

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

CW22 Stavebně technologické projektování (R)

8. Zásady návrhu a posouzení hlavních zvedacích prostředků, zohlednění jejich časového vytížení.

Osnova přednášky:

1. Návrh jeřábů - úvod
2. Konstrukce jeřábů a jejich parametry
3. Historie a vývoj
4. Metodický postup návrhu jeřábu
5. Umístění jeřábů na staveništi
6. Únosnost jeřábů
7. Zohlednění časového vytížení
8. Finanční náklady



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



1. Návrh jeřábů - úvod



Stroje pro vertikální dopravu a zvláště jeřáby zásadním způsobem ovlivňují celý průběh výstavby.

Patří mezi:

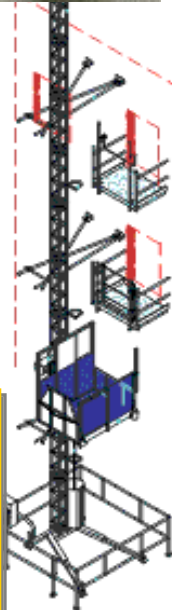
- **nejčastěji používané stroje**
- **nejdražší na stavbě**
- **mají podstatný vliv na plynulost práce a dobu výstavby**
- **mají podstatný vliv na finanční náklady realizace staveb**

Návrh jeřábu je ovlivněn:

- **charakterem konstrukce objektu**
- **technologií realizovaného objektu**
- **tvarem a hmotností zvedaných prvků, jejich rozměry a vzdálenosti při osazování**
- **tvarem a rozměry objektu a jeho dispozičním a výškovým uspořádáním**

Návrh jeřábu rovněž ovlivňuje:

- **charakter staveniště vzhledem k dopravě, montáži a umístění jeřábu a umístění skládek materiálu**
- **možnosti vnitrostaveništního dopravního systému**
- **požadovaná rychlost výstavby**
- **finanční náklady spojené s pronájmem, dopravou, montáží a provozem jeřábu**



Stroje a zařízení používaná na stavbě pro vertikální dopravu lze zařadit do těchto skupin:
stavební jeřáby, stavební výtahy, teleskopické manipulátory, vysokozdvížné vozíky, vrtulníky, pracovní plošiny, závěsné lávky, vrátky

2. Konstrukce jeřábů a jejich parametry



Z hlediska konstrukce jeřábu:

- jeřáby věžové
- jeřáby mobilní
- speciální jeřáby (derrickové, lanové, portálové, lodní)



**Nejčastěji dělíme jeřáby z hlediska konstrukce jeřábu:
jeřáby věžové, jeřáby mobilní, speciální jeřáby
(mostové, lanové, portálové, derrickové,)**

Hlavní parametry věžových jeřábů:

- jmenovité zatížení jeřábu – maximální nosnost jeřábu
- vyložení jeřábového háku – vodorovná vzdálenost břemene od svislé osy věže
- výška zdvihu háku – svislá vzdálenost polohy závěsného háku od roviny pojezdu
- momenty nosnosti jeřábů – klopný moment M [kNm] vzniká na výložníku , který je zatížen břemenem Q [kN] ve vzdálenosti L [m] vyložení břemene od svislé osy jeřábové věže
- rychlosti pohybů jeřábu

Hlavní parametry věžových jeřábů - pokračování:

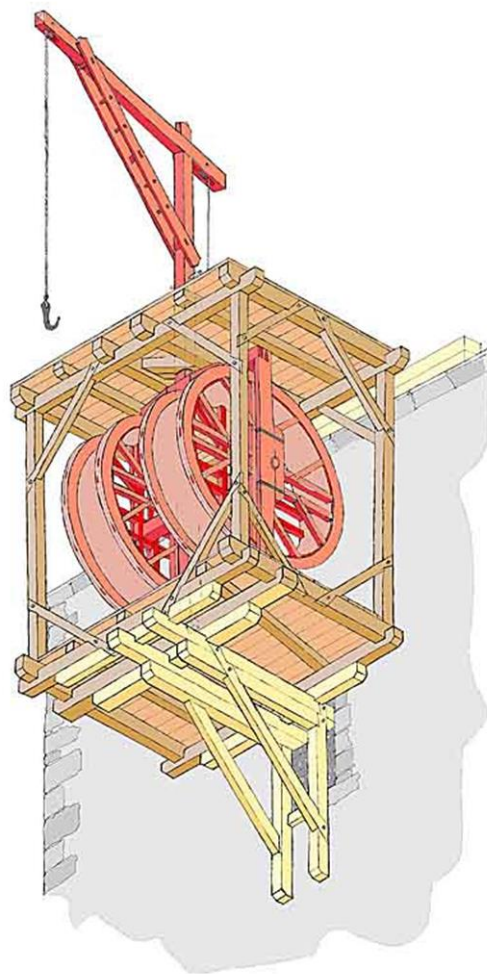
- rychlosti pohybů jeřábu:
 - rychlost pojezdu jeřábu po jeřábové dráze
 - rychlost otáčení jeřábové věže
 - rychlost zdvihu břemene
 - rychlost pojezdu kladky po výložníku

Hlavní parametry mobilních jeřábů:

- maximální nosnost při minimálním vyložení a vysunutých podpěrách
- vyložení od osy otáčení
- výška zdvihu břemene
- rychlosti pohybů jeřábu

Historie a vývoj

Podrobněji v samostatném dokumentu



Metodický postup návrhu jeřábu:

1. Příprava podkladů pro návrh jeřábu:

- koncepce situace staveniště s vyznačením předpokládaného staveništního provozu
- podrobný časový plán stavby
- plán čerpání potřebných zdrojů pro výstavbu, především materiálů vyžadujících dopravu staveništním jeřábem
- technologický sled, případně technologické předpisy stavebních procesů, pro které bude zvedací prostředek využíván
- katalog jeřábů s jejich technickými parametry
- Podklady pro časové posouzení nasazení jeřábů

4. Metodický postup návrhu jeřábu



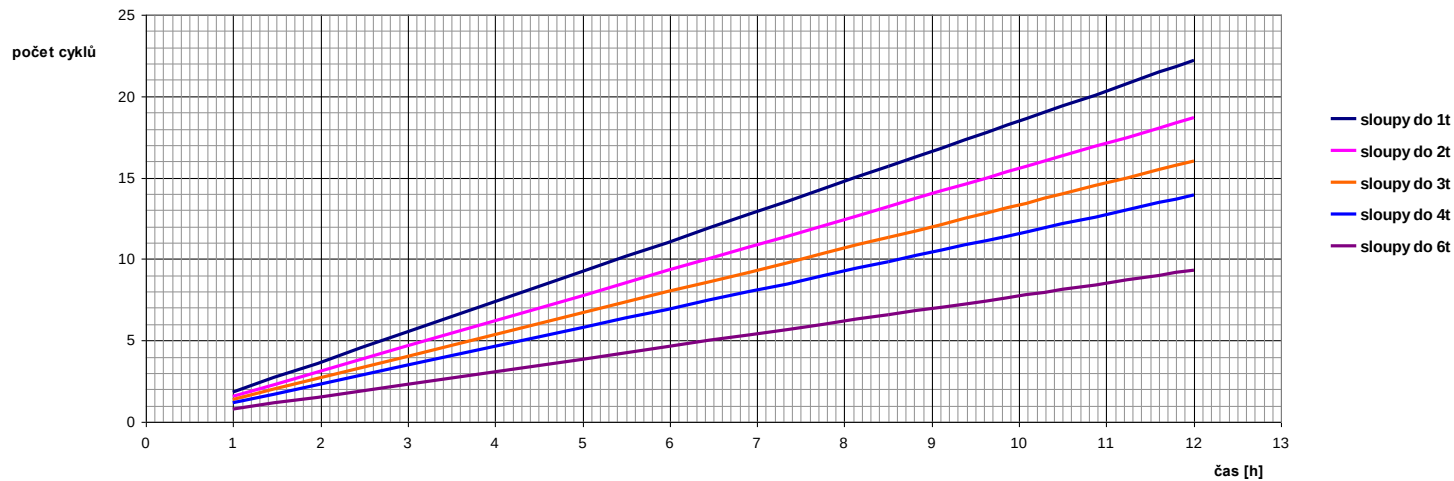
Tab. 8.2 Příklady požadavků na zásobování jeřábem vybranými materiály při provádění zděných konstrukcí – orientační hodnoty

Převážený materiál	Měrná jednotka	Množství přeprav. jednotky	Hmotnost přepravované jednotky [t]	Výška vč. závěsu [m]	4 délka směny 8,5		Prac. skupina (4) / směna 12				cyklů za hodinu	cyklů za 8,5 hod. směnu	Míra jistoty -Mj	
					Požadov. množství		cyklů za směnu	Požadov. množství		cyklů za směnu				
					[m.j.]	[t]		[m.j.]	[t]					
Zdící prvky														
CPP	m³	0,814	1,500	4,0	9,2	16,9	11,3	12,9	23,9	15,9	1,3	12	15	16
Porotherm tl. – 440	m³	1,55	1,170	4,0	11,5	8,7	7,4	16,2	12,2	10,5	0,9	8	10	11
Porotherm tl. – 400	m³	1,41	1,000	4,0	11,3	8,0	8,0	15,9	11,3	11,3	0,9	8	10	11
Porotherm tl. – 365	m³	1,29	0,930	4,0	11,2	8,1	8,7	15,8	11,4	12,2	1,0	9	12	12
Porotherm tl. – 300	m³	1,41	1,110	4,0	11,1	8,8	7,9	15,7	12,4	11,2	0,9	8	10	11
Porotherm tl. – 240	m³	1,264	1,010	4,0	10,3	8,3	8,2	14,6	11,7	11,5	1,0	9	12	12
Hebel tl. – 375	m³	1,125	0,565	4,0	16,4	8,2	14,6	23,2	11,6	20,6	1,7	15	18	19
Hebel tl. – 300	m³	1,125	0,565	4,0	15,9	8,0	14,1	22,4	11,3	19,9	1,7	15	18	19
Hebel tl. – 250	m³	1,125	0,565	4,0	14,8	7,4	13,2	20,9	10,5	18,6	1,6	14	17	18
Hebel tl. – 200	m³	1,05	0,525	4,0	13,4	6,7	12,8	18,9	9,5	18,0	1,5	13	16	17
Ytong tl - 400	m³	1,44	0,825	4,0	13,2	7,5	9,1	18,6	10,6	12,9	1,1	10	13	16
Ytong tl - 365	m³	1,314	0,825	4,0	12,3	7,7	9,4	17,4	10,9	13,2	1,1	10	13	16
Ytong tl - 300	m³	1,35	0,825	4,0	11,8	7,2	8,8	16,7	10,2	12,4	1,0	9	12	12
Ytong tl - 240	m³	1,296	0,825	4,0	11,4	7,3	8,8	16,1	10,2	12,4	1,0	9	12	12
Ytong tl – 200	m³	1,26	0,868	4,0	10,2	7,0	8,1	14,4	9,9	11,4	1,0	9	12	12
Ytong tl - 175	m³	1,26	0,868	4,0	9,9	6,8	7,8	13,9	9,6	11,0	0,9	8	10	11
Příčky														
Příčkovka tl.- 65	m²	12,6	0,9	4,0	63,2	4,5	5,0	89,2	6,4	7,1	0,6	6	8	9
Porotherm tl - 6,5	m²	15,936	0,950	4,0	78,2	4,7	4,9	110,3	6,6	6,9	0,6	5	7	7
Porotherm tl - 115	m²	11,355	1,080	4,0	71,6	6,8	6,3	101,1	9,6	8,9	0,7	7	9	10

