup>3</sup>]

T - d. teoretického pracovního cyklu

k<sub>p</sub> -koeficient plnění lopaty

Stanovení teoretické doby pracovního cyklu

$$T_{cu} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + T [s]$$

T - doba teor. prac.  
cyklu

20 [s]

Stanovení opravného času t<sub>1</sub>

Závisí na typu horniny

1.-2.

t<sub>1</sub> =

0

Stanovení opravného času  $t_2$   
 Závisí na uložení navršená do 3 m  $t_2 =$  0,6

Stanovení opravného času  $t_3$   
 Závisí na průběhu pr. cyklu konstantní  0

Stanovení opravného času  $t_4$   
 Vztaženo k velikosti korby do 10 m<sup>3</sup>  2,4

Stanovení teoretické doby pracovního cyklu  
 $T_{cu} =$  23 [s]

Stanovení k. plnění lopaty  
 homogenní, příp.  
 štěrk s prům.  
 zrn do 3 mm   $k_p =$  0,97

Provozní výkonnost:  
 $Q_p =$  258,10 [m<sup>3</sup>\*h<sup>-1</sup>]

Pracovní výkonnost  
 $Q_s = Q_p * k_{\zeta}$  [m<sup>3</sup> \* h<sup>-1</sup>]

$k_{\zeta}$  - k. časového využití

Stanovení koeficientu časového využití  
 Podle doby využití 50 min  $k_{\zeta} =$  0,83

Pracovní výkonnost  
 $Q_s =$  214,23 [m<sup>3</sup>\*h<sup>-1</sup>]

Doba pracovního cyklu

$$i = \frac{3600}{T_s} \quad i_p = i * \frac{50}{60}$$

$T_s$  - doba prac.  
 cyklu v s 20 [s]

$i_p =$  150

Požadovaná výkonnost

$$Q_{poř} = \frac{V_{orn}}{t} [m^3 * h^{-1}]$$

$V_r$  - objem ornice = 1842,4 [m<sup>3</sup>]  
 $t$  - max přípustná  
doba 8 [h]

$$Q_{poř} = 230,295 [m^3 * h^{-1}]$$

Požadovaný objem horniny

$$V_{poř} = \frac{Q_{poř}}{i_p} [m^3] \quad i_p = i$$

$$V_{poř} = 1,54 [m^3]$$

*Stanovení měrné hmotnosti zeminy*

maximální  $\rho = 1,9 [t * m^{-3}]$

Stanovení požadovaného objemu horniny k výpočtu  
velikosti lopaty

$$V_{poř,1} = V_{poř} * k_p [m^3]$$

*Stanovení k. plnění lopaty*

homogenní, příp.  
štěrk s prům. zrn  
do 3 mm

$k_p = 0,97$

Za jeden pracovní cyklus se požaduje zpracovat

$$V_{poř,1} = 1,49 [m^3] \quad \text{čili} \quad 2,83 [t]$$

### 3.1.3 Návrh odvozního prostředku

Navrhují Tatra T158-8P5R33.343 – objem korby 10 m<sup>3</sup>

Parametr nakládky

$$E = \frac{V_d}{V_r}$$

$V_d$  - objem korby 10 [m<sup>3</sup>]  
 $V_r$  - objem  
lopaty/lžíce 1,7 [m<sup>3</sup>]

$$E = 5,88$$

Kapacita a počet dopravních prostředků

$$N_v = \frac{E_t}{Q * \frac{T_e}{T_c}} \text{ [ks]}$$

$E_t$  = teoretický v. rypadla

$Q$  - objem korby

$T_c / T_c$  - počet prac. C. za 1 h

*Efektivní pracovní čas  $T_E$*

$t_z$  - čas ztrát

51,32 [min\*h<sup>-1</sup>]

*Celková doba cyklu dopravního prostředku*

$t_1$  - těžební a nakl. Čas

$t_{2a}$  - přeprava mat. v obci

$t_{2b}$  - přeprava mimo obec

$t_3$  - man. čas do vyklop.

$t_4$  - čas vyklopení mat.

$t_5$  - zpětná jízda prazdn.

$t_4$  - čas na nájezd před r.

88,63 [min]

*Stanovení počtu pracovních cyklu za 1 hod*

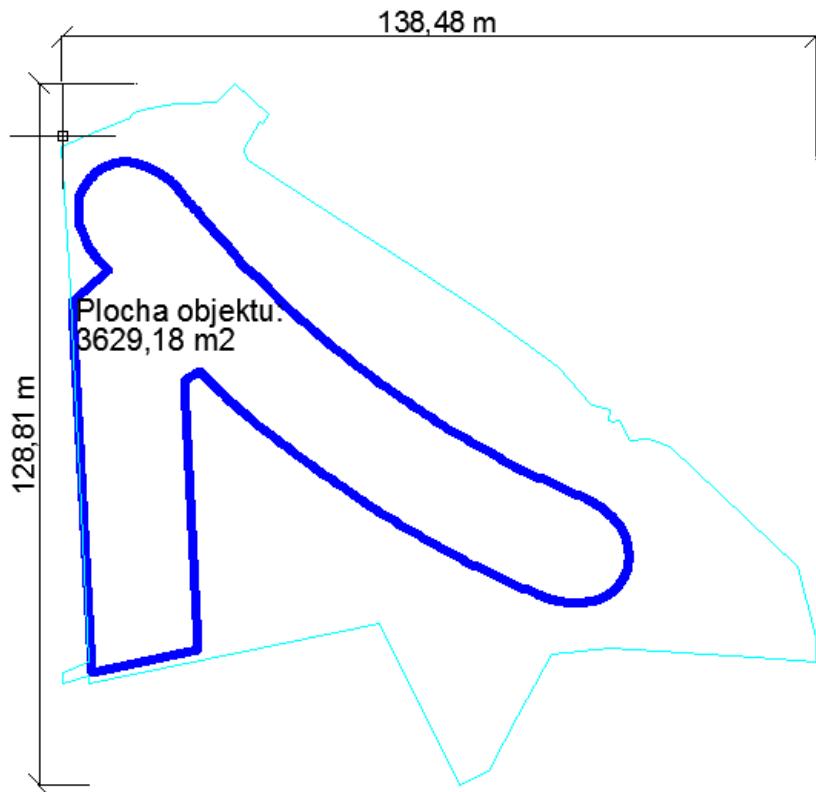
0,58

*Stanovení počtu dopravních prostředků*

37,00



3.2 Návrh prostředků k výkopu a odstranění výkopku Přístup na stavbu jsem získal dlouho po provedení zemních prací, proto o rozsahu prací nemám dostatečné podklady. Z tohoto důvodu jsem si je odvodil z půdorysu stavby a z údaje, že Enterprise nabídne 4 podzemní podlaží.



Obr. 3 - Plocha objektů

### 3.2.1 Návrh rypadla

Navrhují rypadlo Cat Hydraulic Excavator 318E L, výložník R3,1 m

Teoretický výkon rypadla

$$Q = 3600 \frac{V}{T} [m^3 * h^{-1}]$$

Q - objem vytěžené h. v 1 cyklu

V - objem

horniny 0,91 [m³]

T - doba cyklu = 30,2 [s]

Q = 81,49 [m³\*h⁻¹]

Provozní výkonnost

$$Q_p = Q * k_p * k_o * k_u * k_n * k_l \text{ [m}^3 * \text{h}^{-1}\text{]}$$

$k_p$  -koeficient plnění lopaty  
 $k_o$  -k. kvalifikace obsluhy  
 $k_u$  - k. úhlu otáčení  
 $k_n$  - k. opotřebení lopaty  
 $k_l$  - k. pom. Obj. lopaty/obj. korby

#### Stanovení koeficientu plnění lopaty

Třída horniny 1.-2.  $k_p = 0,99$

#### Stanovení koeficientu kvalifikace obsluhy

Dle zkušný pracovník  $k_o = 1,1$   
 profesionality:

#### Stanovení koeficientu úhlu otáčení

Podle otočení na: 60  $k_u = 1,15$

#### Stanovení koeficientu opotřebení lopaty

Podle opotřebení lopaty: bez opotřebení  $k_n = 1$

#### Stanovení koeficientu poměru objemu korby/objemu lopaty

Poměr: 6  $0,96$

#### Provozní výkonnost po dosazení

$Q_p = 97,97 \text{ [m}^3 * \text{h}^{-1}\text{]}$

#### Pracovní výkonnost rypadla

$$Q_s = Q_p * k_{\check{c}} \text{ [m}^3 * \text{h}^{-1}\text{]}$$

$k_{\check{c}}$  -k. časového využití

#### Stanovení koeficientu časového využití

Podle doby využití 60 min  $k_{\check{c}} = 1$

#### Pracovní výkonnost rypadla

$Q_s = 97,97 \text{ [m}^3 * \text{h}^{-1}\text{]}$

#### Výkonnost v běžných metrech za hodinu - výkop rýh

$$Q = \frac{Q_p}{V_{bm}} \text{ [m}^3 * \text{h}^{-1}\text{]}$$

$Q_p$  - provozní výkonnost

$V_{bm}$  - objem 1  
běžn. m rýhy 2,34 [m<sup>3</sup>]

Q = 41,87 [m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup>]

Navrhuji 5 rypadel

Doba trvání těžby zeminy:

$$T = \frac{V_{zeminy}}{Q_s * n} [m * h^{-1}]$$

$V_{zeminy} = 50809 \text{ m}^3$

n - počet rypadel

$Q_s$  - pracovní výkonnost rypadla

T = 242,699 h

### 3.2.2 Návrh odvozního prostředku

Navrhuji Tatra T158-8P5R33.343 – objem korby 10 m<sup>3</sup>

Parametr nakládky

$$E = \frac{V_d}{V_r}$$

$V_d$  - objem korby 10 [m<sup>3</sup>]

$V_r$  - objem

lopaty/lžíce 0,91 [m<sup>3</sup>]

E = 10,99

Kapacita a počet dopr.  
prostředků

$$N_v = \frac{E_t}{Q * \frac{T_e}{T_c}} [ks]$$

$E_t$  = teoretický v.  
rypadla

81,49 [m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup>]

Q - objem korby 10 [m<sup>3</sup>]

$T_c / T_c$  - počet prac. C. za 1 h

Efektivní pracovní čas  $T_E$ :

$$T_E = \frac{T_c}{(T_c + t_z)} * 60 [min * h^{-1}]$$

$t_z$  - čas ztrát

15 [min]

$T_E = 51,15 [min * h^{-1}]$

*Celková doba cyklu dopravního prostředku*

$$T_c = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 \text{ [min]}$$

t <sub>1</sub> - těžební a nakl. Čas	0 [min]
t <sub>2a</sub> - přeprava mat. v obci	9,667 [min]
t <sub>2b</sub> - přeprava mimo obec	41,67 [min]
t <sub>3</sub> - man. čas do vyklop.	0,833 [min]
t <sub>4</sub> - čas vyklopení mat.	0,5 [min]
t <sub>5</sub> - zpětná jízda prazdn.	33,33 [min]
t <sub>4</sub> - čas na nájezd před r.	0,667 [min]

$$T_c = 86,67 \text{ [min]}$$

*Stanovení počtu pracovních cyklu za 1 hod:*

$$T_e/T_c = 0,59$$

*Stanovení počtu dopravních prostředků pro jedno rypadlo*

$$N_v = 14,00$$

*Stanovení počtu dopravních prostředků pro všechna rypadla*

$$N_{vc} = 70,00$$

Návrh odvozních prostředků nezahrnuje zdržení, jako je například čekání při nájezdu k nakládce. Pro přesnější výpočet se doporučuje použít teorii hromadných obsluh.

## 4 Návrh jeřábu

### 4.1 Teorie

#### 4.1.1 Zařízení staveniště a zásobování materiálem

Z hlediska tématu bakalářské práce se zaměřuji hlavně na prostory úložné, výrobní a dopravní. Ostatní plochy, zabírané například buňkami pro potřeby účastníků stavby, vrátnice a podobně, byly vyřešeny připravářem. Výrobní prostor pro hrubou stavbu je dán ze značné míry architektonickým plánem stavby. Dále do výrobního prostoru řadím prostranství zabírající lešení. Zbývající část stavby je rozdělená na plochy úložné, dopravní a nevyužitelné kvůli výškovému rozdílu.

Dopravní prostor je rozdělen na dvě základní části. První část je určena pro nákladní automobily přivážející materiál. Trasa je volena tak, aby se vozidlo mohlo dostat ke zvedacímu prostředku, pomocí něhož bude vyloženo. Druhá část dopravního prostoru je určena pro přesun osob na stavbě.

Úložný prostor je stejně jako dopravní členěn na dvě části. Otevřená skládka je určena pro výztuž, prefabrikáty, součásti lešení. Část materiálu v době hrubé stavby se nachází v podzemních podlažích, kde byly postaveny dočasné kóje.

