

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
FAKULTA STAVEBNÍ  
Katedra technologie staveb**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
Technologie výstavby nosné  
konstrukce výškových budov a  
mrakodrapů**

**Lukáš Brotánek**

**2016**

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Pavel Svoboda, CSc

**Čestné prohlášení**

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

V Praze dne .....

.....  
Lukáš Brotánek

### **Poděkování**

Jako prvním bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Pavlu Svobodovi, CSc. Poděkoval bych mu za poskytnuté informace, konzultace a čas, který mi věnoval. Dále bych rád poděkoval své rodině za podporu a trpělivost při tvorbě bakalářské práce.



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Brotánek

Jméno: Lukáš

Osobní číslo: 410673

Zadávací katedra: K122 - Katedra technologie staveb

Studijní program: SI - Stavební inženýrství

Studijní obor: L - Příprava, realizace a provoz staveb

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Technologie výstavby nosné konstrukce výškových budov a mrakodrapů

Název bakalářské práce anglicky: Construction technology of supporting construction of high-rise buildings and skyscrapers

Pokyny pro vypracování:

- rešerše historie realizací výškových budov v českých zemích a ve světě
- typy založení a způsoby realizace - zameření na betonáž
- způsoby realizace nosné konstrukce - zaměření na betonáž
- BOZP při realizaci a údržbě těchto staveb
- zásady shrnující doporučení pro přípravu realizace tohoto typu staveb.

Seznam doporučené literatury:

HELA, Rudolf; BARTOS, Peter J.M.: Samozhutnitelný beton. Praha, ČBS Servis s.r.o., 2008, ISBN 978-80-87158-12-8

VORLÍK, Petr: Český mrakodrap, Praha, Nakladatelství Paseka, 2015, ISBN 978-80-7432-504-5

MASOPUST, Jan: Rizika prací speciálního zakládání staveb, Praha, Nová tiskárna Pelhřimov s.r.o., 2011, ISBN 978-80-87438-10-7

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Pavel Svoboda, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 3.3.2016

Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2016

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

3.3.2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

**Anotace**

Cílem této bakalářské práce je zmapovat technologie v realizaci nosné konstrukce výškových budov a mrakodrapů, popsání rizik BOZP při realizaci, provozu a údržbě těchto staveb.

**Klíčová slova**

Mrakodrapy, nosná konstrukce, rizika BOZP, technologie realizace, výškové budovy.

**Annotation**

The aim of this bachelor thesis is mapping technology of realization of support construction high-rise buildings and skyscrapers, describing OSH risks of realization and working, service these buildings.

**Keyword**

Skyscrapers, support construction, OSH risks, technology of realization, high-rise buildings.

**OBSAH**

Úvod.....	8
1 Historie.....	9
1.1 Historie výškových budov v ČR .....	9
1.2 Historie vývoje realizace výškových budov.....	20
1.3 Budoucnost .....	21
2 Nosná konstrukce výškových budov a mrakodrapů .....	23
2.1 Úvod.....	23
2.2 Betonáž .....	23
2.3 Vibrování.....	24
2.4 Samozhutnitelný beton.....	25
2.5 Bednění – ACS/RCS systém .....	25
3 Zakládání výškových budov a mrakodrapů.....	27
3.1 Úvod .....	27
3.2 Plošné založení.....	27
3.3 Hlubinné založení.....	28
3.4 Zlepšování základových zemin .....	30
3.4.1 Kompakční injektáž .....	30
3.4.2 Dynamická konsolidace.....	31
3.4.3 Vibroflotace.....	31
3.4.4 Štěrkové pilíře .....	32
4 Rizika BOZP při realizaci a provozu budovy .....	33
4.1 Úvod.....	33
4.2 Rizika BOZP při realizaci .....	33
4.2.1 Riziko pádu z výšky a do hloubky. ....	33
4.2.2 Dopravní nehoda, srážka s mechanizací .....	35
4.2.3 Poranění končetin a očí.....	36
4.2.4 Pád předmětu .....	36
4.2.5 Zajištění staveniště.....	38
4.3 Rizika BOZP při provozu budovy .....	39
4.3.1 Riziko požáru a evakuace .....	39
4.3.2 Údržba a čištění fasády .....	41
5 Shrnutí zásad pro realizaci výškových budov a mrakodrapů .....	43
Závěr .....	44
Použitá literatura: .....	45
Seznam obrázků .....	48