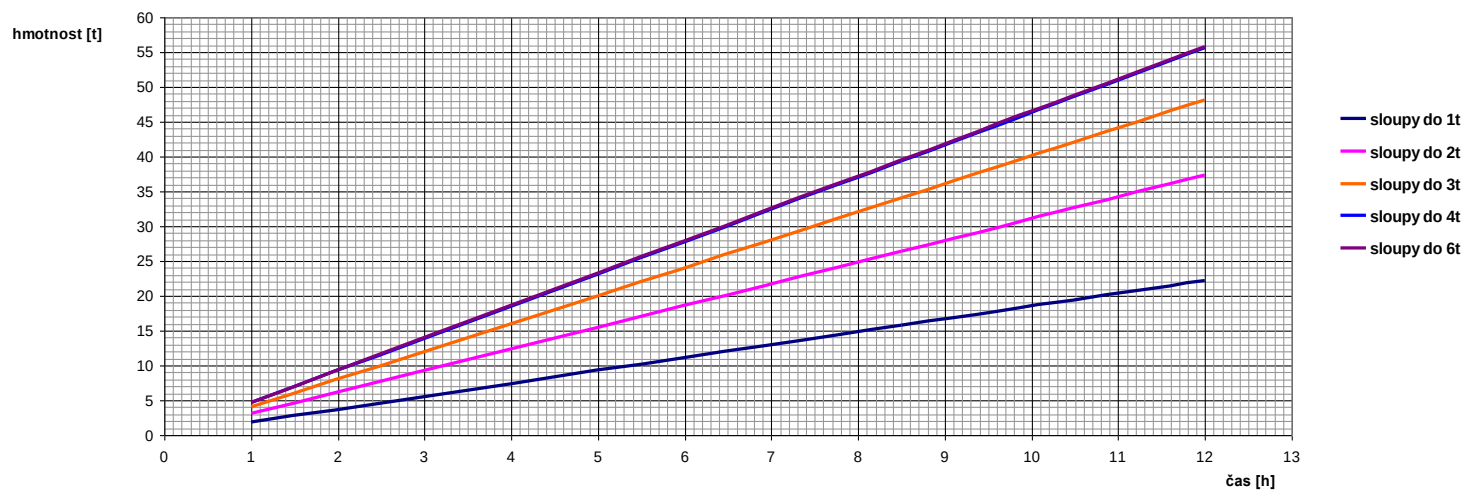
4.

Metodický postup návrhu jeřábu

Vícepodlažní objekty - Sloupy



Vícepodlažní objekty - Sloupy



4. Metodický postup návrhu jeřábu



2. **Určit technologické etapy výstavby u nichž se předpokládá využití stavebních jeřábů**
3. **Určit dílčí stavební procesy, které vyžadují obsluhu jeřábem**
4. **Pro jednotlivé dílčí stavební procesy vybrat materiály, které budou přepravovány jeřábem,**
5. **Zvážit možnost umístění stacionárních jeřábů, jeřábových drah nebo jeřábových stání pro mobilní jeřáby**

4. Metodický postup návrhu jeřábu

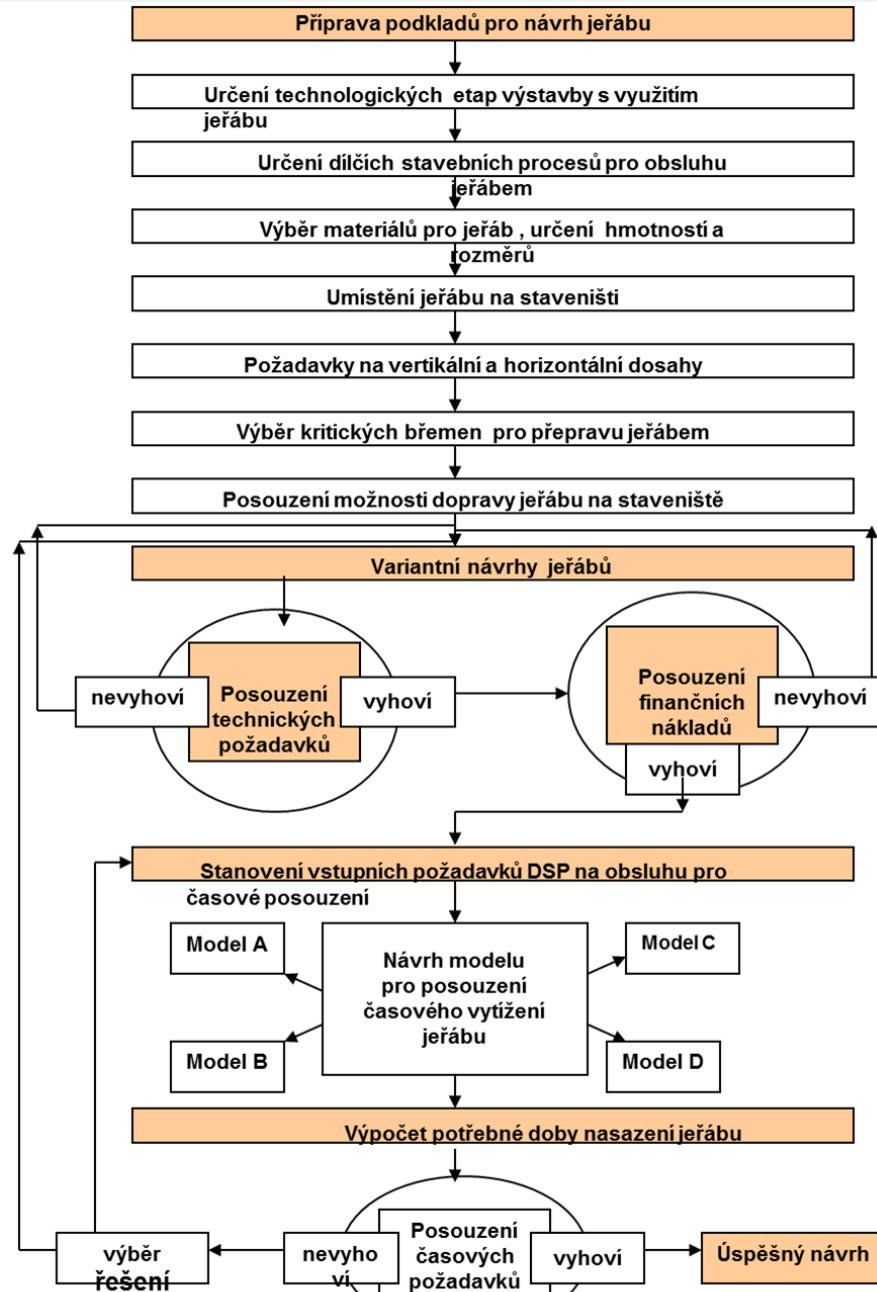


6. **Z variant umístění stacionárních jeřábů nebo jeřábových drah vyhodnotit potřebné vertikální a horizontální dosahy**
7. **Určit kritická břemena, která mohou vyvodit nejnepříznivější momenty na momentovém diagramu únosnosti jeřábu**
8. **Zohlednit možnosti dopravy jeřábu na stavenišťě, využití místa pro montáž jeřábu a případně další okolnosti, které mohou volbu jeřábu ovlivnit**

4. Metodický postup návrhu jeřábu



9. **Zpracovat variantní návrhy vyhovujících typů jeřábů, případně stanovit jejich počet (postupuje se od menšího počtu k většímu nebo se využije pro předběžný návrh některé metody využívající ukazatele (viz dále).**
10. **Posoudit potřebné finanční náklady spojené s pronájmem, dopravou, montáží a provozem jeřábu.**
11. **Vyhodnotit potřebnou dobu nasazení jeřábů**



5. Umístění jeřábů na staveništi



Jeřáb musí být umístěn tak, aby:

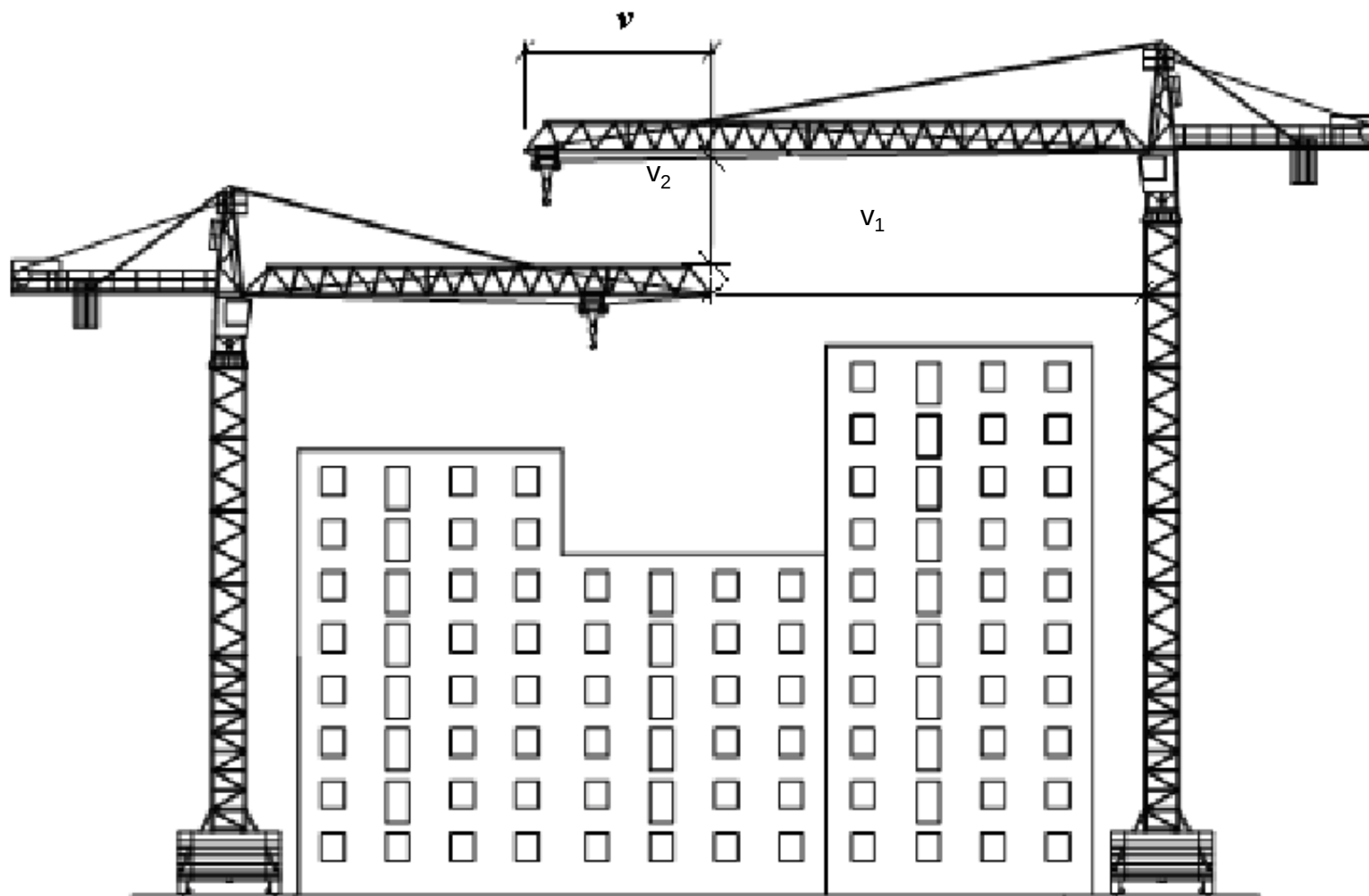
- **spolehlivě obsloužil budovaný objekt**
- **pokryl co největší plochu staveniště**
- **dosáhl na vnitrostaveništní komunikaci ZS**
- **byly dostačující podmínky pro dopravu jeřábu na staveniště, jeho montáž, demontáž a následné odvezení**