#### 4.1.2 Zásobování materiálem

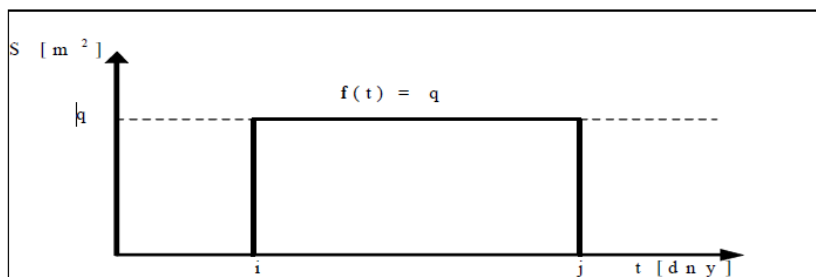
Stavba objektu ENTERPRISE je komplikovaná malým stavenišťem. O to více je důležité pro zhotovitele stanovit, jestli prostor pro skládky je dostatečně veliký a tudíž umožní plynulý průběh stavebních procesů podle časového plánu stavby. Využití stavebního prostranství je závislé na modelu odběru spotřebního materiálů.

Zásobování a spotřebu materiálů lze vyjádřit pomocí jednoduchých modelů.

### 4.1.3 Modely dodávky a spotřeby materiálů

#### Model 1

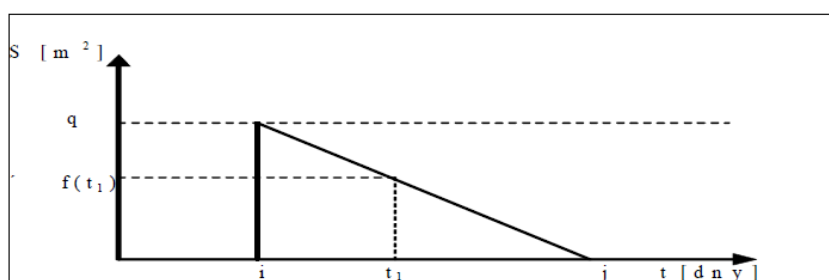
Materiál je dodáván na stavbu a následně uskladněn. Zabírá určitou plochu a potom je naráz spotřebován. Grafické vyjádření



Obr. 4: Model 1 - zpracování materiálů (Převzato z [Motyčka hab. práce])

#### Model 2

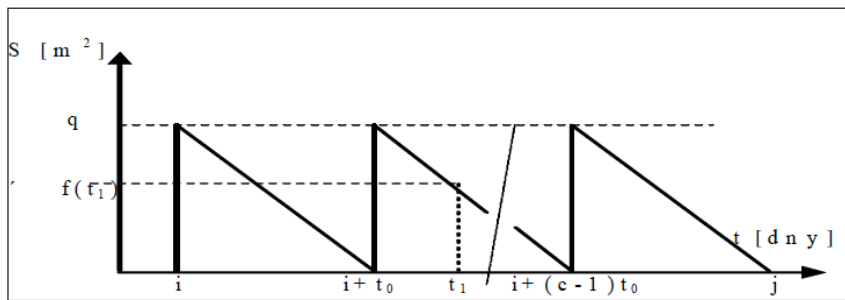
Materiál je dovezen na stavbu a následně postupně odebírán. Možné grafické vyjádření:



Obr. 5: Model 2 - zpracování materiálů (Převzato z [Motyčka hab. práce])

#### Model 3

Materiál je dodáván cyklicky a postupně zpracováván. Předpokládá se, že dodávky jsou objemově a hmotnostně stejné.



Obr. 6: Model 3 - zpracování materiálů (Převzato z [Motyčka hab. práce])

#### 4.1.4 Stanovení doby překládky na staveništní skládku

Materiál vyžadující přemístění na úložné prostranství z nákladního automobilu představuje pro jeřáb značné zdržení. Za určitých okolností je nutné započítat dané zdržení do posouzení časového využití jeřábu.

Doba zpoždění se spočítá z jednotkového množství materiálu pro přesun jeřábem, koeficientu účinnosti jeřábu, celkového množství překládaného materiálu, doby přemístění jednotkového množství na skládku.

Vztah pro výpočet času zdržení:

$$T_u = \frac{Q_c}{J} \cdot t_u \cdot \frac{1}{k_p}$$

kde:

- $T_u$ ...potřebný čas pro přeložení materiálu z dopravního prostředku na skládku,
- $Q_c$ ...celkové požadované množství materiálu pro přepravu,
- $J$ ...jednotkové množství materiálu pro přesun jeřábem,
- $t_u$ ...čas pro přeložení jednotkového množství materiálu z dopravního prostředku,

na skládku (pro běžné vykládání materiálu z návěsů nebo přívěsů bude  $t_u$  v intervalu 2 až 5 minut),

$k_p$ ...koeficient účinnosti jeřábu (6).

#### 4.1.5 Výkonnost jeřábů

Výraz výkonnost jeřábu zahrnuje objem vykonané práce za určitou dobu. Výkonnost lze uvést v t/h, kus/h, m<sup>3</sup>/h, m<sup>2</sup>/h.

Na výkonnost stroje působí vnější faktory, které můžeme zahrnout do tří koeficientů:

- *Koeficient časového využití stroje*  $k_t$  (0,8; 0,9) zahrnuje organizační a technické vlivy, které způsobují nečinnost stroje.
- *Koeficient výkonnostního využití stroje*  $k_v$  (0,5;0,9) zahrnuje objektivní vlivy pracovních podmínek ,
- *Koeficient intenzity využití stroje*  $k_i$  (0,4;0,98) zahrnuje subjektivní vlivy pracovních podmínek.

Výsledný koeficient pracovní účinnosti stroje  $k_p$  je vyjádřen jako:

$$k_p = k_t \cdot k_v \cdot k_i$$

Výkonnost stavebních jeřábů můžeme dále dělit na:

- teoretickou výkonnost,
- technickou výkonnost,
- provozní výkonnost.

Stavební jeřáb patří do kategorie cyklicky pracujících strojů. Jejich výkonnost  $Q$  můžeme stanovit ze vztahu:

$$Q = C \cdot J \cdot k_p \quad [\text{jedn. množství / čas}]$$

kde:

- $C$  je počet cyklů jeřábu vykonaných za časový úsek,
- $J$  je množství materiálu, které se přesune v jednom cyklu,
- $k_p$  je celkový koeficient pracovní účinnosti stroje



Pro vypočtení výkonnosti jeřábu je nutné stanovit počet cyklů za čas. Lze ho stanovit ze vztahu:

$$C = \frac{1}{t_n}$$

kde: -  $t_n$  je čas pracovního cyklu v minutách

Často se vyjadřuje čas v minutách. Následující vzorec umožňuje stanovit počet cyklu za hodinu:

$$C_h = \frac{60}{t_n}$$

Vypočet užité hodinové výkonnosti věžového jeřábu  $Q_n$  je dán vztahem:

$$Q_n = \frac{60}{t_n} \cdot J \cdot k_p \text{ [m.j./hod.]}$$

Jednotkové množství určitého materiálu, které je přesouváno v průběhu jednoho cyklu, závisí na technických možnostech pro přemístování materiálů a na parametrech posuzovaného stroje. Pro jeden druh materiálu se v drtivé většině případů jedná o stejné množství.

Není to však podmínkou. Množství materiálů se může lišit a doba přepravy (cyklů) materiálů může být jiná. Pro tento případ platí následující vzorec:

$$Q = \frac{k_p \sum_{i=1}^r J_i}{\sum_{i=1}^r t_{ni}} \text{ [m.j. / čas]}$$

kde:

- $J_i$ ... je množství materiálu přepravené v  $i$  – tém cyklu jeřábu,
- $t_{ni}$ ... je čas potřebný na  $i$  – tý cyklus jeřábu,
- $r$ ... je počet cyklů.

Při návrhu jeřábu je vhodné posoudit jeho časové využití. Stavební stroje, které nejsou v požadované míře využity, svojí nečinností vytvářejí

prostoje, které jsou zbytečnými ztrátami z finančního hlediska. Nevhodný je i opačný případ, kdy na stavbě jeřáb nestíhá zásobovat stavbu podle harmonogramu. Pokud se stavba nepostaví v požadovaném časovém termínu, povede to k finančním pokutám. Časové využití jeřábu je podrobněji řešeno v následujících kapitolách.

*Příklad výpočtu pracovní výkonnosti jeřábu jako cyklického stroje (reálné měření při betonáři bádii)*

$$Q = C * J * k_i * k_t * k_v$$

kde:

C - je počet cyklů jeřábu, vykonaných za jedn. času	
J - mn. přepr. materiálů v jednom cyklu	0,75 [m <sup>3</sup> ]
k <sub>t</sub> - k. časového využití stroje	0,8
k <sub>v</sub> - k. výkonnostního využití stroje	0,6
k <sub>i</sub> - k. intenzity využití stroje	0,58

Stanovení počtu cyklů C

Za

minutu:

$$t_n = \frac{C}{C} \quad t_n - \text{čas pracovního cyklu} \quad 8,45 \text{ [min]}$$

$$C = \frac{1}{0,12} \quad C = 0,12 \text{ [cykl/min]}$$

Za

hodinu:

$$C_h = \frac{C_h}{60} \quad C_h = 7,10 \text{ [cykl/hod]}$$

Užitná hodinová výkonnost věžového jeřábu Q<sub>n</sub>

$$Q_n = J * \frac{60}{t_n} * k_i * k_t$$

$$C_h = 1,48 \text{ [cykl/hod]}$$

#### 4.1.6 Metody návrhu jeřábu

V předchozí části je rozepsán postup stanovení výkonu jeřábu. Ale samotný výkon jeřábu nezohledňuje vliv vstupních ukazatelů. Metody návrhu jeřábu již tyto vstupní ukazatele zahrnují, ale přesto se jedná o orientačně charakterizující požadavky na přepravu materiálů.

##### Metoda založena na počtu obsluhovaných pracovníků

Rozhodujícím faktorem jsou počty dělníků potřebujících ke své činnosti obsluhu jeřábem. Různí autoři udávají odlišné hodnoty, vesměs od 10 do 25 pracovníků na jeden jeřáb. Počet osob na jeden jeřáb může být konkretizován v závislosti na konstrukci stavby, ale vliv typu a druhu jeřábu je zanedbán.

##### Metoda využívající ukazatel obestavěného prostoru realizovaného objektu za jednotku času

Ukazatel udává, kolik  $m^3$  obestavěného prostoru se postaví pomocí jednoho jeřábu za jednotku času. Nejčastěji se udává hodnota  $1\ 000\ m^3$  za jeden měsíc. Stejně jako v předchozím případě typ a druh jeřábu nemá vliv na udanou hodnotu. Dále tato metoda zanedbává i konstrukční systém objektu.

##### Metoda využívající ukazatel hmotnosti přemísťovaného materiálu za jednotku času

Na základě této metody lze stanovit, kolik kN stavebního materiálu je možno přemístit za jednotku času (většinou se jedná o měsíc) pomocí jednoho jeřábu. Jsou stanoveny hodnoty od  $3\ 000$  do  $6\ 600\ kN/měsíc$ . Jako i v předchozích případech se neuvažuje vliv typu a druhu jeřábu. Ukazatele lze ale zpřesnit po stanovení spotřeby materiálu v  $kN/m^3$  obestavěného prostoru pro jednotlivé konstrukční systémy.

Výrobce jsou stanoveny pro jednotlivé typy jeřábu jejich měsíční výkony v  $kN/měsíc$  nebo je můžeme přibližně určit. Pomocí těchto ukazatelů se může určit typ a počet jeřábů.

## Metoda využívající ukazatel objemu (hmotnosti) rozhodujících materiálů za jednotku času

Ukazatel udává hmotnost nebo objem rozhodujících materiálů (m<sup>2</sup> bednění, kN prefabrikátů, m<sup>3</sup> čerstvého betonu,...), které budou přemístěny za jednotku času. Následný postup je totožný s předchozím.

## Metoda návrhu jeřábu podle normativů doby trvání procesů obsluhovaných jeřábem

Hlavním kritériem při návrhu jeřábu jsou normohodiny jednotlivých činností požadujících obsluhu jeřábem. Dané hodnoty jsou hlavním faktorem při určení trvání realizace jednotlivých činností. Podíl celkového času provádění k požadované době výstavby je právě požadovaný počet jeřábů. Výpočet je nutné upravit koeficientem prostojů, který je udáván až 48 %.

## Metoda odhadu potřebné doby nasazení jeřábu

Vychází se z poměrné hmotnosti v t/m<sup>3</sup> a z obestavěného prostoru stavby, pomocí nichž se určí přibližná hmotnost stavby. Dále se předpokládá, že 80 % materiálu bude přesouváno jeřábem. Dalším předpokladem je, že jeřáb přemístí 1 tunu nákladu na konci výložníku v jediném cyklu za zhruba 6 minut. Z toho lze stanovit čistý čas potřebný k přemístění materiálů. Hodnota bude jako v předchozím případě upravena koeficienty, například koeficientem skutečných možností využití pracovní doby.

Představené metody již nejsou zcela vyhovující. Jak už bylo řečeno nezahrnují důležité vstupní údaje.