## Úvod

Nikde není definováno, od kolika metrů se stavební objekt považuje za výškovou budovu. Není to definováno ani počtem podlaží. Jak tedy poznat výškovou budovu nebo mrakodrap? Různá měřítko by byla u nás v České republice, jiná zase ve Spojených státech amerických či Spojených arabských emirátech. U nás nejvyšší stávající budova AZ Tower v Brně dosahuje 111m s 30 nadzemními podlažími [1]. Kdežto nejvyšší budova světa Burdž Chalífa v Dubaji dosahuje výšky 828m se 163 nadzemními podlažími. Mezi dalšími budovami v Dubaji jako je Princess Tower s výškou 414m, 23 Marina s výškou 393m, Elite Residence s výškou 380m by česká nejvyšší budova AZ Tower vypadala jako malá stavba [2]. Sice není stanovená žádná výšková hranice, která by jasně označovala budovy jako výškové nebo mrakodrapy, ale s rostoucími výškami dnešních nejvyšších budov se začaly užívat termíny supertalls a megatalls. Supertalls označuje budovu, která je vyšší než 300m. Titul megatalls přísluší budovám s větší výškou jak 600 metrů.

Cílem bakalářské práce by mělo být popsání realizace nosné konstrukce výškových budov a mrakodrapů. Soupis rizik BOZP při provádění těchto typů staveb a údržbě při provozu. Přiblížení problémů souvisejících s výstavbou.



## 1 Historie

### 1.1 Historie výškových budov v ČR

Za první významnou, výškovou budovu v naší republice se dá považovat palác Olympic v Praze, dostavěný v roce 1926. Z původně plánovaných 13 pater musel architekt Jaromír Krejcar o jedno ustoupit. Důvodů toho ustoupení bylo mnoho, zejména pak tyto: omezené finanční možnosti, vliv historické stávající zástavby. Přesto se povedlo tento objekt realizovat, jeho nosná konstrukce byla tvořena železobetonovým skeletem. Tato nosná konstrukce umožňovala různorodé využití všech podlaží.

Další zajímavou výškovou budovou v naší historii je Správní budova firmy Baťa, dokončena v roce 1939. Objekt se nachází v průmyslové zóně ve Zlíně, kde ji nechal vybudovat Tomáš Baťa. Přirozeně se stala středem



Obrázek 1 - Fotka: Současná podoba Správní budovy firmy Bata [autor: doc. Ing. Pavel Svoboda, CSc]

všeho dění. Administrativní budova č. 21 má 17 podlaží a výšku 77,5m tehdy druhá nejvyšší budova v Evropě). Nosnou konstrukci tvoří železobetonový skelet o rozponech 6,15x6,15, který byl typický pro všechny zlínské budovy firmy Baťa. Plášť byl tvořen cihlovými parapety a vnějšími keramickými obklady. Dvojitá okna byla neotevíratelná a kvalitní vnitřní podmínky zajišťovala plně funkční vzduchotechnika. Velká zajímavost této budovy je řešení ředitelské kanceláře. Kancelář je řešená jako velký výtah pohybující se rychlostí 0,75m/s mezi podlažími, který je přizpůsobený kancelářským potřebám. Samozřejmě to bylo technicky náročné, ale bylo tak vyhoveno požadavku maximální možné kontroly zaměstnanců.



Obrázek 2 - Baťova kancelář [[http://pepul.cz/galerka/albums/81/normal\\_imgp2412\\_stitch.jpg](http://pepul.cz/galerka/albums/81/normal_imgp2412_stitch.jpg)]

Významnou budovou v naší historii je Grand hotel International známý také jako Hotel Crowne Plaza Prague. Hotel se nachází v Praze v Dejvicích a byl realizován v letech 1952 až 1956. Jedná se o 14 podlažní budovu s celkovou výškou 88m, samotná budova má výšku 67m, zbytek tvoří věž budovy. Vnitřní nosná konstrukce je tvořena železobetonovým skeletem, obvodové stěny jsou tvořeny cihlovým zdivem, výplně otvorů byly řešeny

pomocí dřevěných masivních oken a omítka byla břízolitová s prvky sgrafita. Nosnou konstrukci věže tvoří ocelová příhradovina.