5. Umístění jeřábů na staveništi

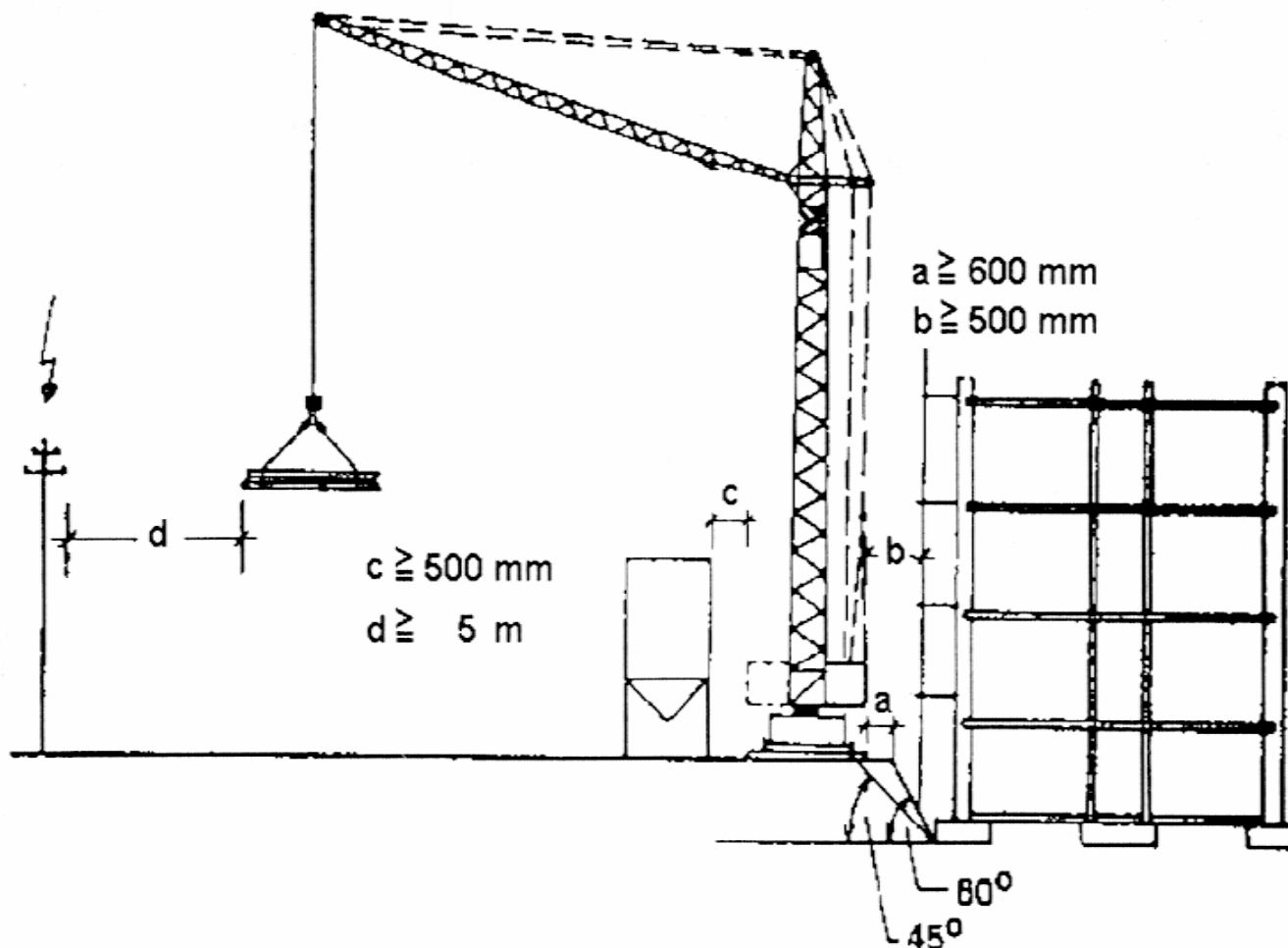


- **Vzdálenost jeřábu od všech pevných částí stavěného objektu je minimálně 0,5 m,**
- **ve výšce větší jak 2,0 m je tato vzdálenost minimálně 0,1 m (ČSN 27 0140, ČSN ISO 12480-1).**
- **Minimální vzdálenost jakýchkoli částí sousedních jeřábů je 2,0 m - viz následující obr. a vzdálenosti v , v_1 a v_2 .**

5. Umístění jeřábů na staveništi



Minimální vzdálenosti výložníků souběžně pracujících jeřábů



Bezpečné vzdálenosti v souvislosti s umístěním věžového jeřábu na staveništi

5. Umístění jeřábů na staveništi



Velikosti ochranných pásem elektrického vedení v závislosti na napětí ve vodiči

Napětí ve vodiči [kV]	šířka ochranného pásma [m]
do 35	10
35 – 110	15
110 – 220	20
220 – 400	25

Pozn.: Jde o ochranná pásma venkovního elektrického vedení od krajního vodiče na každou stranu

Požadavky na výškový dosah :

potřebná výška háku H jeřábu je dána následujícím vztahem: v [m]

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$$

kde:

H.....potřebná výška háku jeřábu

h1....nejvýše položená plocha pro osazení prvku nebo uložení materiálu

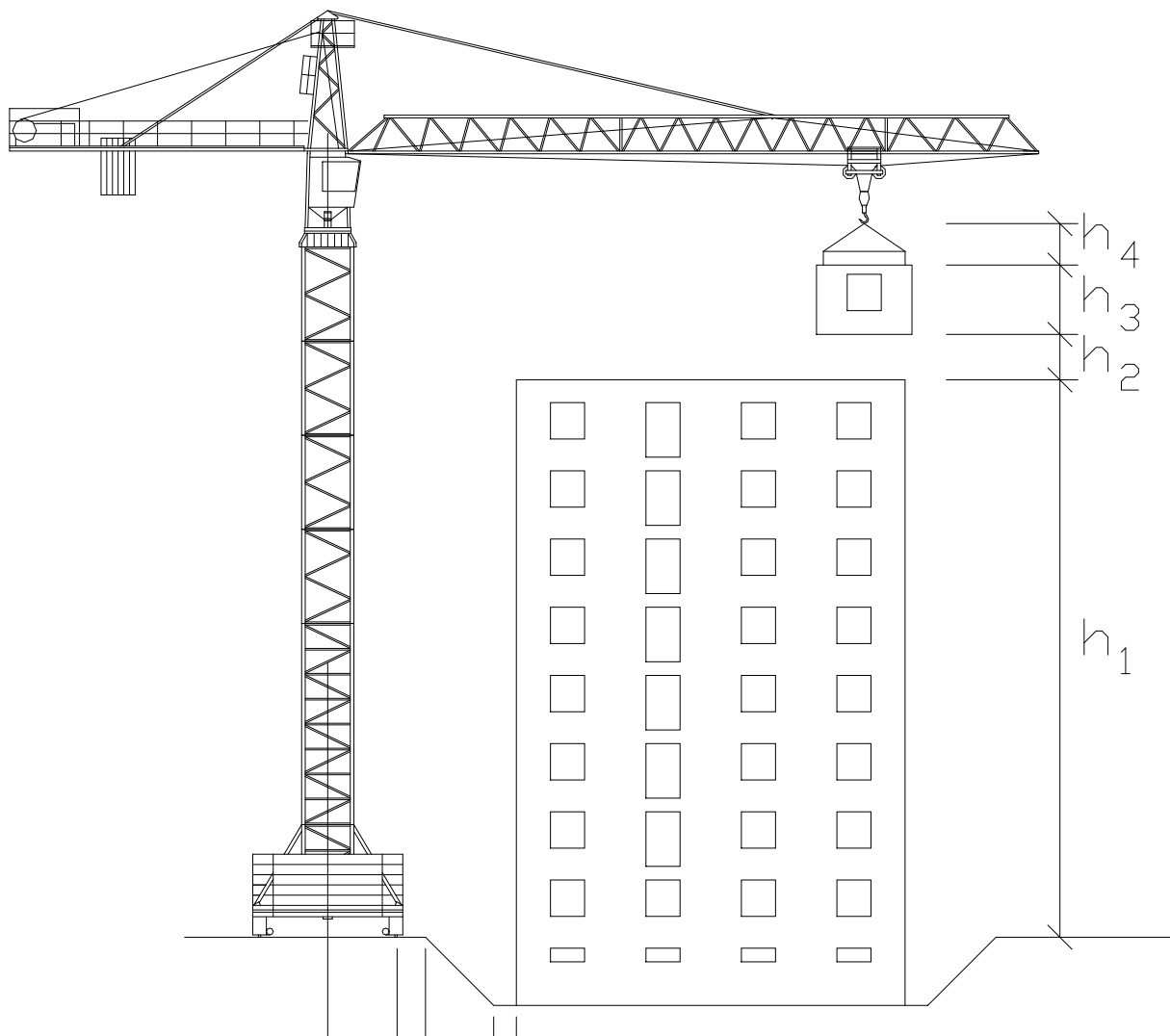
h2.....manipulační výška

h3....výška přemísťovaného břemene

h4....výška závěsu na háku jeřábu

5.