#### 4.1.7 Určení stavebních procesů a požadavků na zásobování jeřábem

Návrh jeřábu je vázán na procesy požadující obsluhu jeřábem. Materiál, který je třeba k vykonávání těchto procesů, a tudíž bude přemísťován jeřábem, označím jako „rozhodující materiál“. Dále je Enterprise budova s čtyřmi podzemními a 12 – 13 nadzemními podlažími. Návrh jeřábu nebude konstruován v závislosti na přesunu materiálu po celou dobu výstavby, ale pouze pro kritickou dobu z hlediska časového využití jeřábu. Jestliže posouzení jeřábu vyjde pro dané období, musí být jeho výkon postačující i pro jiné části realizace. Kritická doba realizace by měla splňovat podmínky:

- je přemísťováno největší množství materiálu,
- probíhá více procesů současně,
- cesta přesouvání materiálu je nejdelší,

Na první pohled se zdá, že všechny dané požadavky splňuje období realizace hrubé stavby posledních podlaží. Ale v průběhu realizace 6. podlaží bylo třeba zásobovat hned oba bloky stavby, tudíž se jedná o časový úsek, kdy bylo třeba přemístit největší množství materiálu. V daný moment už probíhá realizace prosklené fasády a zároveň se realizuje hrubá stavba vrchních pater.

Rozhodujícím materiálem při posouzení jeřábu je:

- prefabrikované sloupy, průvlaky a schody,
- bednění,
- výztuž,
- beton,
- rámy skleněné fasády,
- zasklení fasády.

Při návrhu jeřábu v době před realizační fází výstavby by se vycházelo z projektové dokumentace, harmonogramu stavby, technologického normálu,.... Ale firma STRABAG a.s. je vázána smlouvou

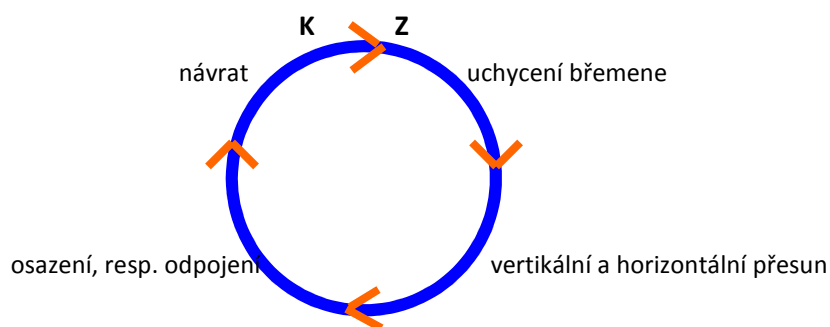
a nesmí předat tyto údaje třetím osobám bez souhlasu investora. Proto jsem při stanovení rozhodujících materiálů vycházel z veřejně dostupných informací a z pozorování na stavbě. Jako veřejně dostupné informace posloužily reklamní materiály investora. Jejich zpracováním přes software jsem získal přibližné výkazy výměr. Pozorováním na stavbě jsem zjistil způsob provádění jednotlivých konstrukcí.

#### 4.1.8 Stanovení doby obsluhy jeřábem, výpočet pracovního cyklu

Jeřáb je cyklicky pracujícím strojem. Pracovní cyklus můžeme rozdělit na několik základních částí:

- uchycení přemísťovaného předmětu za hák,
- přesun materiálu,
- osazení materiálu a odpojení,
- návrat na výchozí pozici.

Doba cyklu stacionárního jeřábu závisí na druhu přepravovaného předmětu, rychlosti navíjení, rychlosti a úhlu otáčení jeřábu, vertikální a horizontální vzdálenosti přesouvaného materiálu.



Obr. 7 - Základní dělení pracovního cyklu jeřábu

Výpočet doby pracovního cyklu věžového jeřábu bude vycházet z tzv. metody kritické cesty. Daná metoda umožňuje sloučit několik fází cyklu, tj. zohlednit jejich souběžnost. Samozřejmě se musí určit doba trvání jednotlivých pohybů – přesunu a jejich vzdálenost. A to jsou:

- zdvih háku,
- vodorovný přesun háku,
- otočení výložníku,

- spuštění háku.

Bez zjištění trvání těchto výkonů nebude možné stanovit dobu trvání cyklu.

Moderní jeřáby umožňují vykonávat několik procesů současně, a to až tři naráz. To ale závisí na prostoru staveniště a schopnosti jeřábníka. Ve svém výpočtu budu uvažovat dva pohyby současně. Pro výpočet doby trvání cyklu bude proces probíhající déle rozhodující.

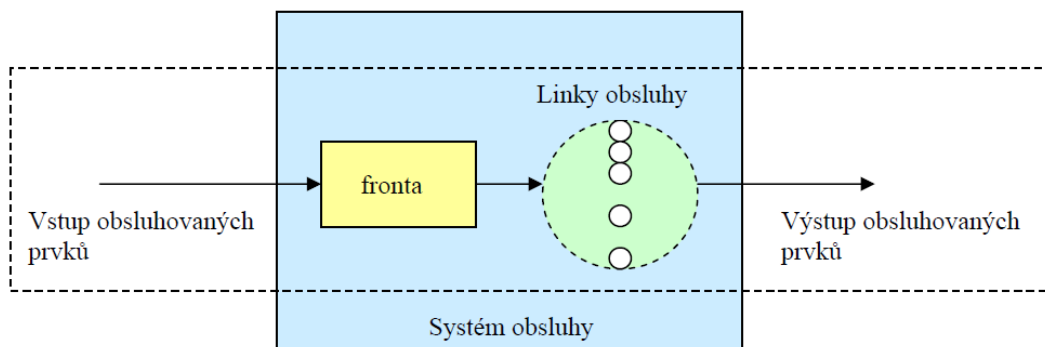
#### 4.1.9 Problematika extenzivního vytížení věžových jeřábů

Aplikace teorie hromadné obsluhy

Pomocí již výše sepsaných vztahů pro výpočet výkonnosti jeřábu určíme jejich výkonnost při obsluze DSP. Vypočtený výsledek nám ale neprozradí nic o časových prodlevách – ztrátách, které mohou vznikat při současné obsluze několika DSP. Jedna pracovní skupina může čekat na dokončení již probíhající obsluhy jiných DSP. Prostoje při čekání prodlužují trvání jednotlivých DSP a to má negativní vliv na celkovou dobu výstavby.

Aplikováním teorie hromadné obsluhy stanovím časové ztráty a dobu aktivního využití jeřábů při zásobování několika DSP současně.

Grafické znázornění



Obr. 8: Základní struktura systému hromadné obsluhy (Převzato z [Motyčka hab. práce])

D.G.Kendall zavedl jednoduchou klasifikaci systému hromadné obsluhy. Systémy jsou popsány kombinací písmen a číslic:

$X/Y/n/m$ ,

kde  $X$  popisuje vstupní tok prvků,  $Y$  popisuje rozdělení pravděpodobnosti pro dobu obsluhy,  $n$  udává počet linek obsluhy a  $m$  udává maximální počet prvků v systému.

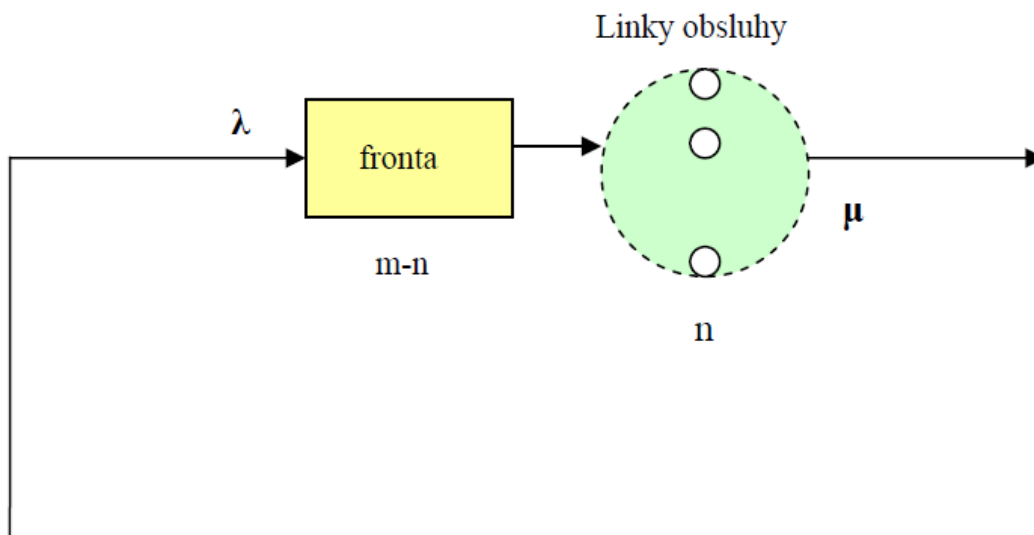
Řešenému úkolu vyhovuje uzavřený systém, popsany podle uvedené klasifikace jako systém  $M/M/n/m$ .

Tento systém vystihuje situaci, kdy v  $n$  – linkovém systému obíhá  $m$  prvků. Přitom pro maximální délku fronty platí následující vztah:

$$m - n \geq 0 \quad (6)$$

Jednotlivé prvky požadující obsluhu opouštějí po ukončení obsluhy systém, ale později se do něho vrací s dalším požadavkem na obsluhu. Situace, kdy platí, že  $m = n$  vede k jednoduchému řešení, každému prvku je přiřazena jedna obsluhující linka a řeší se tak  $n$  jednolinkových systémů s jedním obíhajícím prvkem. Proto se dále bude uvažovat jen situace, kdy  $m > n$ .

Na následujícím obrázku je graficky vyjádřen uzavřený systém  $M/M/n/m$ .



Obr. 9: Uzavřený systém obsluhy  $M/M/n/m$  (Převzato z [Motyčka hab. práce])



V daném případě budou jednotlivé dílčí stavební procesy vyžadovat obsluhu, tedy dodání materiálů. Materiály budou obíhajícími prvky požadujícími obsluhu v obslužném systému. Bude obsluhováno  $m$  prvků. Linkou obsluhy je jeřáb, resp.  $n$  jeřábů, které společně zajišťují zásobování více dílčích stavebních procesů.

O vstupech do obslužného systému (tj. o požadavcích jedné pracovní skupiny na přemístění jednoho druhu materiálu jeřábem) lze většinou oprávněně předpokládat splnění následujících vlastností:

- a) vstup může nastat v kterémkoliv časovém okamžiku sledovaného období (tedy vznést požadavek na obsluhu může pracovní skupina v kterémkoliv okamžiku pracovní doby)
- b) počet vstupů během časového intervalu závisí jen na délce intervalu a ne na jeho počátku. Zejména nezávisí na tom, kolik vstupů nastalo před počátkem intervalu (to znamená, že spotřeba materiálu je plánována ve sledovaném intervalu jako rovnoměrná)
- c) pravděpodobnost, že v intervalu délky  $\Delta t$  nastane více než jeden vstup, konverguje k nule rychleji než délka intervalu  $\Delta t$ .
- d) průměrný počet vstupů za časovou jednotku je roven  $\lambda$ .

Ze splnění podmínek a) až d) teoreticky vyplyne, že náhodná veličina  $X$  - počet vstupů za čas délky  $t$  - má Poissonovo rozložení s parametrem  $\lambda \cdot t$ .

Pro pravděpodobnostní funkci  $p(x)$  náhodné veličiny  $X$  tedy platí:

$$P ( X = x ) = p ( x ) = \frac{ ( \lambda \cdot t ) ^ x }{ x ! } \cdot e ^ { - \lambda \cdot t }$$

Pravděpodobnostní funkce  $p(x)$  udává, jaká je pravděpodobnost, že v časovém intervalu délky  $t$  vstoupí do systému obsluhy  $x$  prvků, kde:  
 $t$ ...sledovaný časový interval

$x$ ...počet výskytů jevu ve sledovaném časovém intervalu

$\lambda$ ...parametr pravděpodobnostní funkce

*Pokud se náhodná veličina  $X$  - počet vstupů - řídí Poissonovým rozdělením s parametrem  $\lambda$ , pak náhodná veličina délka časového intervalu mezi vstupy (v našem případě doba pobytu mimo systém obsluhy) má exponenciální rozdělení s parametrem  $\lambda$ , tj. se střední hodnotou  $T_v = 1 / \lambda > 0$ .*

*Analogicky platí, že také doba obsluhy prvků má exponenciální rozdělení s parametrem  $\mu$ , tj. se střední hodnotou  $T_n = 1 / \mu > 0$ .*

*Pro výpočet charakteristik systému je nejprve třeba stanovit intenzitu provozu systému. Intenzita provozu systému bude značena  $\rho$  a je dána následujícím vztahem:*

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

*kde*

- $\lambda$  je parametr exponenciálního rozdělení, které charakterizuje dobu pobytu prvku mimo systém obsluhy*
- $\mu$  je parametr exponenciálního rozdělení, které charakterizuje dobu obsluhy prvků*

*Pravděpodobnost, že délka obsluhy  $T_n$  bude menší než sledovaný časový interval  $t$  je dána vztahem:*

$$P(t_n \leq t) = 1 - e^{-\mu \cdot t}$$

*Parametr  $\lambda$  vyjadřuje intenzitu vstupu prvků do systému a je dán vztahem:*

$$\lambda = \frac{1}{T_v}$$

*kde  $T_v$  je průměrná doba pobytu prvků mimo systém obsluhy.*

*Parametr  $\mu$  vyjadřuje intenzitu obsluhy prvků a je dán vztahem:*

$$\mu = \frac{1}{T_n}$$

kde  $T_n$  je průměrná doba obsluhy prvků.

Jako celek je systém hromadné obsluhy charakterizován intenzitou provozu systému, pro kterou platí:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{T_n}{T_v}$$

Uzavřený systém obsluhy, značený podle Kendallovy klasifikace **M / M / n / m** lze popsat charakteristikami, které jsou vyjádřeny následujícími vztahy, v nichž pro  $q_j$  platí:

$$q_j = 1 \quad \text{pro } j = 0$$

$$q_j = \frac{m - j + 1}{j} \rho \cdot q_{j-1} \quad \text{pro } 0 < j \leq n$$

$$q_j = (m - j + 1) \alpha \cdot q_{j-1} \quad \text{pro } n < j \leq m$$

$$\alpha = \rho / n$$

a kde:

$n$ ...celkový počet obslužných prvků

$m$ ...celkový počet obsluhovaných prvků (resp. počet dopravovaných rozhodujících materiálů)

$q_j$ ...substituce pro výpočet charakteristik systému

1.  $\varepsilon(N)$  ... průměrný počet prvků v systému obsluhy

$$\varepsilon(N) = \frac{\sum_{j=1}^m j \cdot q_j}{\sum_{j=0}^m q_j}$$

2.  $\varepsilon(N_s)$  ... průměrný počet obsazených linek v systému obsluhy

$$\varepsilon(N_s) = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} j \cdot q_j + n \sum_{j=n}^m q_j}{\sum_{j=0}^m q_j}$$

3.  $\varepsilon(N_Q)$  ... průměrný počet čekajících prvků ve frontě

$$\varepsilon(N_Q) = \frac{\sum_{j=n+1}^m (j-n)q_j}{\sum_{j=0}^m q_j} = \varepsilon(N) - \varepsilon(N_s)$$

4.  $\varepsilon(N_R)$  ... průměrný počet prvků mimo systém obsluhy

$$\varepsilon(N_R) = \frac{\sum_{j=1}^m j q_{m-j}}{\sum_{j=0}^m q_j} = m - \varepsilon(N_s) - \varepsilon(N_Q)$$

5.  $\kappa$  .....využití systému (linky obsluhy)

$$\kappa = \frac{\varepsilon(N_s)}{n} = \rho \cdot \varepsilon(N_R)$$

6.  $\varepsilon(W_Q)$  ...průměrná doba čekání prvku ve frontě

$$\varepsilon(W_Q) = \frac{\varepsilon(N_Q)}{\lambda \varepsilon(N_R)}$$

7.  $\varepsilon(W_O)$  ... průměrná doba oběhu prvku, je složena z doby čekání, doby obsluhy a z doby pobytu mimo systém.

$$\varepsilon(W_O) = \varepsilon(W_Q) + \frac{1}{\mu} + \frac{1}{\lambda} \quad (6)$$

#### 4.1.10 Metoda posouzení časového využití jeřábu nebo jeřábové sestavy

Jeřáb vykonává při realizace stavby více pohybu, a neumíme všechny odhadnout. Ale je třeba vytvořit metodu, která snadno a přitom poměrně přesně popíše a vymodeluje pohyby jeřábu. Získané informace nám poslouží ke stanovení potřebné doby jeho nasazení.

Metoda by měla splnit tyto požadavky:

- Plynulý postup výstavby a plynulý odběr materiálu
- Materiály, kterými jsou obsluhovány jednotlivé DSP, se dělí do tří základních skupin podle požadavků na zásobování:

1. skupina DSP vyžaduje pro realizaci neustálou obsluhu jeřábem (například betonáž, osazení prefabrikovaných konstrukcí).

Časový interval dodávek materiálů je popsán vztahem:

$$t_c = t_s + t_w$$

kde:

$t_c$ ...doba mezi dodávkami jednotkového množství materiálu,

$t_s$ ...čas pracovního cyklu jeřábu,

$t_w$ ... doba prvku (díličního stavebního procesu 1 .skupiny) mimo systém obsluhy,

přitom  $t_w \ll t_s$ , nebo  $t_w = 0$

Čas mimo systém obsluhy materiálů je mnohem kratší než čas pracovního cyklu a často se limitně blíží k nule. Pro 1. skupinu DSP budeme  $t_w$  považovat rovné nule.

2. skupina DSP není závislá na neustálé obsluze jeřábem. Převážně se jedná o zásobování DSP kusovým materiálem, který je dodáván v určitých časových intervalech (jako bednění, výztuž atd.). Dodávky materiálu mohou být doprovázeny menším zdržením. Při realizaci stavby může nastat situace, kdy není možné obsloužit jeřábem DSP z časových důvodů. Za těchto podmínek můžeme předzásobit realizované DSP (musí

nám to umožnit pracovní prostor). Časový interval dodávek materiálů je popsán vztahem:

$$t_c = t_s + t_v$$

kde:

$t_c$ ... doba mezi dodávkami jednotkového množství materiálu

$t_s$ ... čas pracovního cyklu jeřábu

$t_v$ ... doba prvku (díličního stavebního procesu 2. skupiny) mimo systém obsluhy

3. skupina DSP má nestandardní požadavek na zásobování jeřábem. Příkladem třetí skupiny je technologické vybavení objektu, kdy obsluha jeřábem je vyžadována méně než 1x/120 min.

Pro 1. skupinu DSP je uvažováno plné využití časové kapacity jeřábu.

Pro 2. skupinu DSP posouzení časového využití jeřábu bude vycházet z teorie hromadných obsluh. Rozhodující materiály v této skupině nevyžadují plné časové využití jeřábu, ale současně požadují zásobování nejméně 1x /120 minut.

Nepředvídané požadavky na zásobování jeřábem a materiály zásobované jeřábem méně jak 1x /120 minut budou zahrnuty do výpočtu pomocí koeficientu „ostatních materiálů“  $k_{om}$ . Hodnota je stanovena odbornou literaturou na 0,25 a dle zdrojů vychází z praktických zkušeností. Předpokládá se, že přesun „ostatních materiálů“ a nepředvídatelných požadavků tvoří přibližně 20 % časové vytíženosti jeřábu.

Atypický požadavek 3. skupiny DSP na zásobování rozhodujícími materiály bude zahrnut do výpočtu časového využití jeřábu zvlášť, přičemž se musí zohlednit požadavky a podmínky jednotlivých materiálů 3. skupiny DSP na přesun.

#### 4.1.11 Modely posouzení časového využití věžových jeřábů

Zde jsou představeny modely, které popisují, v jaké sestavě pracují jednotlivé jeřáby a co vykonávají:

Model 1:

Na stavbě se v daném časovém úseku nachází jeden jeřáb, který se využívá pouze pro jedno DSP. Daný proces vyžaduje zásobování jedním *rozhodujícím materiálem*. Příkladem takového DSP je montáž prefabrikované konstrukce.

Model 2:

Situace, kterou popisuje model 2 se vyznačuje tím, že se na stavbě v požadovaném časovém období nachází jeden jeřáb, ale na rozdíl od předchozího modelu obsluhuje vícero DSP. Jeřáb přesouvá *m rozhodujících materiálů*.

Model 3:

Model 3 posuzuje v požadovaném časovém úseku obsluhu DSP pomocí několika jeřábů. Dané DSP vyžadují zásobování více rozhodujícími materiály. Návrh modelu 3 je vhodný pro krátkou dobu výstavby.

Model 4:

Popisuje obsluhu několika jeřáby v požadovaném časovém úseku. Každý jeřáb přesouvá samostatně materiál pro jedno nebo skupinu DSP a zároveň obsluhují jiná DSP společně s dalšími jeřáby.

#### 4.2 Podklady ke zpracování časového vytížení jeřábů

Ke zpracování hlavní části bakalářské práce týkající se posouzení jeřábu potřebuji výkazy výměr, harmonogram stavby a další podklady. Tyto informace mi ale společností STRABAG a.s. nebyly poskytnuty. Jmenovaná stavební společnost je generálním dodavatel a je vázána smlouvou s investorem o nesdělování výrobních údajů třetím stranám. Proto část podkladu byla odvozena z pozorování na stavbě nebo z veřejně dostupných

informací. To může být důvodem neshody posouzení vhodnosti jeřábu nebo jeřábové sestavy se závěrem, který vzešel z návrhu.

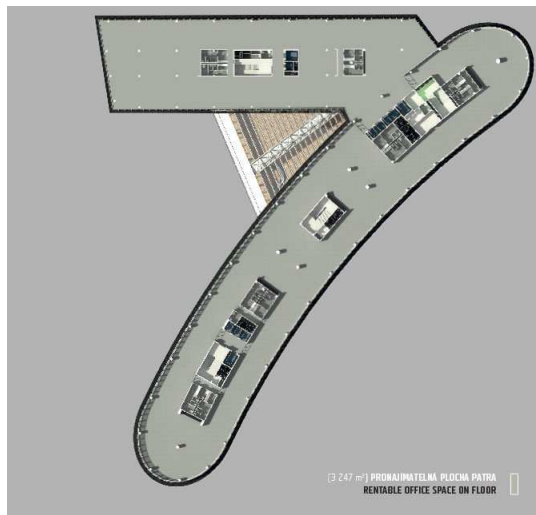
#### 4.2.1 Odvození výkazu výměr

Výkaz výměr jsem získal z reklamního materiálu vytvořeného investorem a z poskytnutého výkresu zařízení staveniště. Pomocí úprav ve studentské verzi Autocadu jsem získal jednotlivé plochy podlaží.

Na daném obrázku je půdorys podlaží již ve finální fázi, ale ne všechny stěny jsou realizovány v době hrubé stavby. Část stěn je

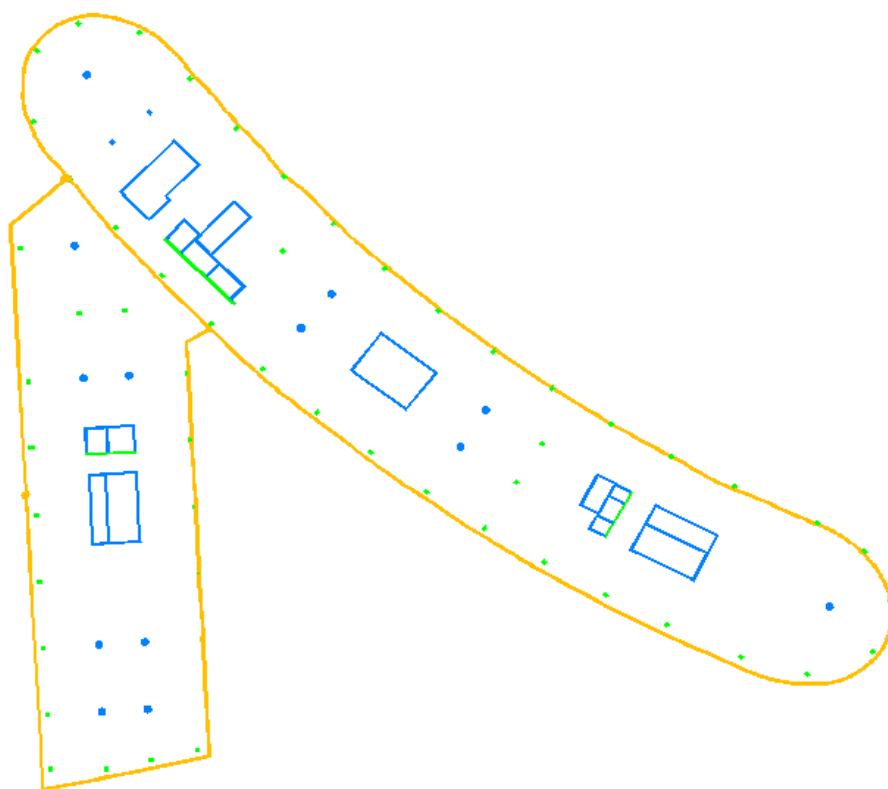
ze sádkartonových desek. Proto následujícím krokem byla filtrace vertikální konstrukce budované ve fázi hrubé stavby.

Získala se stavba realizovaná prefabrikovanou a monolitickou technologií, přičemž stropní deska kruhové (modré) sloupy a část stěn (modře zbarvených) jsou monolitické konstrukce. Zelená barva znázorňuje svislé prefabrikované konstrukce. Prefa stěny jsou pouze v místech výtahových šachet na straně dveří výtahu. Poslední části jsou prefabrikované průvlaky lemující celou stavbu dokola, znázorněné oranžovou barvou.



Obr. 10: Plán podlaží 2.- 5. patra





Obr. 12 - Orientační půdorys hrubé stavby

Potřebné tloušťky stěn a stropů, průměry sloupů a rozměry trámů byly odvozeny nebo změřeny na stavbě.