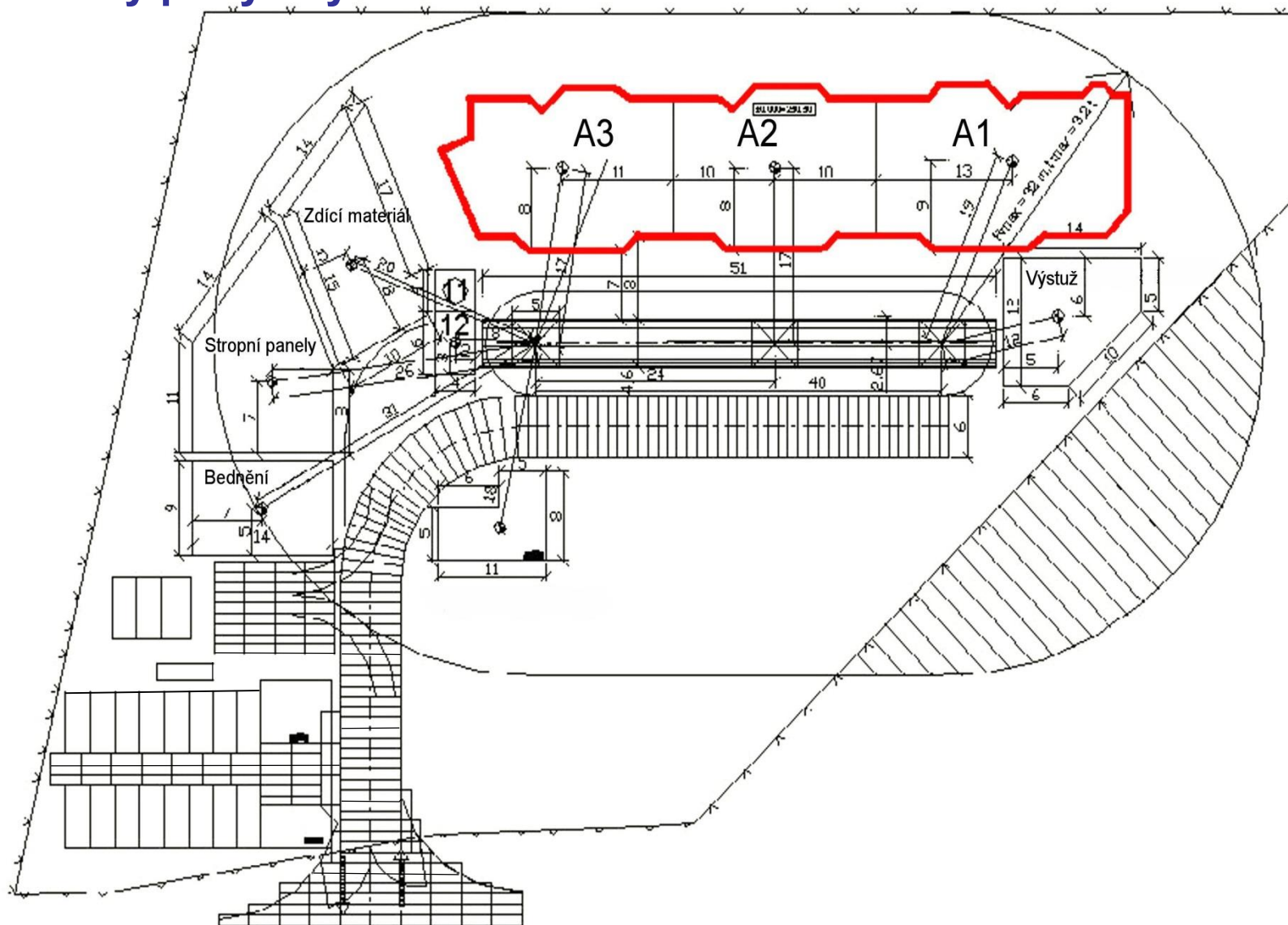
Umístění jeřábů na staveništi



Rozměry ovlivňující potřebnou výšku háku zvedacího prostředku

5. Umístění jeřábů na staveništi

Zakázaný pohyb výložníku



Zakázaný pohyb výložníku

5.

Umístění jeřábů na staveništi



5. Umístění jeřábů na staveništi

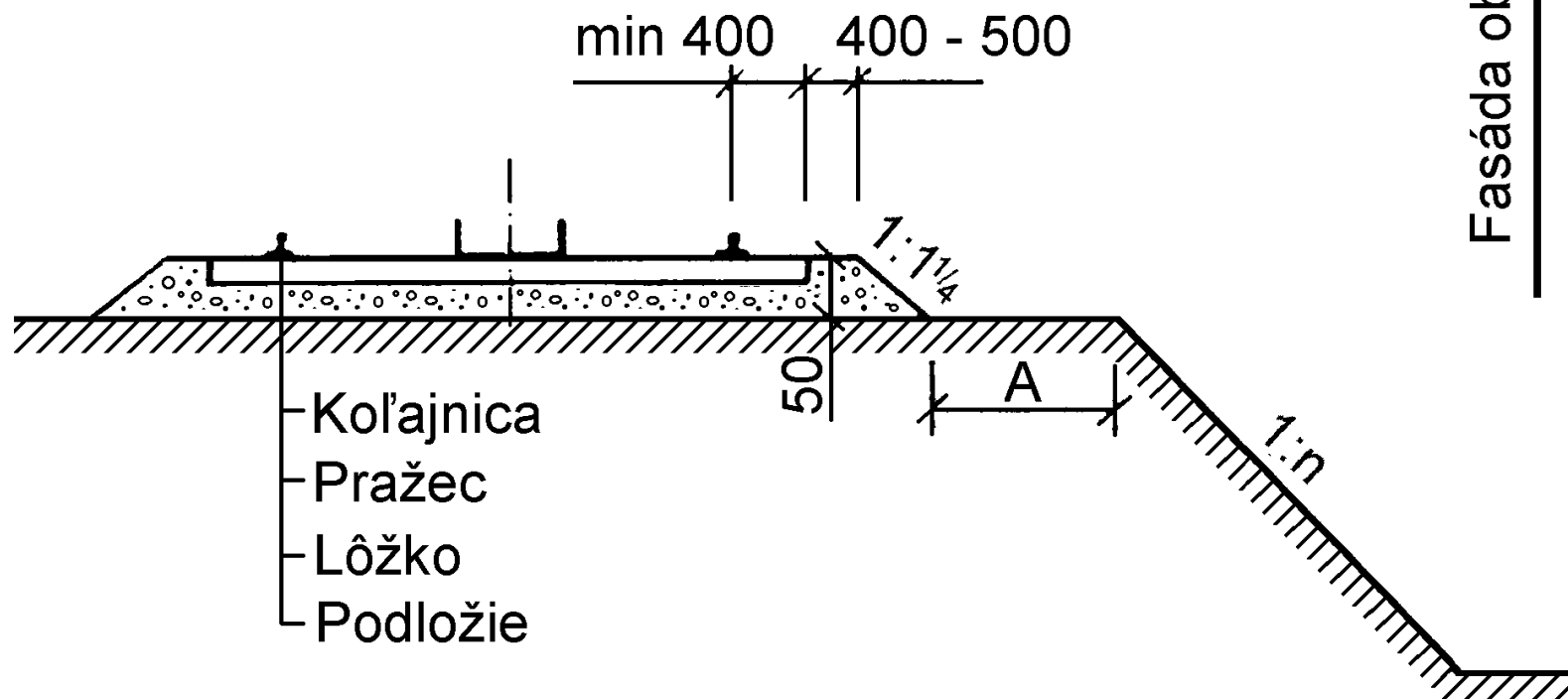


5. Umístění jeřábů na staveništi

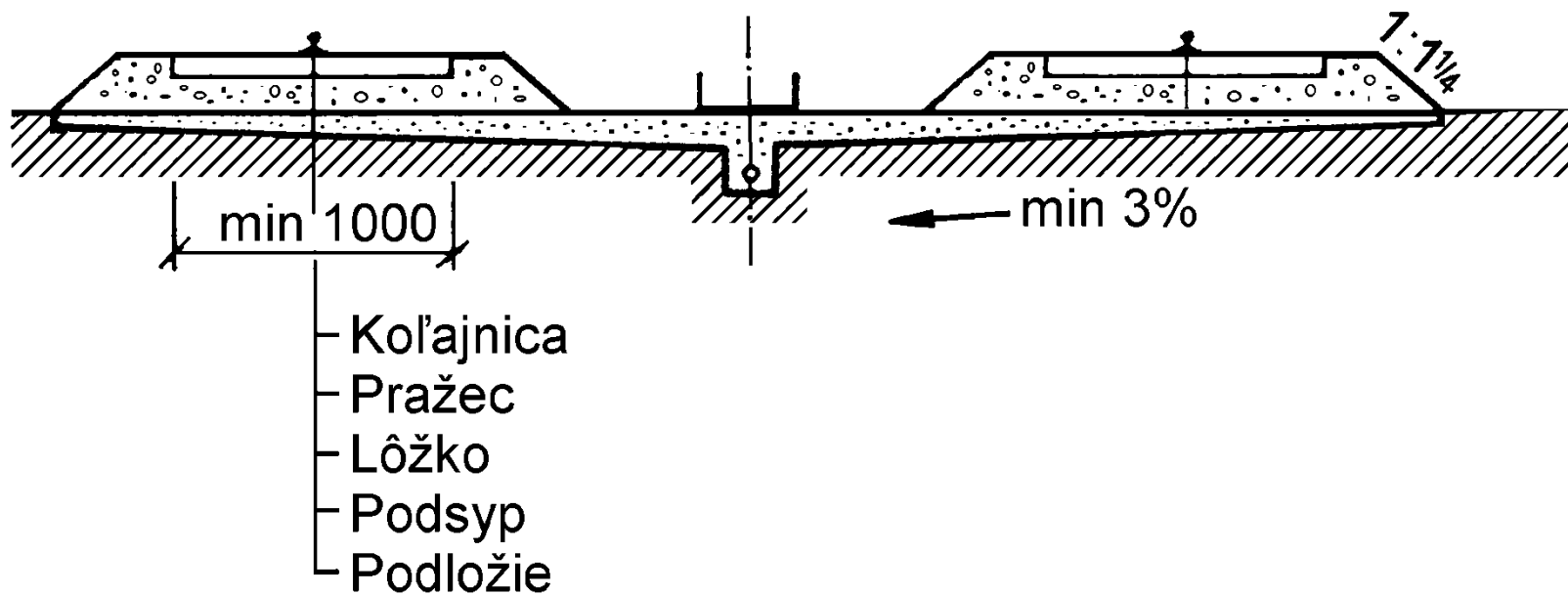


Způsoby osazení věžových jeřábů

Dočasné jeřábové dráhy



Dočasné jeřabové dráhy



5.

Umístění jeřábů na staveništi



5.

Umístění jeřábů na staveništi





5.