Výpočtem byly stanoveny následující výkazy:

Tab. 1: Výkaz výměr pro 2.-5. NP

Plocha objektu A:	2333,16 [m <sup>2</sup> ]
Obvod objektu A:	268,15 [m]
Spojnice mezi A-B:	24,34 [m]
Plocha objektu B:	1315,57 [m <sup>2</sup> ]
Obvod objektu B:	174,85 [m]
Výška podlaží	3,57 [m]

Sloupy

Počet prefa sloupů:

58

Výška	3,57 [m]
-------	----------

Šířka	0,40 [m]
Tloušťka	0,40 [m]
Objem	0,57 [m <sup>3</sup> ]
Hustota ŽB	2500 [kg/m <sup>3</sup> ]
Hmotnost 1 sloupu	1,43 [t]

Počet monolitických sloupů: 13

Výška	3,57 [m]
Poloměr	0,30 [m]
Objem	1,01 [m <sup>3</sup> ]
Hustota ŽB	2500 [kg/m <sup>3</sup> ]

Stěny

Prefa stěny:

Počet	7 [ks]
Výška	3,57 [m]
Šířka	2,20 [m]
Tloušťka	0,20 [m]
Objem	1,14 [m <sup>3</sup> ]
Hustota ŽB	2500 [kg/m <sup>3</sup> ]
Hmotnost 1 stěny	2,84 [t]

Monolitické stěny:

Výška	3,57 [m]
Šířka	201,38 [m]
Tloušťka	0,20 [m]
Objem	143,79 [m <sup>3</sup> ]
Hustota ŽB	2500 [kg/m <sup>3</sup> ]

Průvlaky:

C. délka průvlaků:	418,65 [m]
Délka jednoho pr.:	8,10 [m]
Počet průvlaků:	52,00 [ks]
Šířka	0,50 [m]
Tloušťka	0,40 [m]
Objem	1,62 [m <sup>3</sup> ]
Hustota ŽB	2500 [kg/m <sup>3</sup> ]
Hmotnost 1 průvlaku	4,05 [t]

Podesty:

Počet	6
Plocha	6,47 [m <sup>3</sup> ]
Tloušťka	0,20 [m <sup>3</sup> ]
Objem	1,29 [kg]
Hustota ŽB	2500 [kg/m <sup>3</sup> ]

Následně ze získaných údajů jsem zpracoval tabulky hmotnosti výztuže a plochy bednění.

Monolitické sloupy:

Počet	13 [ks]
Plocha bednění	6,73 [m <sup>2</sup> ]

Monolitické stěny:

Délka	201,38 [m]
Plocha bednění	1437,88 [m <sup>2</sup> ]

Stropní deska:

Plocha bednění	3648,73 [m <sup>2</sup> ]
----------------	---------------------------

Podesta:

Plocha bednění	38,82 [m <sup>2</sup> ]
----------------	-------------------------

Množství armatury  
Monolitické sloupy:

Stupeň vyzt. sloupů	0,03
Hmotnost výztuže	0,98 [t]

Monolitické stěny:

Stupeň vyzt. stěny	0,02
Hmotnost výztuže	7,19 [t]

Stropní deska:

Stupeň vyzt. desky	0,02
Hmotnost výztuže	27,37 [t]

Podesta:

Stupeň vyzt. podesty	0,02
Hmotnost výztuže	0,29 [t]

Z výše získaného výkazu výměr si lze představit objem vykonávané práce pomocí jeřábu.

Dalším krokem bylo vytvořit technologický postup a z něj získat technologický normál, ze kterého se odvozen časový harmonogram. K vytvoření technologického postupu posloužil výše uvedený soupis vynásobený normohodinami prováděných prací přebranými z programu KROS.

Poř.	Sled. dílčích procesů	Roz.	Množ.	Pracnost		Technolog. přestávka		Stroje, zařízení	Sloučení do procesu
				(Nh)	Celk.	dnů	vazba na		
1	Osazení pref. sloupů	ks	58	4,401	255,3	0	4	jeřáb	1
2	Osazení pref. stěn	ks	7	5,261	36,8	0	4		1
3	Osazení pref. průvlaků	ks	52	5,302	275,7	0	4	jeřáb	1
4	Bednění svislých k-cí	m <sup>2</sup>	1 438	0,519	746,3	0	5	jeřáb	2
5	Vyztužování svislých k-cí	t	7,68	40,607	311,9	0	6	jeřáb	2
6	Betonáž svislých konstrukcí	m <sup>3</sup>	156,91	1,649	258,7	0	7	jeřáb	2
7	Odbednění svislých konstrukcí	m <sup>2</sup>	1 438	0,322	463,0	0	8	jeřáb	3
8	Bednění stropů	m <sup>2</sup>	3 649	0,511	1864,5	0	9	jeřáb	4
9	Vyztužování stropů	t	27,37	38,887	1064,2	0	10	jeřáb	5
10	Vybetonování stropů	m <sup>3</sup>	729,75	1,224	893,2	14	15	jeřáb	6
11	Osazení prefa schodiště - 5.NP	ks	2	4,438	8,9	0	12	jeřáb	7
12	Bednění podesty - 6.NP	m <sup>2</sup>	38,82	0,511	19,8	0	13	jeřáb	8
13	Vyztužování podesty - 6.NP	t	0,39	38,887	15,1	0	14	jeřáb	8
14	Vybetonování podesty - 6.NP	m <sup>3</sup>	0,624	1,224	0,8	0		jeřáb	8
15	Odbednění stropů	m <sup>2</sup>	3 649	0,266	970,6	14	16	jeřáb	9
16	Odstojkování	m <sup>2</sup>	3 649	0,1	364,9	0		jeřáb	10
17	Osazení rámu oken	ks	291	1	291,0	0	17	jeřáb	11
18	Osazení zasklení	ks	291	1,1	320,1	0		jeřáb	11

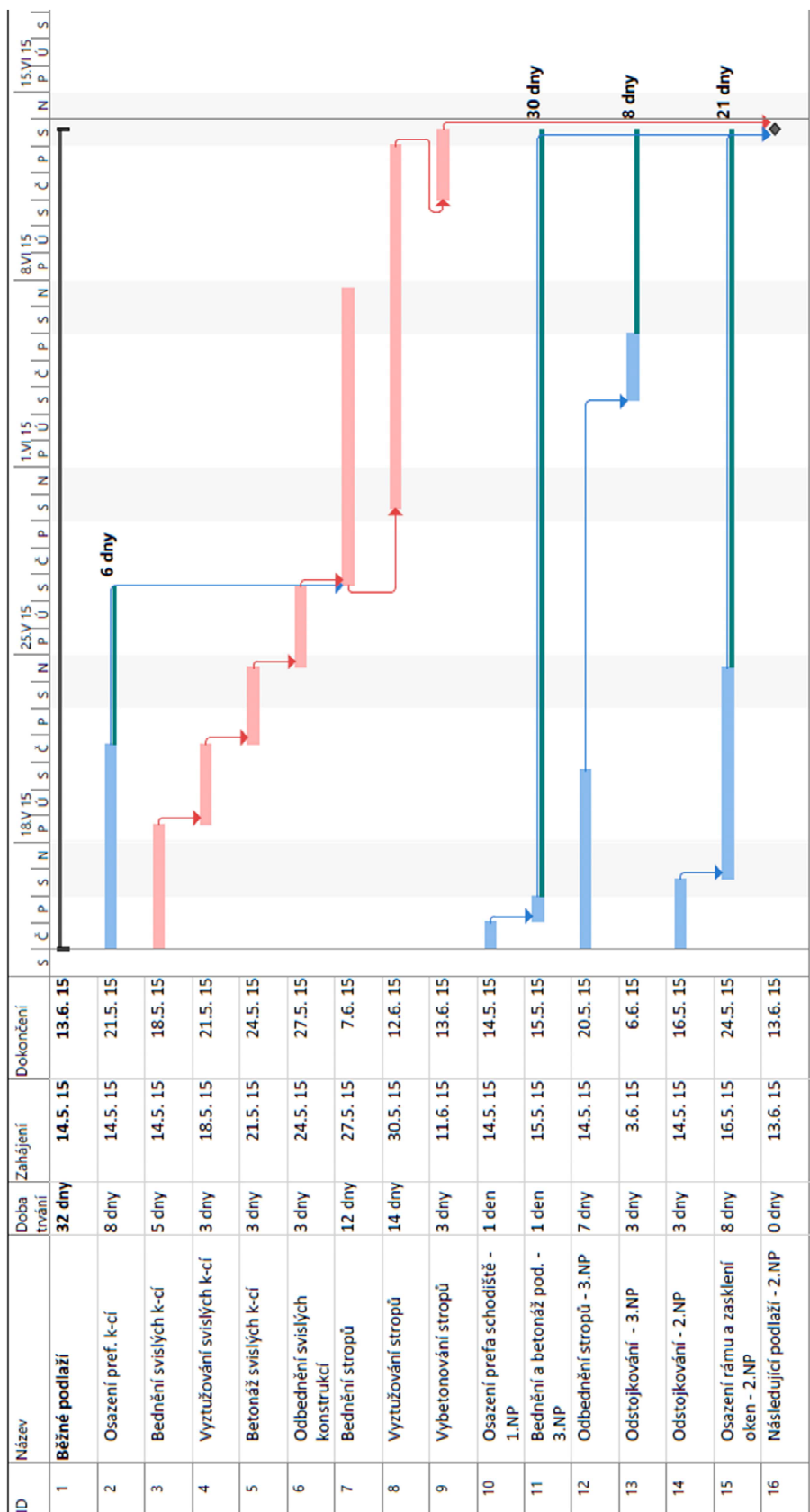
Tab. 2: Technologický postup pro hrubou stavbu

poř.	Sled dílčích procesů	M. J.	Celková pracnost	Četa		Prac. doba	Fond čety	Trvání činnosti	Tech. přestávka		Stroje, zařízení
				číslo	počet				dnů	na proces	
1	Osazení pref. k - cí	hod	567,8	23	10	8	80	8	0	2	jeřáb
2	Bednění svislých k-cí	hod	746,3	10	20	8	160	5	0	3	jeřáb
3	Vyztužování svislých k-cí	hod	311,9	8	15	8	120	3	0	4	jeřáb
4	Betonáž svislých k-cí	hod	258,7	8	15	8	120	3	0	3	jeřáb
5	Odbednění svislých k-cí	hod	463,0	10	20	8	160	3	0	4	jeřáb
6	Bednění stropů	hod	1864,5	10	20	8	160	12	0	5	jeřáb
7	Vyztužování stropů	hod	1064,2	9	10	8	80	14	0	6	jeřáb
8	Vybetonování stropů	hod	893,2	8	15	8	120	3	14		jeřáb
9	Osazení prefa schodiště - 1.NP	hod	8,9	23	10	8	80	1	0	8	jeřáb
10	Bednění podesty 2.NP	hod	19,8	8	15	8	120	1	0		jeřáb
11	Vyztužování podesty 2.NP	hod	15,1	8	15	8	120	1	0		jeřáb
12	Betonáž podesty 2.NP	hod	0,8	8	15	8	120	1	14		jeřáb
13	Odbednění stropů	hod	970,6	10	20	8	160	7	14	10	jeřáb
14	Odstojkování	hod	364,9	10	20	8	160	3	0	11	jeřáb
15	Osazení rámu a zasklení oken	hod	611,1	24	10	8	80	8	0		jeřáb

Tab. 3: Technologický normál pro hrubou stavbu

Tab. 4: Počty osob jsou převzaty z tabulky. Zde jsou uvedeny odhadované počty

1	Geodeti	2
2	Pomocné pracovní síly	4
3	Řidič dozeru	1
4	Jeřáb	1
5	Rypadlo	1
6	Specialisti TZB	3
7	Stavbyvedoucí	4
8	Betonáři	15
9	Armovači	10
10	Truhláři	20
11	Pokladači izolací ( tepelné, hydro )	5
12	Klempíři	5
13	Zedníci	4
14	Omítkáři	5
15	Dlaždiči	4
16	Malíři	8
17	Podlaháři	8
18	Vodáři	5
19	Elektrikáři	5
20	Topenáři	5
21	Strojáři	1
23	Stavební montážníci	10
24	Montážníci oken a fasády	10



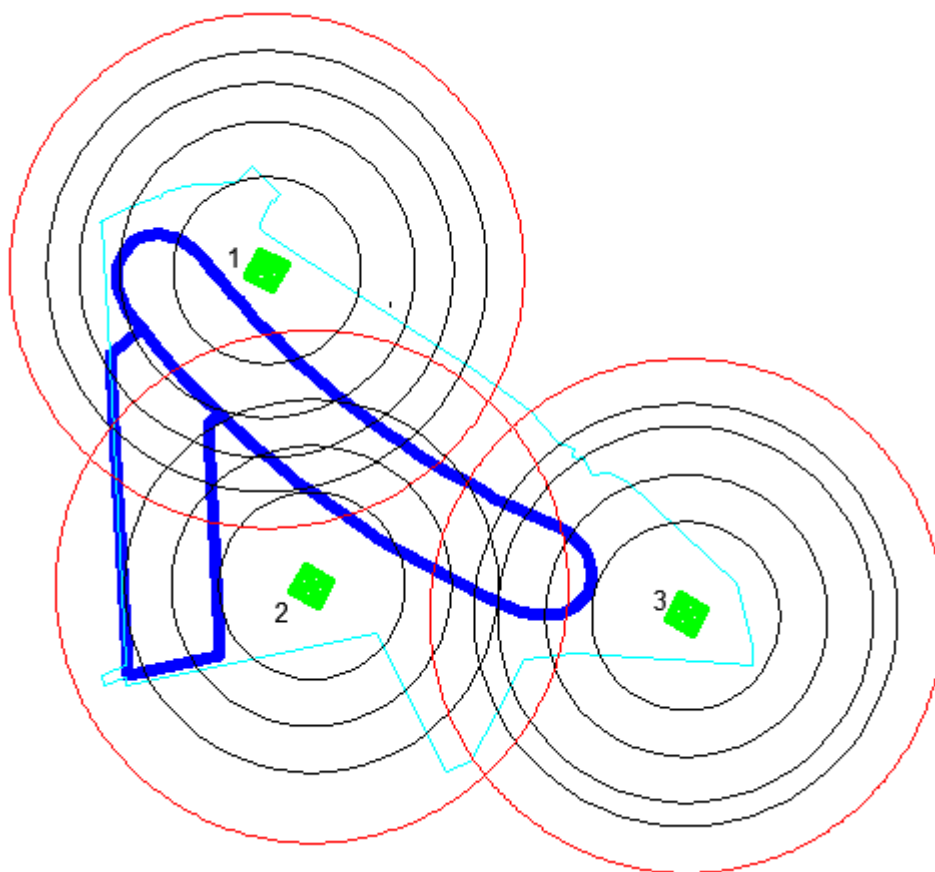
Obr. 13: Harmonogram pro typické podlaží



### 4.3 Posouzení jeřábové sestavy – Enterprise Office Center

Stavba objektu se realizuje za současného provozu tří jeřábů. Vzniká dojem, že stavba se řídí podle modelu 3. Ale když si pozorně prohlédneme postavení jeřábů, zjistíme, že každý jeřáb musí být zásobován samostatně. Nelze připustit, že by jeden jeřáb „obíral“ jiný o materiál. Podle níže uvedeného obrázku může vyplynout, že si dva spodní jeřáby v určitém úseku mohly přebírat materiál. V tom místě je ale buňkoviště a příjezdová cesta. Z toho vychází, že na stavbě objektu Enterprise Office Center je použit model 4. Máme několik samostatných systémů.

Dosahy jeřábů



Obr. 14: Dosahy jeřábů

Z výše uvedeného vyplývá, že se může posoudit pouze jeden jeřáb. Jestli jeřábová sestava má plnit požadovaný objem práce ve stanoveném čase, musí každý jeřáb vykonat požadovaný objem práce. Proto se v dalším kroku uskutečnil výběr jeřábu, který bude zásobovat největší a

nejmenší kus stavby. Změřením pracovní plochy bylo zjištěno, že nejvíce zatížený jeřáb je pod číslem 2.

Tab. 5: Výkaz výměr pro jeřáb č.2

Sled. dílčích procesů	Roz.	Množ.
Osazení pref. sloupů	ks	28
Osazení pref. stěn	ks	4
Osazení pref. průvlaků	ks	25
Bednění svislých k-cí	m <sup>2</sup>	672,02
Vyztužování svislých k-cí	t	3,59
Betonáž svislých konstrukcí	m <sup>3</sup>	73,33
Odbednění svislých konstrukcí	m <sup>2</sup>	672,02
Bednění stropů	m <sup>2</sup>	1705,30
Vyztužování stropů	t	12,79
Vybetonování stropů	m <sup>3</sup>	341,06
Osazení prefa schodiště - 5.NP	ks	1
Bednění podesty - 6.NP	m <sup>2</sup>	18,14
Vyztužování podesty - 6.NP	t	0,39
Vybetonování podesty - 6.NP	m <sup>3</sup>	0,62
Odbednění stropů	m <sup>2</sup>	1705,30
Odstojkování	m <sup>2</sup>	1705,30
Osazení rámu oken	ks	137
Osazení zasklení	ks	137

Jak již bylo uvedeno, procesy 1. skupiny DSP plně vytíží jeřáb po celou dobu realizace. Procesy 2. skupiny DSP mohou být realizovány souběžně. Proto následujícím krokem bude rozdělení procesů na skupiny.

Tab. 6: Procesy 1.skupiny DSP

Osazení pref. sloupů	ks	28
Osazení pref. stěn	ks	4
Osazení pref. průvlaků	ks	25
Betonáž svislých konstrukcí	m <sup>3</sup>	73,33
Osazení prefa schodiště - 5.NP	ks	3
Vybetonování podesty - 6.NP	m <sup>3</sup>	0,08

Tab. 7: Procesy 2. skupiny DSP

Bednění svislých k-cí	m <sup>2</sup>	672,02
Vyztužování svislých k-cí	t	3,82
Odbednění svislých konstrukcí	m <sup>2</sup>	672,02
Bednění stropů	m <sup>2</sup>	1705,30
Vyztužování stropů	t	12,79
Bednění podesty - 6.NP	m <sup>2</sup>	18,14
Vyztužování podesty - 6.NP	t	0,29
Odbednění stropů	m <sup>2</sup>	1705,30
Odstojkování	m <sup>2</sup>	1705,30
Osazení rámu oken - přemístění	ks	137
Osazení zasklení - přemístění	ks	137

Zde chybí betonáž stropní desky – bylo prováděno mobilním čerpadlem.

Celá tabulka 7 není prováděna souběžně. Pro lepší představu jsem vytvořil harmonogram jeřábu číslo 2, kde jsem doplnil počty procesů přesunu hmot jednotlivých DSP druhé skupiny.

Výpočet přesouvaného množství materiálu je stanoven na základě hmotnostního přesunu. Nosnost jeřábu na nejzazším požadovaném místě činí 3,85 t.

Výrobce bednění PERI uvádí objemovou hmotnost bednicích desek 680 kg/m<sup>3</sup>. Uvedený objem se rovná 47 m<sup>2</sup> bednění při tloušťce bednicí desky 21 mm. Stojky váží 20 kg. Rošty a ostatní potřebný materiál jsou zahrnuty ve výpočtu díky vynásobení přesouvaného množství násobkem 1,5, tj. přemísťovaný objem byl ponížen o 50 %. Po dosazení hodnot bylo stanoveno přemísťované množství jako necelých 84 m<sup>2</sup> bednění. Daná plocha se rovná necelým dvěma metrům kubickým bednicích desek, ke kterým je nutno přičíst 84 stojek a ostatní materiál.

Hmotnost svislého bednění na jeden metr čtvereční je stanovena výrobcem na 39 kg. Pro výpočet přesouvaného množství se použila na jeden metr čtvereční hodnota o 15 % menší. Ponížená část má vyjadřovat podíl pomocných k-cí potřebných k rozepření.

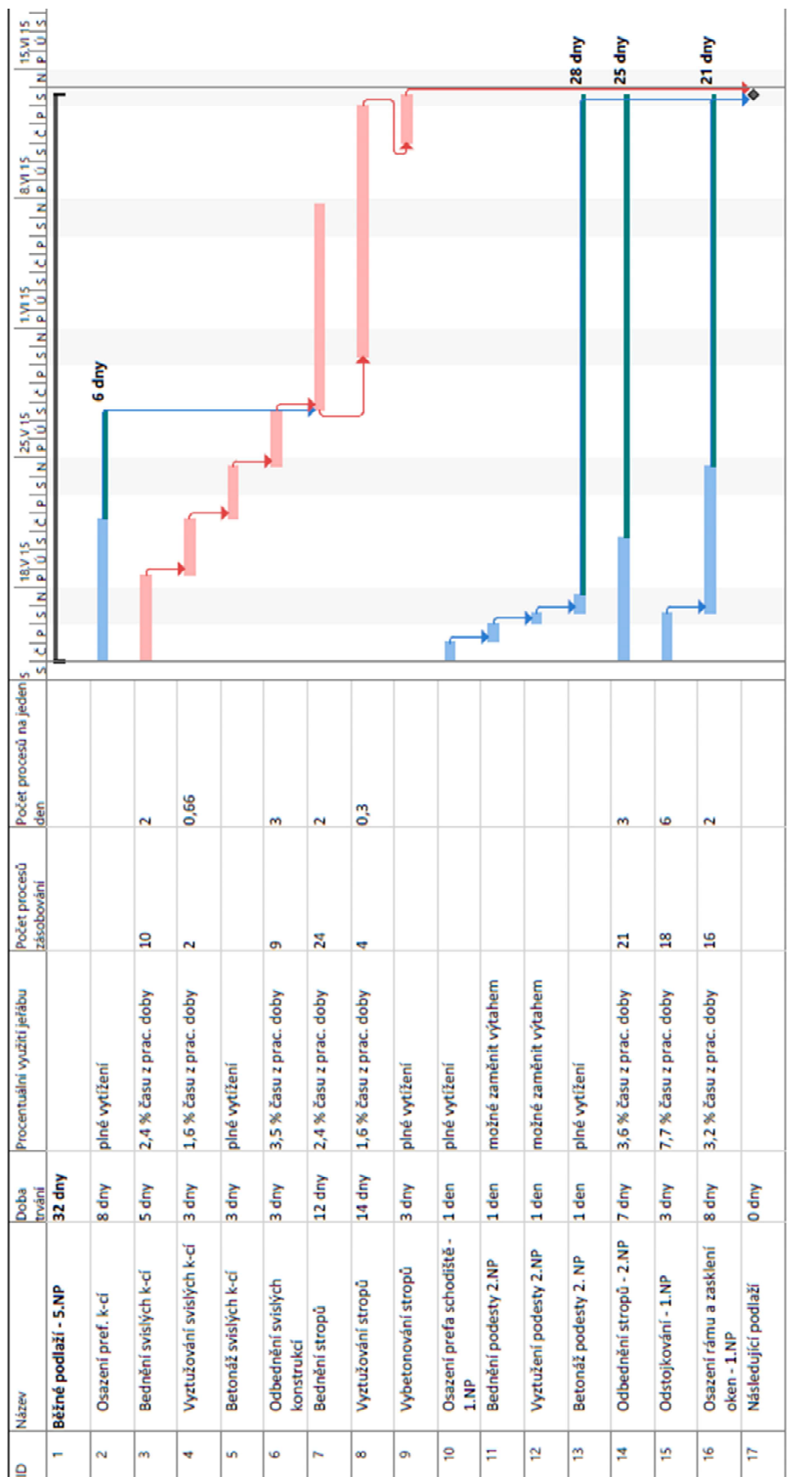
Přesun rámu prosklené fasády je ve výpočtu spojen s přesunem zasklení, jelikož montáž bude prováděna jednou četou bez technologické pauzy. Hlavním parametrem pro stanovení přesouvaného množství je hmotnost zasklení, které je vypočteno na základě známé plochy zasklení, tloušťce zasklení a objemové hmotnosti skla.

Stanovení množství přesouvaného materiálu v jednom záběru je jednou z posledních neznámých veličin pro výpočet doby pracovního cyklu, který bude uveden níže.

Pro kompletní přehled uvádím vybrané technické parametry jeřábu.

*Tab. 8: Vybrané technické parametry jeřábu*

1	Výška zdvihu jeřábu	28,7	[m]
2	Délka vyložení	32	[m]
3	Užitná délka výložníku	28	[m]
4	Nosnost na konci vyložení	3 200	[kg]
5	Rychlost zdvihu háku – břemeno do 4,0 t	0,5	[m/s]
6	Rychlost zdvihu háku – břemeno 4,0 - 8,0 t	0,2	[m/s]
7	Rychlost spouštění háku	0,5	[m/s]
8	Rychlost usazovací	0,05	[m/s]
9	Rychlost pojezdu kladnice	1	[m/s]
10	Rychlost otáčení výložníku	0,9	[ot./60 s]



Obr. 15: Harmonogram jeřábu č. 2

Harmonogram jeřábu číslo 2 je časově totožný s harmonogramem běžného podlaží. Pro lepší představu jsem doplnil k procesům druhé skupiny dílčích stavebních procesů počet provádění přemístění v jednom dni.

Z harmonogramu vyplývá, že část činnosti 2. DSP není součástí kritické cesty a proto ji lze provádět z časového hlediska ve vhodnou dobu. Daná skutečnost je plně znázorněna v dalším harmonogramu.

Činnosti 1. DSP jsou označeny červeně. Činnosti 2. DSP jsou označeny modře a procesy, které lze zásobovat pomocí jiných strojů (stavební výtah, čerpadlo na beton,...), jsou označeny bledě modře.

Následující harmonogram je rozdělen svisle na pět částí, přičemž pokud stavební jeřáb bude schopen zásobovat rozhodujícími materiály úsek 1, úsek 3 a úsek 4 bez časové prodlevy, jeřáb vyhoví i při zásobování ostatních časových úseků, kde se provádí práce 2. DSP.