Umístění jeřábů na staveništi



5. Umístění jeřábů na staveništi



Dočasné jeřábové dráhy

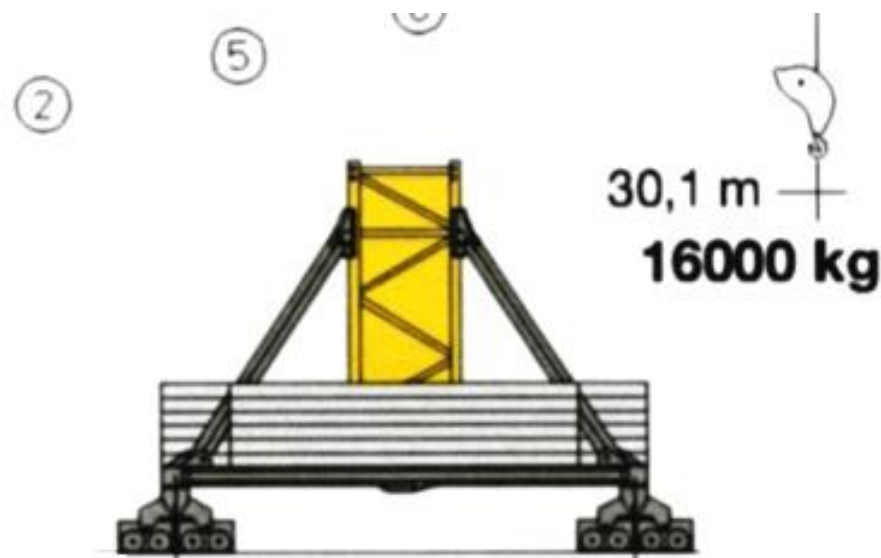
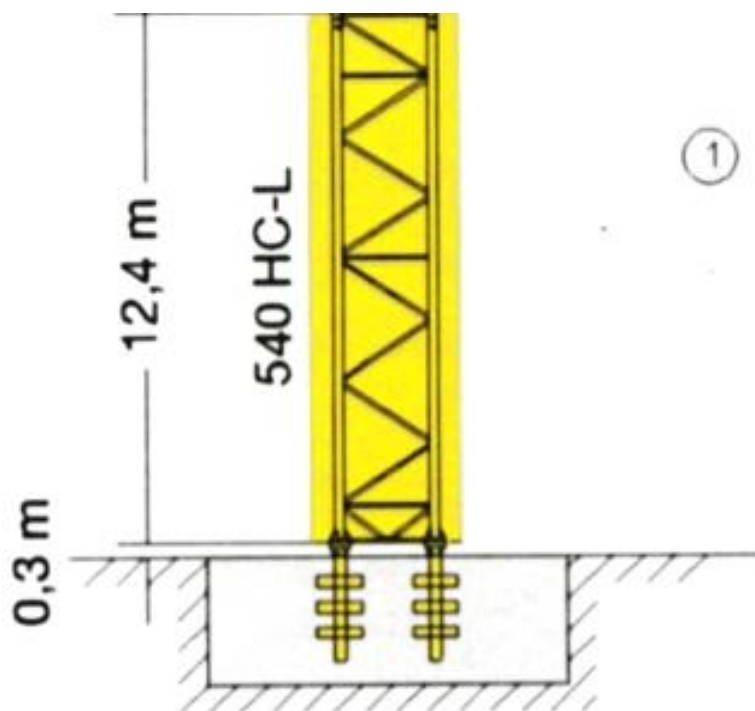
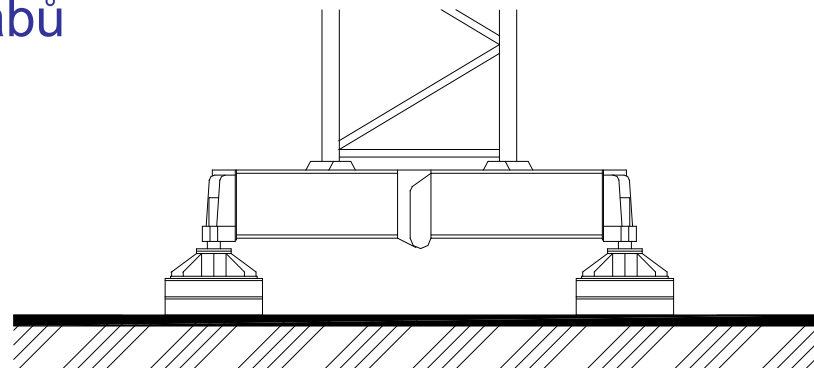
Pro každou jeřábovou dráhu musí být zpracována projektová dokumentace s tímto obsahem:

- **doklad o únosnosti a vlastnostech podloží,**
- **výkresová dokumentace (situace, podélný řez dráhy, vzorový půdorys a příčný řez tělesa dráhy, rozvod elektrické instalace a zemnění dráhy),**
- **statické posouzení základu**
- **technická zpráva včetně požadavků na rovinost dráhy a termíny její pravidelné kontroly.**

5. Umístění jeřábů na staveništi

Způsoby osazení věžových jeřábů

Stacionární jeřáby





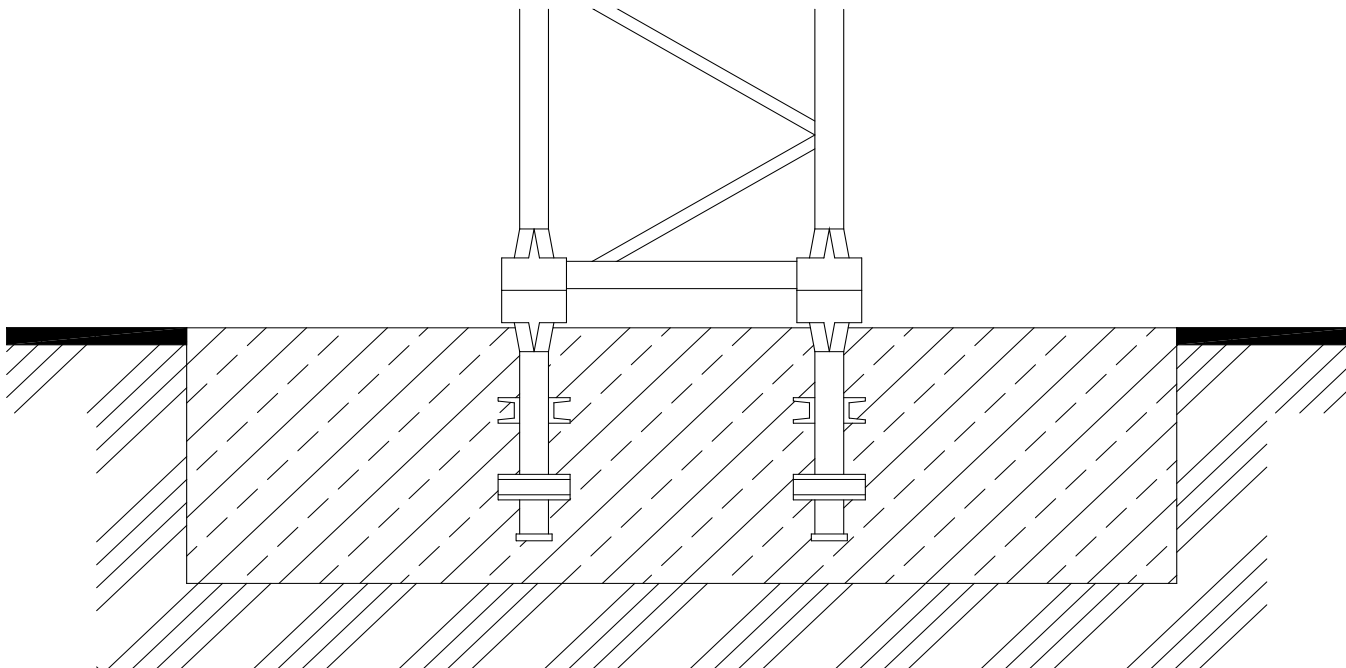
1 10 2006

5.

Umístění jeřábů na staveništi

Způsoby osazení věžových jeřábů

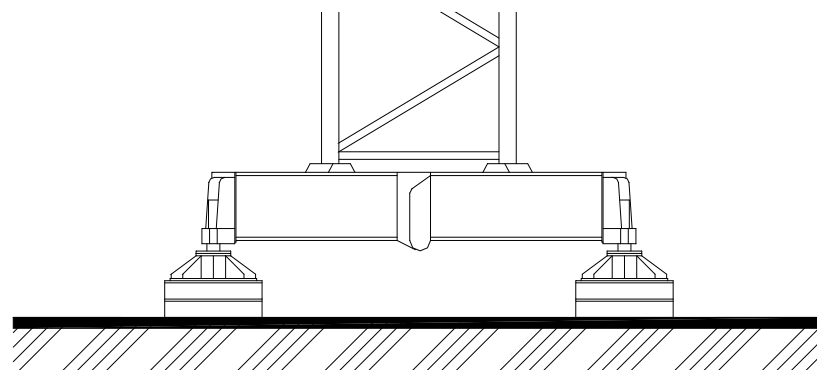
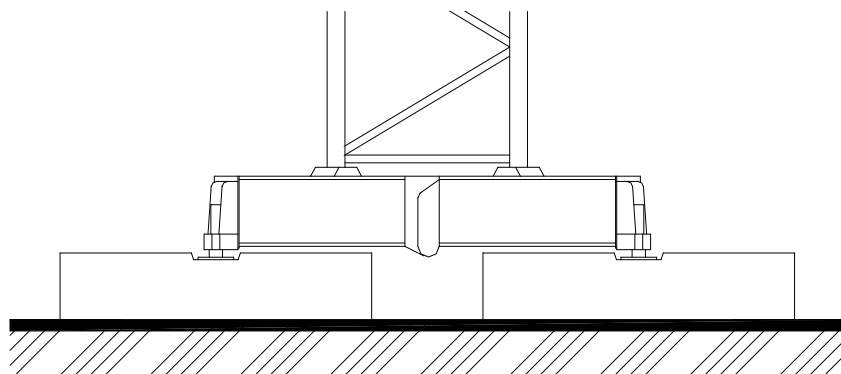
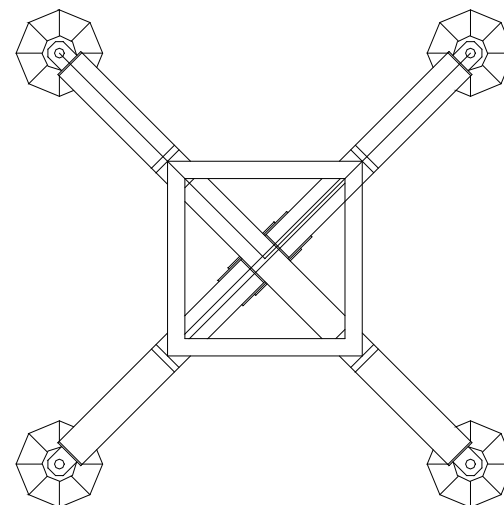
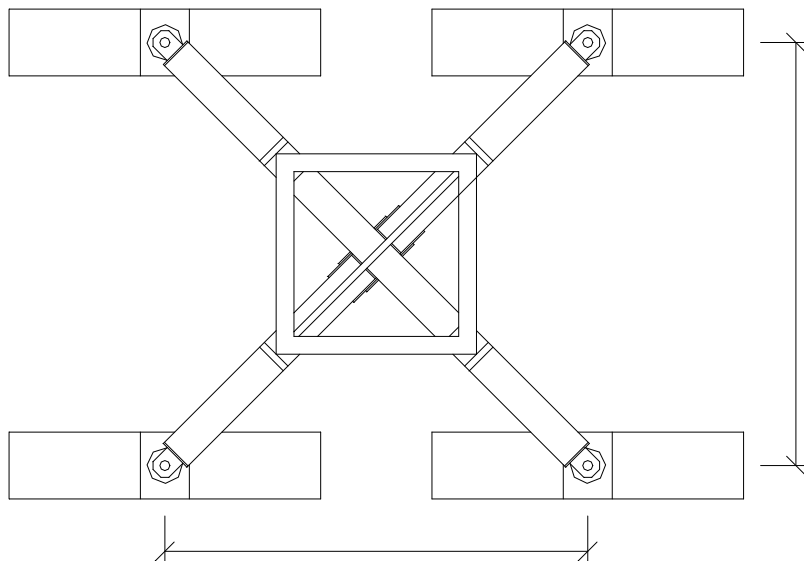
Stacionární jeřáby