Pro časové úseky 1, 3 a 4 jsou stanoveny doby pracovních cyklů a výpočet dle teorie hromadných obsluh.



#### 4.3.1 Doba pracovních cyklů jednotlivých DSP

Tab. 9: Procesy 2. skupiny DSP – přesun bednění

DSP - přesun bednění vodorovných k-cí					
Dílčí fáze pracovního cyklu jeřábu					
Dílčí fáze cyklu		Dráha [m]	Čas [s]	souběh	
1	Uchycení	-	90		
2	Zdvih háku	17,85	89,25	1	
3	Pojezd kladnice	15	15	2	
4	Otočení výložníku	60	54	2	
5	Spouštění usazov. rychlostí	3	6		
6	Vyproštění z háku	-	60		
7	Zdvih háku po vyložení	3	15		
8	Pojezd kladnice	10	10	3	
9	Spouštění háku	17,85	35,7	3	
Doba trvání cyklu			349,95 [s]		
Doba trvání cyklu			5,8325 [min]		
Popis materiálu					
1	Rozhodující materiál pro zásobování		Bednicí prvky		
2	Měrná jednotka		[m <sup>2</sup> ]		
3	Počet směn		12		
4	Celkové množství - Q <sub>c</sub>		1705,3	[m <sup>2</sup> ]	
5	Množství za směnu - Q		142,108	[m <sup>2</sup> ]	
6	Přepravované množství		83,93	[m <sup>2</sup> ]	
7	Počet cyklů za směnu		2		
8	Doba obsluhy		5,83	[min]	
9	Doba mimo systém		234,17	[min]	
10	Doba pracovního cyklu		240,00	[min]	



Tab. 10: Procesy 2.skupiny DSP – přesun výztuže

DSP - výztuž vodorovných k-cí						
Díličí fáze pracovního cyklu jeřábu						
Díličí fáze cyklu				Dráha [m]	Čas [s]	souběh
1	Uchycení			-	90	
2	Zdvih háku			28	140	1
3	Pojezd kladnice			15	15	2
4	Otočení výložníku			90	81	2
5	Spouštění usazov. rychlostí			3	6	
6	Vyproštění z háku			-	90	
7	Zdvih háku po vyložení			3	15	
8	Pojezd kladnice			15	15	3
9	Spouštění háku			28	56	3
Doba trvání cyklu					478 [s]	
Doba trvání cyklu					7,9667 [min]	
Popis materiálu						
1	Rozhodující materiál pro zásobování				Bednicí prvky	
2	Měrná jednotka				[t]	
3	Počet směn				4	
4	Celkové množství - $Q_c$				12,79	[t]
5	Množství za směnu - $Q$				3,5	[t]
6	Přepravované množství				3,5	[t]
7	Počet cyklů za směnu				1	
8	Doba obsluhy				7,9667	[min]
9	Doba mimo systém				472,03	[min]
10	Doba pracovního cyklu				480	[min]

Tab. 11: Procesy 2.skupiny DSP – přesun bednění po odbednění

DSP - přesun bednění vodorovných k-cí - odbednění						
Díličí fáze pracovního cyklu jeřábu						
Díličí fáze cyklu				Dráha [m]	Čas [s]	souběh
1	Uchycení			-	90	
2	Zdvih háku			17,85	89,25	1
3	Pojezd kladnice			15	15	2
4	Otočení výložníku			60	54	2
5	Spouštění usazov. rychlostí			3	6	
6	Vyproštění z háku			-	60	
7	Zdvih háku po vyložení			3	15	
8	Pojezd kladnice			15	15	3
9	Spouštění háku			17,85	35,7	3
	Doba trvání cyklu				349,95 [s]	
	Doba trvání cyklu				5,8325 [min]	
	Popis materiálu					
1	Rozhodující materiál pro zásobování					Bednicí prvky
2	Měrná jednotka				[m <sup>2</sup> ]	
3	Počet směn				7	
4	Celkové množství - Q <sub>c</sub>				1705,3	[m <sup>2</sup> ]
5	Množství za směnu - Q				243,61	[m <sup>2</sup> ]
6	Přepravované množství				83,93	[m <sup>2</sup> ]
7	Počet cyklů za směnu				3	
8	Doba obsluhy				5,83	[min]
9	Doba mimo systém				154,17	[min]
10	Doba pracovního cyklu				160,00	[min]

Tab. 12: Procesy 2.skupiny DSP – přesun stojek

DSP - přesun stojek						
Díličí fáze pracovního cyklu jeřábu						
Díličí fáze cyklu				Dráha [m]	Čas [s]	souběh
1	Uchycení			-	90	
2	Zdvih háku			28	140	1
3	Pojezd kladnice			15	15	2
4	Otočení výložníku			90	81	2
5	Spouštění usazov. rychlostí			3	6	
6	Vyproštění z háku			-	90	
7	Zdvih háku po vyložení			3	15	
8	Pojezd kladnice			15	15	3
9	Spouštění háku			28	56	3
Doba trvání cyklu					478	[s]
Doba trvání cyklu					7,96667	[min]
Popis materiálu						
1	Rozhodující materiál pro zásobování				Bednicí prvky	
2	Měrná jednotka				[t]	
3	Počet směn				2	
4	Celkové množství - $Q_c$				3,82	[t]
5	Množství za směnu - $Q$				3,5	[t]
6	Přepřavované množství				3,5	[t]
7	Počet cyklů za směnu				1	
8	Doba obsluhy				7,96667	[min]
9	Doba mimo systém				472,033	[min]
10	Doba pracovního cyklu				480	[min]

Tab. 13: Procesy 2.skupiny DSP – přesun rámu oken a zasklení

DSP - přesun rámu a zasklení						
Dílčí fáze pracovního cyklu jeřábu						
Dílčí fáze cyklu				Dráha [m]	Čas [s]	souběh
1	Uchycení			-	150	
2	Zdvih háku			28	140	1
3	Pojezd kladnice			15	15	2
4	Otočení výložníku			120	108	2
5	Spouštění usazov. rychlostí			3	6	
6	Vyroštění z háku			-	90	
7	Zdvih háku po vyložení			3	15	
8	Pojezd kladnice			15	15	3
9	Spouštění háku			28	56	3
Doba trvání cyklu					472 [s]	
Doba trvání cyklu					7,8667 [min]	
Popis materiálu						
1	Rozhodující materiál pro zásobování				Zasklení	
2	Měrná jednotka				[ks]	
3	Počet směn				8	
4	Celkové množství - Qc				274	ks
5	Množství za směnu - Q				34,25	ks
6	Přepravované množství				27	[ks]
7	Počet cyklů za směnu				2	
8	Doba obsluhy			Zasklení	7,87	[min]
9	Doba mimo systém				232,13	[min]
10	Doba pracovního cyklu				240,00	[min]

## 4.4 Posouzení časového využití jeřábů

### 4.4.1 Posouzení časového využití jeřábů v časovém úseku 1

Tab. 14: Výpočet THO pro časový úsek 1

j	$\varepsilon(N)$	$\varepsilon(N_S)$	$\varepsilon(N_Q)$	$\varepsilon(N_R)$	$K$	$\varepsilon(W_Q)$	$\varepsilon(W_O)$
1	0,02	0,02	0,00	0,98	0,02	0,00	320,00
2	0,04	0,04	0,00	1,96	0,04	0,13	320,13
3	0,06	0,06	0,00	2,94	0,06	0,27	320,27
4	0,09	0,08	0,0052	3,91	0,08	0,42	320,42
5	0,11	0,10	0,01	4,89	0,10	0,57	320,57
6	0,14	0,12	0,01	5,86	0,12	0,73	320,73
7	0,16	0,14	0,02	6,84	0,14	0,89	320,89
8	0,19	0,16	0,03	7,81	0,16	1,06	321,06

Prům. doba obsluhy prvků

$T_n$  6,5 [min]

$\mu$  0,15

Průměrná doba prvků mimo systém obsluhy

$T_v$  313,5 [min]

$\lambda$  0,0032

Průměrný časový interval mezi dodávkami materiálu

$T_c$  320,0 [min]

Intenzita provozu systému

$\rho$  0,02

Průměrný počet pracovních cyklů DSP za směnu

$C_p$  1,5

Průměrný počet prvků v systému obsluhy

$\varepsilon(N)$  0,04

Průměrný počet obsazených linek v systému obsluhy

$\varepsilon(N_S)$  0,04

Průměrný počet čekajících prvků ve frontě	$\varepsilon(N_Q)$	0,0008	
Průměrný počet prvků mimo systém obsluhy	$\varepsilon(N_R)$	1,96	
Využití systému (linky obsluhy)	$\kappa$	0,04	
Průměrná doba čekání prvku ve frontě	$\varepsilon(W_Q)$	0,1	[min]
Průměrná doba oběhu prvku	$\varepsilon(W_O)$	320,1	[min]
Potřebná doba pro plánovanou obsluhu rozhodujících materiálů na jednu pracovní směnu			
	$T_r = C_p * \varepsilon(W_O)$		
	$T_r$	246,0	[min]
Doba zdržení způsobená obsluhou mimo prováděné DSP			
	$T_z = 0,25 * C_p$		
	$T_z$	0,0502	[min]
Doba plánované obsluhy 2. skupiny DSP v pracovní směně			
	$T_2$		
	$T_2$	246,1	[min]

#### 4.4.2 Posouzení časového využití jeřábů v časovém úseku 3

Tab. 15: Výpočet THO pro časový úsek 3

j	$\epsilon(N)$	$\epsilon(N_S)$	$\epsilon(N_Q)$	$\epsilon(N_R)$	$\kappa$	$\epsilon(W_Q)$	$\epsilon(W_O)$
1	0,03	0,03	0,00	0,97	0,03	0,00	240,00
2	0,05	0,05	0,00	1,95	0,05	0,16	240,16
3	0,08	0,08	0,00	2,92	0,08	0,33	240,33
4	0,11	0,10	0,0084	3,89	0,10	0,50	240,50
5	0,14	0,13	0,01	4,86	0,13	0,69	240,69
6	0,18	0,15	0,02	5,82	0,15	0,88	240,88
7	0,21	0,18	0,03	6,79	0,18	1,09	241,09
8	0,25	0,21	0,04	7,75	0,21	1,31	241,31

Prům. doba obsluhy prvků

$T_n$  6,2 [min]

$\mu$  0,16

Průměrná doba prvků mimo systém obsluhy

$T_v$  233,8 [min]

$\lambda$  0,0043

Průměrný časový interval mezi dodávkami materiálu

$T_c$  240,0 [min]

Intenzita provozu systému

$\rho$  0,03

Průměrný počet pracovních cyklů DSP za směnu

$C_p$  2,0

Průměrný počet prvků v systému obsluhy

$\epsilon(N)$  0,08

Průměrný počet obsazených linek v systému obsluhy

$\epsilon(N_S)$  0,08

Průměrný počet čekajících prvků ve frontě

	$\varepsilon(N_Q)$	0,0041	
Průměrný počet prvků mimo systém obsluhy	$\varepsilon(N_R)$	2,92	
Využití systému (linky obsluhy)	$\kappa$	0,08	
Průměrná doba čekání prvku ve frontě	$\varepsilon(W_Q)$	0,3	[min]
Průměrná doba oběhu prvku	$\varepsilon(W_O)$	240,3	[min]
Potřebná doba pro plánovanou obsluhu rozhodujících materiálů na jednu pracovní směnu			
	$T_r = C_p * \varepsilon(W_O)$		
	$T_r$	246,5	[min]
Doba zdržení způsobená obsluhou mimo prováděné DSP			
	$T_z = 0,25 * C_p$		
	$T_z$	0,1636	[min]
Doba plánované obsluhy 2. skupiny DSP v pracovní směně			
	$T_2$	246,7	[min]



#### 4.4.3 Posouzení časového využití jeřábů v časovém úseku 4

Tab. 16: Výpočet THO pro časový úsek 4

j	$\epsilon(N)$	$\epsilon(N_S)$	$\epsilon(N_Q)$	$\epsilon(N_R)$	K	$\epsilon(W_Q)$	$\epsilon(W_O)$
1	0,02	0,02	0,00	0,98	0,02	0,00	288,00
2	0,05	0,05	0,00	1,95	0,05	0,17	288,17
3	0,08	0,07	0,00	2,92	0,07	0,36	288,36
4	0,11	0,10	0,0076	3,89	0,10	0,55	288,55
5	0,14	0,12	0,01	4,86	0,12	0,75	288,75
6	0,17	0,15	0,02	5,83	0,15	0,96	288,96
7	0,20	0,17	0,03	6,80	0,17	1,18	289,18
8	0,23	0,20	0,04	7,77	0,20	1,41	289,41

Prům. doba obsluhy prvků

$T_n$  7,1 [min]

$\mu$  0,14

Průměrná doba prvků mimo systém obsluhy

$T_v$  280,9 [min]

$\lambda$  0,0036

Průměrný časový interval mezi dodávkami materiálu

$T_c$  288,0 [min]

Intenzita provozu systému

$\rho$  0,03

Průměrný počet pracovních cyklů DSP za směnu

$C_p$  1,7

Průměrný počet prvků v systému obsluhy

$\epsilon(N)$  0,08

Průměrný počet obsazených linek v systému obsluhy

$\epsilon(N_S)$  0,07

Průměrný počet čekajících prvků ve frontě

	$\varepsilon(N_Q)$	0,0037	
Průměrný počet prvků mimo systém obsluhy	$\varepsilon(N_R)$	2,92	
Využití systému (linky obsluhy)	$\kappa$	0,07	
Průměrná doba čekání prvku ve frontě	$\varepsilon(W_Q)$	0,4	[min]
Průměrná doba oběhu prvku	$\varepsilon(W_O)$	288,4	[min]
Potřebná doba pro plánovanou obsluhu rozhodujících materiálů na jednu pracovní směnu			
	$T_r = C_p * \varepsilon(W_O)$		
	$T_r$	246,4	[min]
Doba zdržení způsobená obsluhou mimo prováděné DSP			
	$T_z = 0,25 * C_p$		
	$T_z$	0,1482	[min]
Doba plánované obsluhy 2. skupiny DSP v pracovní směně			
	$T_2$		
	$T_2$	246,6	[min]

Dle výpočtu THO vyšlo procentuální vytížení jeřábu necelých 10 %. Nedojde k časovému zdržení, naopak jeřáb bude mít prostoje. Toto tvrzení platí v případě, že jeřáb bude přesouvat rozhodující materiál 2. DSP podle maximální hmotnosti, kterou jeřáb dokáže přesunout.