5. Umístění jeřábů na staveništi



Způsoby osazení věžových jeřábů



5. Umístění jeřábů na staveništi

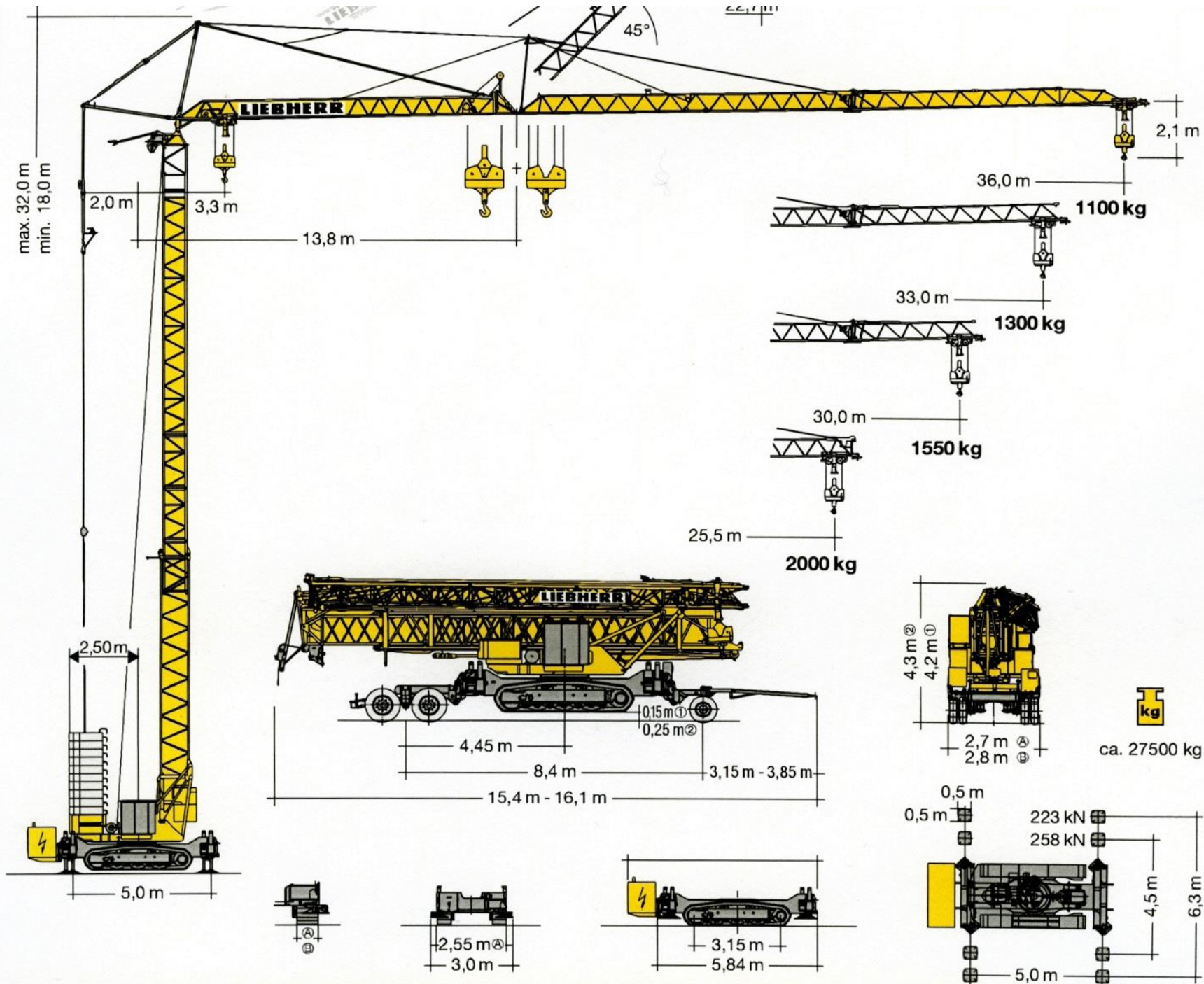
Způsoby osazení věžových jeřábů



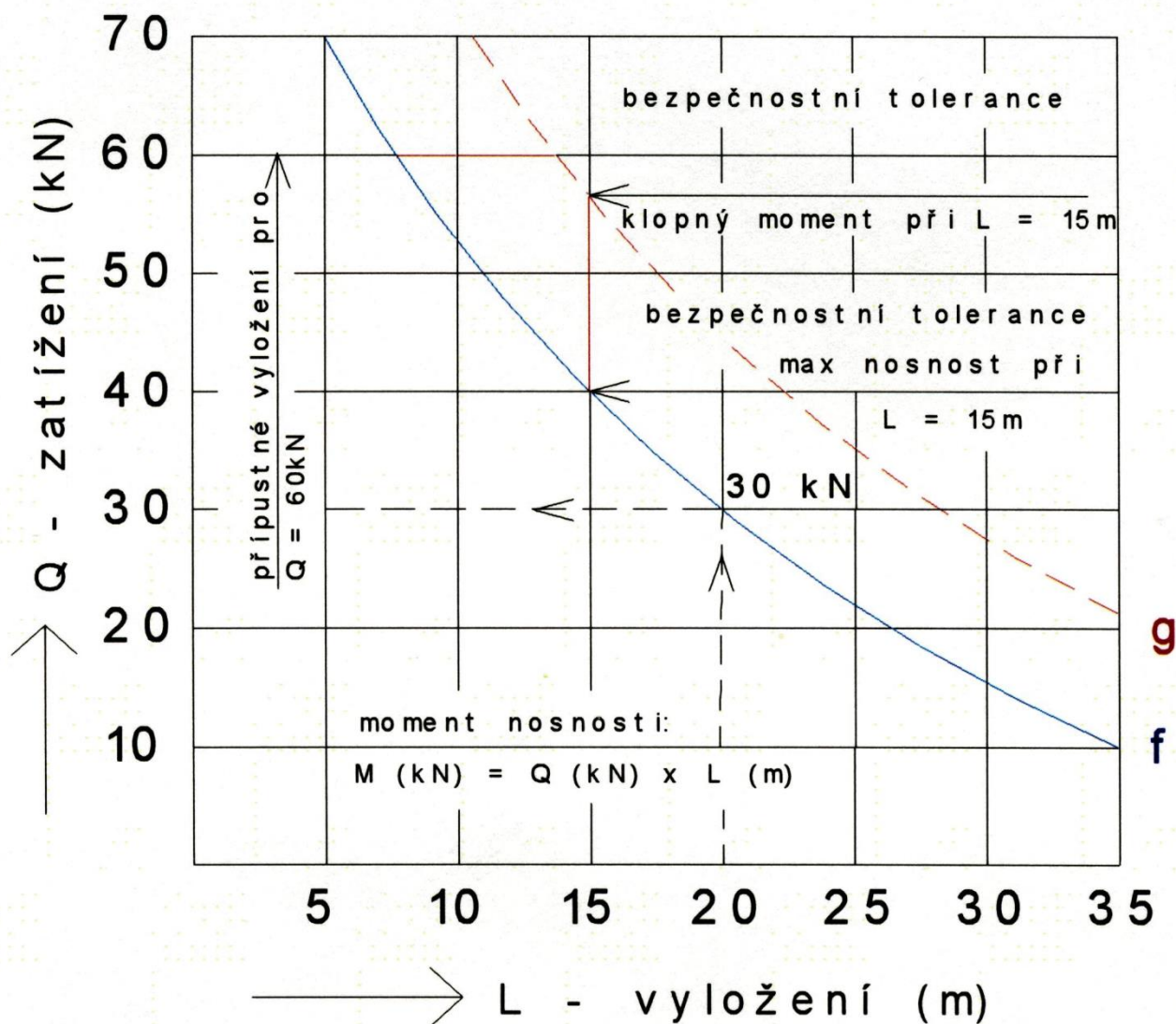
5. Umístění jeřábů na staveništi

Způsoby osazení věžových jeřábů

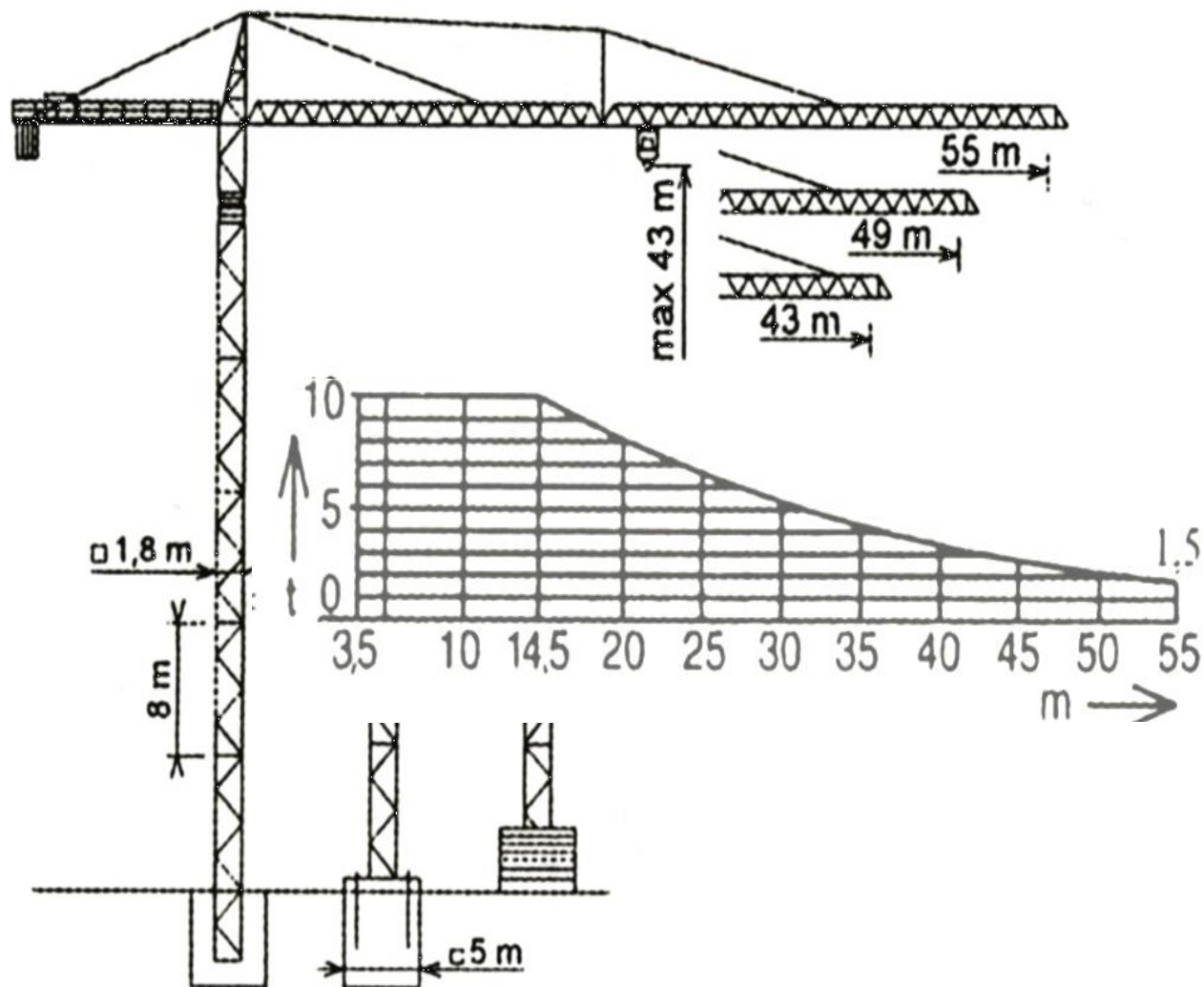




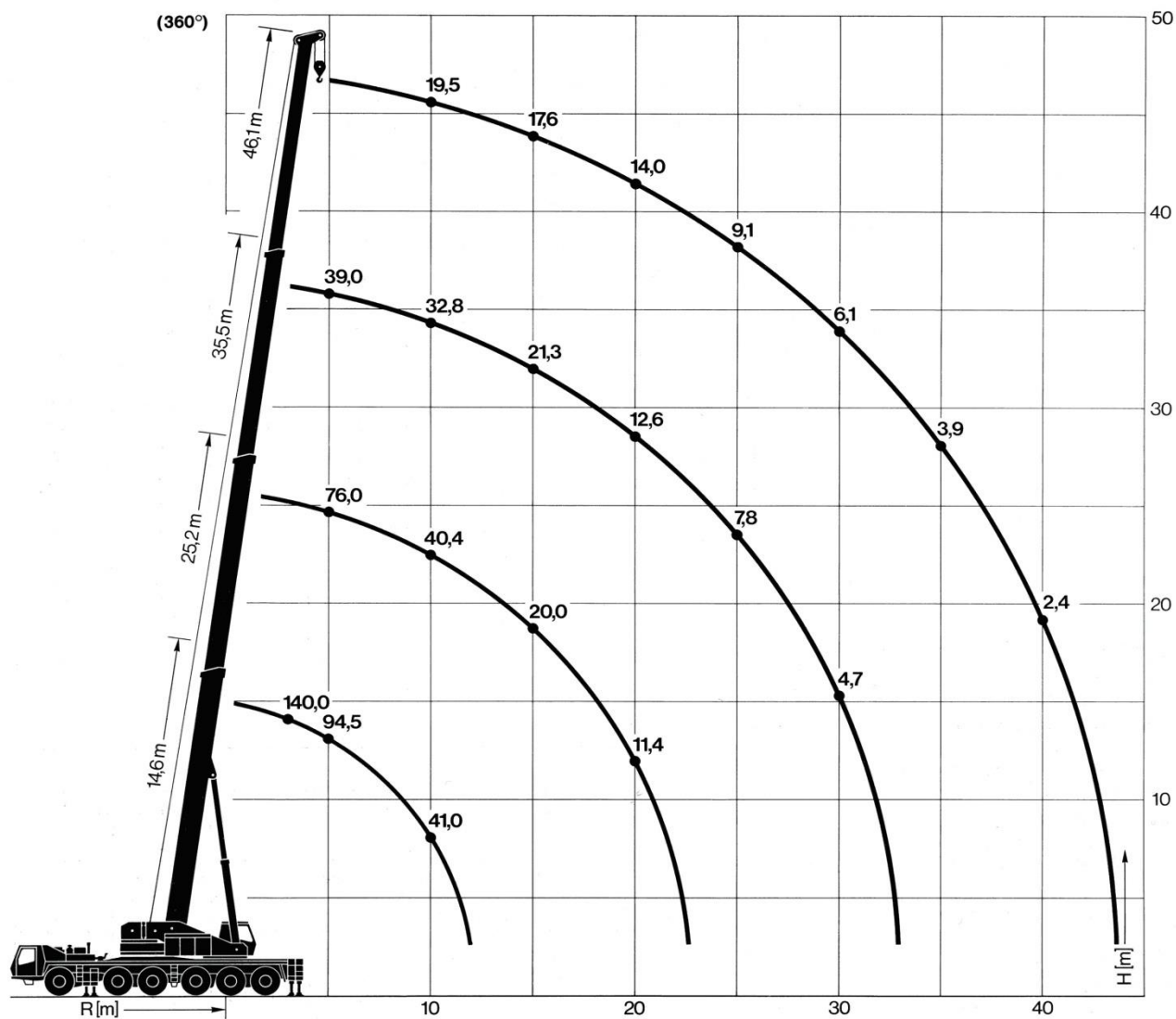
Posouzení únosnosti věžových jeřábů



Posouzení únosnosti věžových jeřábů



Posouzení únosnosti mobilních jeřábů



7. Zohlednění časového vytížení



Výkonnost stavebních jeřábů Q:

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

C počet cyklů

J množství dopraveného materiálu v jednom cyklu

Celkový koeficient pracovní účinnosti stroje k_p je pak dán vztahem:

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

Koeficient časového využití stroje k_t

Koeficient časového využití jeřábu k_t se obvykle pohybuje v intervalu (0,5 ; 0,8).

Koeficient výkonnostního využití stroje k_v zohledňuje objektivní vlivy pracovních podmínek jako například vliv vzdáleností při pojíždění a pohybu stroje, vlastnosti materiálu, se kterým stroj pracuje, Koeficient výkonnostního využití stroje k_v se obvykle pohybuje v intervalu (0,5 ; 0,9).

Koeficient intenzity využití stroje k_i zohledňuje subjektivní vlivy pracovních podmínek, jako jsou povětrnostní vlivy, kvalita obsluhy stroje, únava pracovníků obsluhující stroje a podobně. Koeficient intenzity využití stroje k_i se obvykle pohybuje v intervalu (0,4 ; 0,98).

7. Zohlednění časového vytížení



Výkonnost stavebních jeřábů Q:

$$Q = C \cdot J \cdot k_p \quad [\text{jedn. množství / čas}] \quad (1)$$

$$C = \frac{1}{t_n} \quad (2)$$

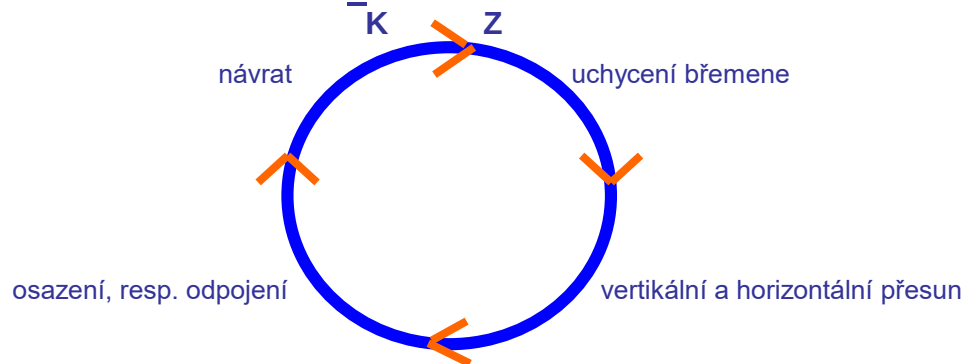
Užitná hodinová výkonnost stavebních jeřábů Q_n :

$$Q_n = \frac{60}{t_n} \cdot J \cdot k_p \quad [\text{jedn. množství / čas}] \quad (3)$$

Pro odlišná jednotková množství dopravovaných materiálů a odlišný čas pracovních cyklů, výkonnost stavebních jeřábů Q:

$$Q = \frac{k_p \sum_{i=1}^r j_i}{\sum_{i=1}^r t_{ni}} \quad [\text{jedn. množství / čas}] \quad (4)$$

Výpočet pracovního cyklu jeřábu t_n :



Výpočet pracovního cyklu jeřábu t_n metodou kritické cesty:

$$t_n = \frac{t_{zk} + t_z + 2 \cdot t_o + t_{sm} + t_{ok} + t_{z1} + t_s}{60} \quad [\text{min}] \quad (5)$$

- t_{zk} .. .doba pro zavěšení (upínání), resp. naložení materiálu
- t_z .. .doba zdvihu jeřábového háku
- t_o .. .doba pro otáčení výložníku
- t_{sm} .. .doba pro vertikální usazovací pohyb
- t_{ok} .. .doba pro odepnutí, resp. vyložení materiálu
- t_{z1} .. .doba pro zvednutí nad místem vyložení
- t_s doba spouštění jeřábového háku do výchozí polohy

7. Zohlednění časového vytížení



Výsledný celkový čas pracovního cyklu jeřábu t_n vyplývá z následujícího časového harmonogramu:

Dílčí fáze cyklu [min.]	1	2	3	4	5	6	7	8
Naložení kontejneru	■							
Zdvih háku		■						
Pojezd jeřábu		■						
Otočení výložníku			■					
Pojezd kladnice			■					
Spouštění usaz. rychlostí				■				
Vyložení kontejneru					■			
Zdvih háku po vyložení						■		
Otočení výložníku						■		
Pojezd kladnice						■		
Pojezd jeřábu							■	
Spouštění háku							■	

Časový harmonogram pracovního cyklu jeřábu

Celková doba pracovního cyklu jeřábu t_n je dána součtem časů činností, které jsou na kritické cestě.