## 5 Časová a finanční porovnání - vícekritériální hodnocení

Při finančním porovnání jeřábové sestavy musíme brát v úvahu dosah jeřábu. Při realizaci stavby je potřeba zajistit, aby všechny procesy, které potřebují ke své realizaci zásobování jeřábem, měli zajištěný dosah k danému místu.

Dalším nezbytným bodem je časové využití. Jeřáb, který není dostatečně využit, vytváří finanční ztrátu způsobenou prostojem. Na druhou stranu jeřábová sestava, která nestíhá zásobovat jednotlivá DSP při realizaci, způsobí finanční ztrátu následkem pokut od investora za prodlení výstavby.

Návrh jednoho jeřábu na stavbu budovy Enterprise Office Center by nebyl správný. Daný stavební stroj by nedokázal v požadovaném čase zajistit zásobování všech DSP.

Návrh čtyř a více strojů by byl chybou z hlediska časových prostojů celé sestavy.

Zbývá možnost dvou až tří strojů. Dle výsledku výpočtu zásobování 2.DSP lze říci, že návrh tří jeřábů není hospodárný. Při stavbě Enterprise Office Center se ale osazovaly prvky prefabrikované konstrukce s vysokou hmotností, konkrétně se jedná o průvlaky. Návrh počtu jeřábů byl proveden se zohledněním dané skutečnosti. Proto byly navrženy tři jeřáby zajišťující požadovanou nosnost po celém obvodu stavby. Daný parametr je rozhodujícím kritériem.

## Závěr

Díky vstřícnosti stavební společnosti STRABAG a.s. jsem měl možnost být přítomen při realizaci stavby Enterprise Office Center. Osobně jsem se dostal na stavbu až při výstavbě posledního podlaží, tj. dlouho po provedení zemních prací, proto se bakalářská práce zabývá pouze v teoretické rovině návrhem zemních strojů, které by bylo možné použít při realizaci dané stavby. Vypočítaný teoretický výkon se liší od reálného výkonu tím, že nezohledňuje velké množství vstupních údajů, jako například prostoje způsobené naložením a odvozem přebytečného výkopku.

Vedoucí bakalářské práce zvolil téma časového posouzení jeřábu jako ústřední a proto se touto problematikou zabývá podstatná část této práce. Pro lepší přehlednost je část věnována návrhu jeřábu rozdělena na teoretickou část a na část zabývající se posouzením jeřábové sestavy při realizaci stavby Enterprise Office Center. Prvním krokem při posouzení jeřábové sestavy bylo vytvoření výkazu výměr. Firma STRABAG a.s. nemůže poskytnout výrobní údaje třetím stranám, proto potřebné informace byly čerpány z veřejně dostupných zdrojů, z pozorování přímo na stavbě a z výkresů zařízení staveniště. Po vypracování výkazu výměr jsem se zaměřil na tvorbu harmonogramu. Harmonogram jsem vytvořil vynásobením normohodin přebraných z programu Kros. Následně byly dílčí stavební procesy rozděleny na tři skupiny. První skupina časově vytíží jeřáb na 100%. Pro druhou skupinu dílčích stavebních procesů byl vytvořen výpočet časového vytížení jeřábu dle THO. Vytížení třetí skupinou DSP je jednou za 120 minut, proto je zahrnuta koeficientem 0,2.

Posouzením časového vytížení jeřábu dle THO jsem došel k závěru, že jeřábová sestava není dostatečně vytížena. Toto tvrzení platí v případě, že jeřáby budou přesouvat rozhodující materiál 2. DSP podle maximální hmotnosti, kterou jednotlivý jeřáb dokáže přesunout. Ve skutečnosti množství přesouvaného materiálu závisí kromě hmotnosti také na objemu, možnosti uchycení a připravenosti obsluhy. Dále se předpokládá přemístění materiálu v čase stanoveným jako doba obsluhy. Danou hodnotu jsem

získal výpočtem z více parametrů. V případě stanovení těchto parametrů pomocí normohodin (normovteřin), se následující výpočty budou více blížit realitě.

Z výše uvedeného lze dojít k závěru, že návrh jeřábové sestavy v počtu tři jeřábů, byl předimenzován. Ale při návrhu je nezbytné zohlednit osazování prefabrikovaných dílů. Prefabrikované průvlaky váží přes čtyři tuny a jsou osazeny po celém obvodu stavby. Tři jeřáby dle výkresů zařízení staveniště pokryly svojí nosností celý obvod stavby. Menší počet zvedacích prostředků již nespĺňuje požadavek na nosnost a návrh čtyř a více jeřábu není hospodárný.

Posouzením jeřábové sestavy stavby Enterprise Office Center jsem došel k závěru, že zásobování hospodárně zajistí 3 věžové jeřáby. Daný závěr je v souladu s realizací.

## Použitá literatura

- [1] BÁČOVÁ, Marie. Zařízení staveniště: Požadavky na staveniště a zařízení staveniště. *Časopis stavebnictví: Časopis stavebních inženýrů, techniků a podnikatelů* [online]. 2011, roč. 11, č. 02, 22-25 [cit. 2014-20-05]. Dostupné z: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/online/dokumenty/pdf/stavebnictvi\\_2011\\_02.pdf](http://www.casopisstavebnictvi.cz/online/dokumenty/pdf/stavebnictvi_2011_02.pdf)
- [2] ČECH, Roman. Zařízení staveniště: Zkušenosti stavební dodavatelské společnosti. *Časopis stavebnictví: Časopis stavebních inženýrů a techniků a podnikatelů* [online]. 2011, roč. 11, č. 02, 42-47 [cit. 2014-20-05]. Dostupné z: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/online/dokumenty/pdf/stavebnictvi\\_2011\\_02.pdf](http://www.casopisstavebnictvi.cz/online/dokumenty/pdf/stavebnictvi_2011_02.pdf)
- [3] České stavební standardy. *Pojmy a definice*. Dostupné z: [http://www.stavebnistandardy.cz/default.asp?Bid=2&ID=2#Projektov%C3%A1\\_dokumentace](http://www.stavebnistandardy.cz/default.asp?Bid=2&ID=2#Projektov%C3%A1_dokumentace)
- [4] ERSTE GROUP IMMORENT, Erste Group Immorent. *enterprise-prague* [online]. [cit. 14.5.2015]. Dostupný na WWW: <http://www.enterprise-prague.cz/cs/lokalita/vizibilita>
- [5] JANOUCHEK, Libor. *Zásady organizace výstavby (ZOV)* [online]. © 2008 [cit.2014-20-05]. Dostupné z: <http://www.zov.cz/>
- [6] MOTYČKA Vít. Optimalizace návrhu věžových jeřábů. Příspěvek k modelování výrobního prostoru. Habilitační práce v oboru „Strojírenská technologie“. Brno: VUT-FS, Ústav technologie, mechanizace a řízení staveb. 2007. 49 s.

[7] NOVÝ, Martin; NOVÁKOVÁ, Jana; WALDHANS, Miloš. *Projektové řízení staveb //: Modul 01*. Brno: Vysoké učení technické, 2006. Zařízení staveniště, s. 153-201.

[8] PINKAVA, Miroslav; VÍTEK, Stanislav. *Technologie staveb: Navrhování staveništního provozu*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické, 1991, 59 s

[9] Projekt a technologie dle zákona. Dostupné z:  
<https://www.yumpu.com/sk/document/view/19060567/projekt-atechnologie-dle-zakona>

[10] STRAKA, M., MALINDŽÁK, D., a kolektiv.: *Distribučná logistika*, Košice, VEGA, 2005, ISBN 80-8073-296-5

[11] TOMÁŠOVÁ, Jana. *Otázky a odpovědi k problematice zařízení staveniště*. 1. vyd. Praha: Linde, 1993, 70 s. ISBN 80-856-4706-0.

## Seznám obrázku

OBR. 1: ENTERPRICE OFFICE CENTER .....	9
OBR. 2 - PLOCHA STAVENIŠTĚ .....	11
OBR. 3 - PLOCHA OBJEKTŮ.....	17
OBR. 4: MODEL 1 - ZPRACOVÁNÍ MATERIÁLŮ (PŘEVZATO Z [MOTYČKA HAB. PRÁCE]) .....	22
OBR. 5: MODEL 2 - ZPRACOVÁNÍ MATERIÁLŮ (PŘEVZATO Z [MOTYČKA HAB. PRÁCE]) .....	22
OBR. 6: MODEL 3 - ZPRACOVÁNÍ MATERIÁLŮ (PŘEVZATO Z [MOTYČKA HAB. PRÁCE]) .....	23
OBR. 7 - ZÁKLADNÍ DĚLENÍ PRACOVNÍHO CYKLU JEŘÁBU .....	30

OBR. 8: ZÁKLADNÍ STRUKTURA SYSTÉMU HROMADNÉ OBSLUHY (PŘEVZATO Z [MOTYČKA HAB. PRÁCE]) .....	31
OBR. 9: UZAVŘENÝ SYSTÉM OBSLUHY M/M/N/M (PŘEVZATO Z [MOTYČKA HAB. PRÁCE]) .....	32
OBR. 10: PLÁN PODLAŽÍ 2.-5. PATRA.....	40
OBR. 11: PLÁN PRO HRUBOU STAVBU 2.-5. NP .....	41
OBR. 12 - ORIENTAČNÍ PŮDORYS HRUBÉ STAVBY .....	41
OBR. 13: HARMONOGRAM PRO TYPICKÉ PODLAŽÍ .....	48
OBR. 14: DOSAHY JEŘÁBŮ .....	49
OBR. 15: HARMONOGRAM JEŘÁBU Č.2 .....	53
OBR. 16: HARMONOGRAM JEŘÁBU Č.2 S ROZDĚLENÍM NA ČASOVÉ ÚSEKY .....	55

## Seznam tabulek

TAB. 1: VÝKAZ VÝMĚR PRO 2.-5. NP .....	41
TAB. 2: TECHNOLOGICKÝ POSTUP PRO HRUBOU STAVBU.....	45
TAB. 3: TECHNOLOGICKÝ NORMÁL PRO HRUBOU STAVBU .....	46
TAB. 4: POČTY OSOB JSOU PŘEVZATY Z TABULKY. ZDE JSOU UVEDENY ODHADOVANÉ POČTY.....	47
TAB. 5: VÝKAZ VÝMĚR PRO JEŘÁB Č.2 .....	50
TAB. 6: PROCESY 1.SKUPINY DSP .....	50
TAB. 7: PROCESY 2. SKUPINY DSP .....	51
TAB. 8: VYBRANÉ TECHNICKÉ PARAMETRY JEŘÁBU.....	52
TAB. 9: PROCESY 2. SKUPINY DSP – PŘESUN BEDNĚNÍ .....	56
TAB. 10: PROCESY 2.SKUPINY DSP – PŘESUN VÝZTUŽE.....	57
TAB. 11: PROCESY 2.SKUPINY DSP – PŘESUN BEDNĚNÍ PO ODBEDNĚNÍ .....	58
TAB. 12: PROCESY 2.SKUPINY DSP – PŘESUN STOJEK.....	59
TAB. 13: PROCESY 2.SKUPINY DSP – PŘESUN RÁMU OKEN A ZASKLENÍ .....	60
TAB. 14: VÝPOČET THO PRO ČASOVÝ ÚSEK 1 .....	61
TAB. 15: VÝPOČET THO PRO ČASOVÝ ÚSEK 3 .....	63
TAB. 16: VÝPOČET THO PRO ČASOVÝ ÚSEK 4 .....	65