Typové pracovní cykly věžových jeřábů

Čas obsluhy jeřábem t_n dílčího stavebního procesu:

$$t_n = t_p + t_d$$

kde:

t_n čas pro obsluhu jeřábem (jeden pracovní cyklus jeřábu)

t_p čas pro čistý přesun materiálu

t_d čas pro zavěšení a odpojení materiálu

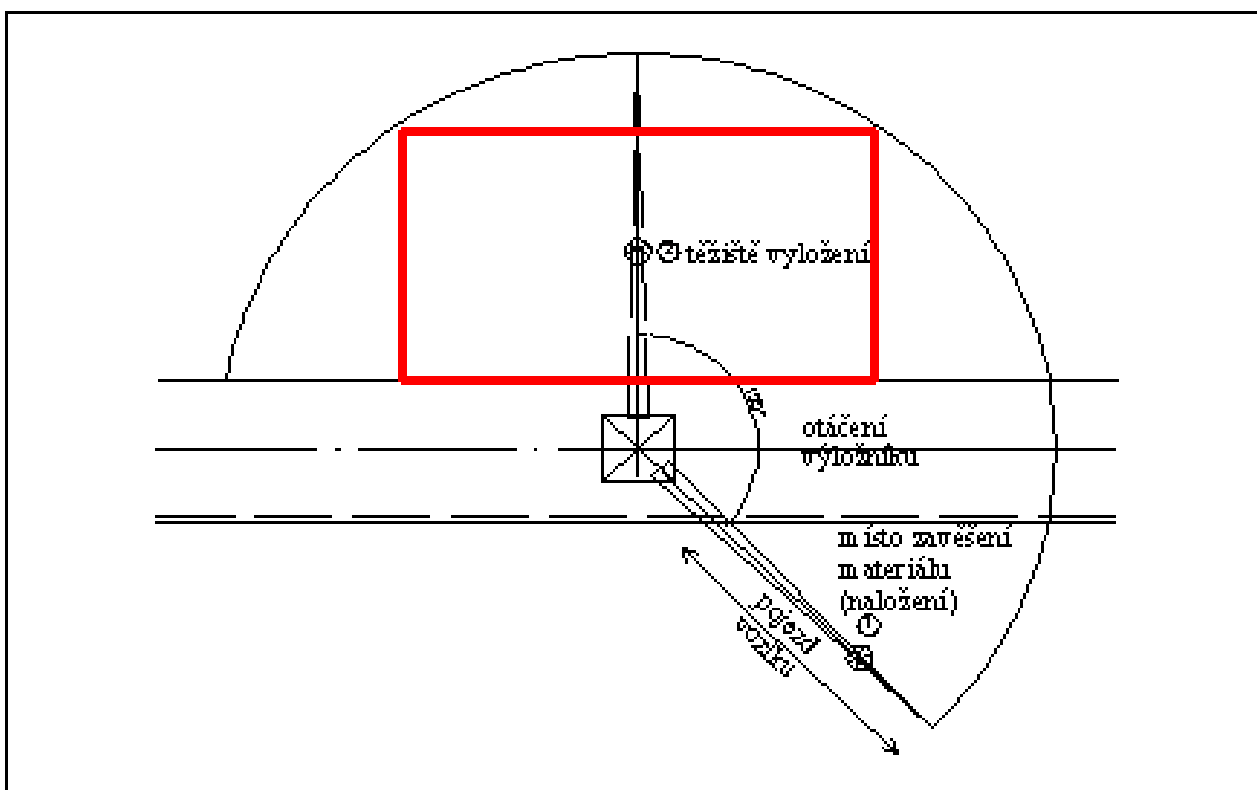
Skutečná doba pracovního cyklu jeřábu t_s se vyjádří podle vztahu:

$$t_s = t_n \cdot k_s$$

kde:

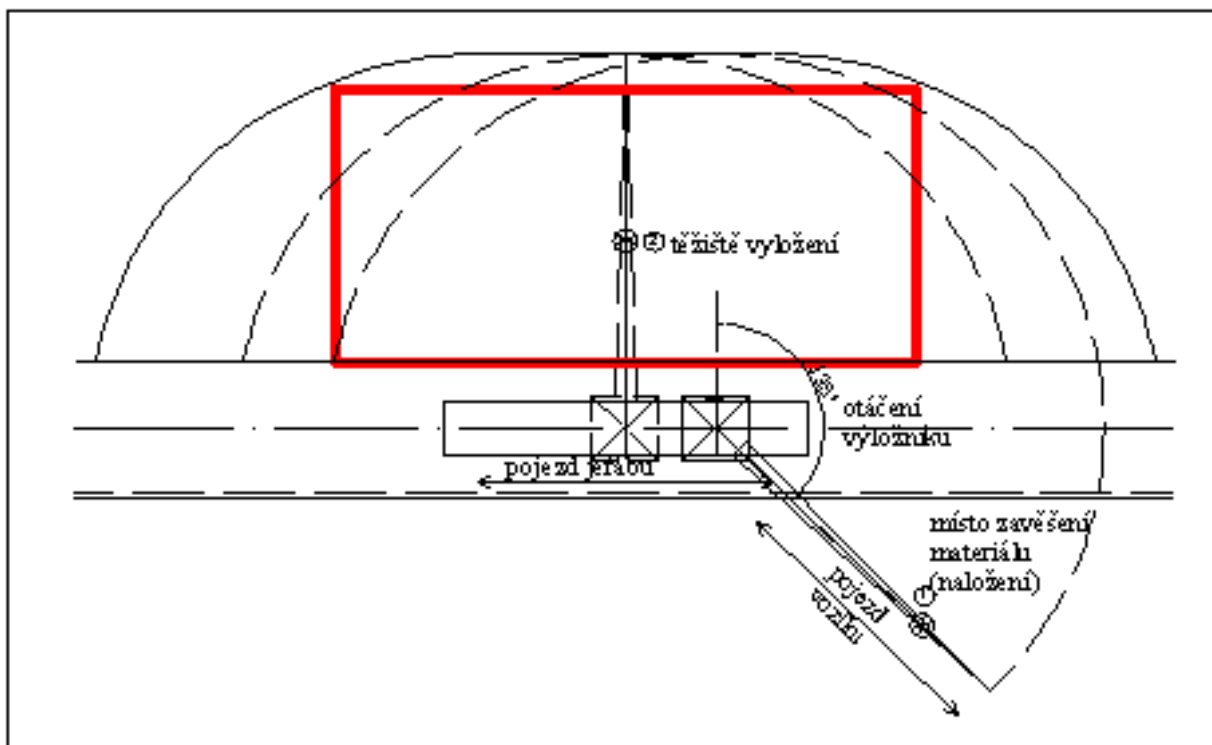
k_s koeficient pracovních vlivů

dílčí fáze cyklu	vzdálenosti	souběh pohybů
Zdvih háku	[m]	
Pojezd kladnice	1/3 užité délky výložníku[m]	1
Otočení výložníku	135°	1
Spouštění usaz. rychlostí	3,0 [m]	
Zdvih háku po vyložení	3,0 [m]	
Spouštění háku	[m]	



7. Zohlednění časového vytížení

dílčí fáze cyklu	vzdálenosti	souběh pohybů
Zdvih háku jeřábu	[m]	1
Pojezd kladnice	1/3 užité délky výložníku[m]	2
Otočení výložníku	135°	2
Pojezd jeřábu	1/3 užité délky jeř.dráhy [m]	1 3
Spouštění usaz. rychlostí	3 [m]	
Zdvih háku po vyložení	3 [m]	
Spouštění háku	[m]	3



V současnosti používané metody návrhu věžových jeřábů pro zohlednění jejich časového vytížení

- **Metoda využívající ukazatel počtu obsluhovaných pracovníků**
- **Metoda využívající ukazatel obestavěného prostoru realizovaného objektu za jednotku času**
- **Metoda využívající ukazatel hmotnosti přemísťovaného materiálu za jednotku času**

V současnosti používané metody návrhu věžových jeřábů pro zohlednění jejich časového vytížení - pokračování

- **Metoda využívající ukazatel objemu (hmotnosti) rozhodujících materiálů za jednotku času**
- **Metoda návrhu jeřábu podle normativů doby trvání procesů obsluhovaných jeřábem**
- **Metoda odhadu potřebné doby nasazení jeřábu**

Finanční náklady související s provozem věžových jeřábů

- projekt (návrh) vhodného jeřábu v rámci výrobní přípravy
- doprava jeřábu na stavbu
- náklady na zařízení staveniště, související s provozem zvedacího mechanismu (dočasná jeřábová dráha, základ pro osazení stabilního jeřábu a podobně)
- montáž a demontáž jeřábu
- provoz jeřábu (spotřeba el. energie, běžná údržba, amortizace stroje)
- náklady za pronájem
- náklady na pracovníky obsluhující zvedací techniku

Příklady finančních nákladů za pronájem vybraných věžových jeřábů (cenové údaje z roku 2007)

Jeřáb	výložník [m]	zdvih [m]	nosnost [t]	pronájem [Kč/měsíc]
Edil GMR 850	20,0	20,0	1,5/0,85	35 000
MB 1030.1	32,0	28,7	8/3,2	40 000
Liebherr 63K	43,0	30,3	6,1/1,15	60 000
Liebherr 50 EC	40,0	39,8	5/1,15	75 000
Potain 386	50,0	30,0	4/1,3	100 000
MB 1043	50,0	60,0	10/2,0	120 000
MB 2043	55,0	60,0	12/1,8	140 000
MB 27431	60,0	54,0	14/3	170 000

Finanční náklady související s provozem věžového jeřábu, zahrnující položky, které závisí na délce využití stroje

Činnost	finanční náklady [Kč]
Obsluha věžového jeřábu	190 - 230 Kč/hod*
Spotřeba el.energie	3 000 Kč/měsíc + 870Kč/MWh

*závisí na typu stroje, denní době a oblasti, ve které je jeřáb nasazen

Finanční náklady související s provozem věžového jeřábu, zahrnující položky, které nezávisí na délce využití stroje (cenové údaje z roku 2007)

Činnost	finanční náklady [Kč]*
Zhotovení projektu	cca 5 500 Kč
Doprava (do 40 km – tam i zpět)	40 000 – 60 000 Kč
Zřízení a odstranění nájezdu pro jeřáb	cca 40 000 Kč
Montáž a demontáž jeřábu	45 000 – 55 000 Kč
Montáž jeřábové dráhy	3 500 – 6 000 Kč/m
Revize jeřábu	3 500 – 5 000 Kč

***závisí na typu jeřábu a podmínkách staveniště**

Finanční náklady související s provozem věžových jeřábů:

Příklady finančních nákladů pro vybrané věžové jeřáby podle typu a doby nasazení (cenové údaje z roku 2007)

Typ jeřábu	Délka nasazení [měsíc]	Pronájem [tis.Kč]	Obsluha [tis.Kč]	Spotřeba el.energie [tis.Kč]	Ostatní náklady [tis.Kč]	Náklady celkem [tis.Kč]
MB 1030.1	1	40	33	5	170	248
30/30/8	3	120	100	15	170	405
	6	240	201	30	170	641
Liebherr 63K	1	60	35	4	189	288
40/30/6	3	180	105	12	189	486
	6	360	210	24	189	783
MB 2043	1	140	37	7	215	399
55/60/12	3	280	111	21	215	627
	6	420	222	42	215	899
Potain 386	1	100	35	2	199	336
50/30/4	3	300	105	4	199	608
	6	600	210	8	199	1017
MB 27431	1	170	40	7	225	442
60/55/14	3	510	120	21	225	876
	6	1 020	240	42	225	1527