Obrázek 3 - Současná podoba Grand hotelu International v Praze [autor: Lukáš Brotánek]

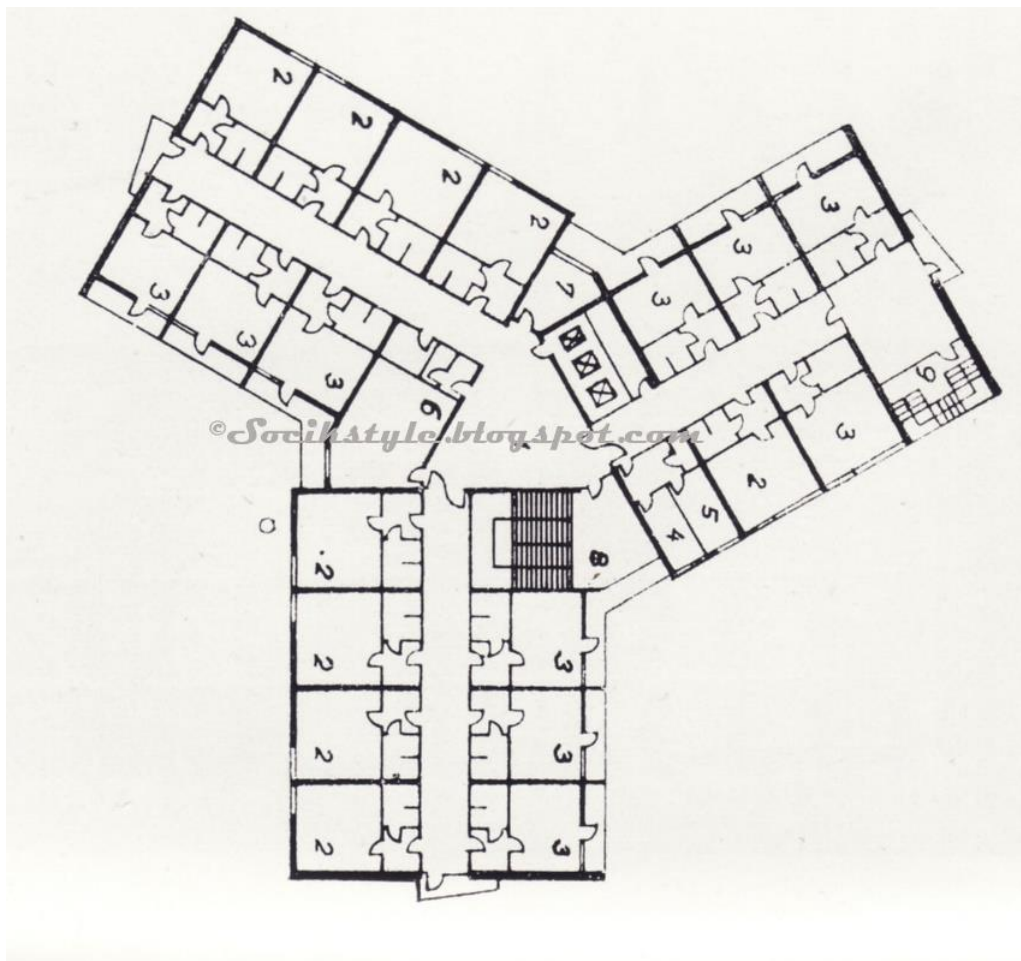
Hotel Continental v Brně je další výškovou budovou, která stojí za zmínku. Výstavba probíhala v letech 1958 až 1964. Jedná se o



Obrázek 4 - Hotel Continental v Brně  
[[http://farm9.static.flickr.com/8449/7961812592\\_72997aa700.jpg](http://farm9.static.flickr.com/8449/7961812592_72997aa700.jpg)]

vysokokapacitní ubytovací zařízení se 108 dvoulůžkovými a 120 jednolůžkovými pokoji se samostatnými koupelnami a WC.

V přízemí se nacházely služby a zázemí pro personál hotelu. Tato výšková budova je tvořena 15 nadzemními podlažími o celkové výšce 56 metrů. Nosná konstrukce hotelu je monolitický železobetonový skelet, půdorys budovy je do tvaru Y a tvoří dominantu mezi okolní zástavbou.

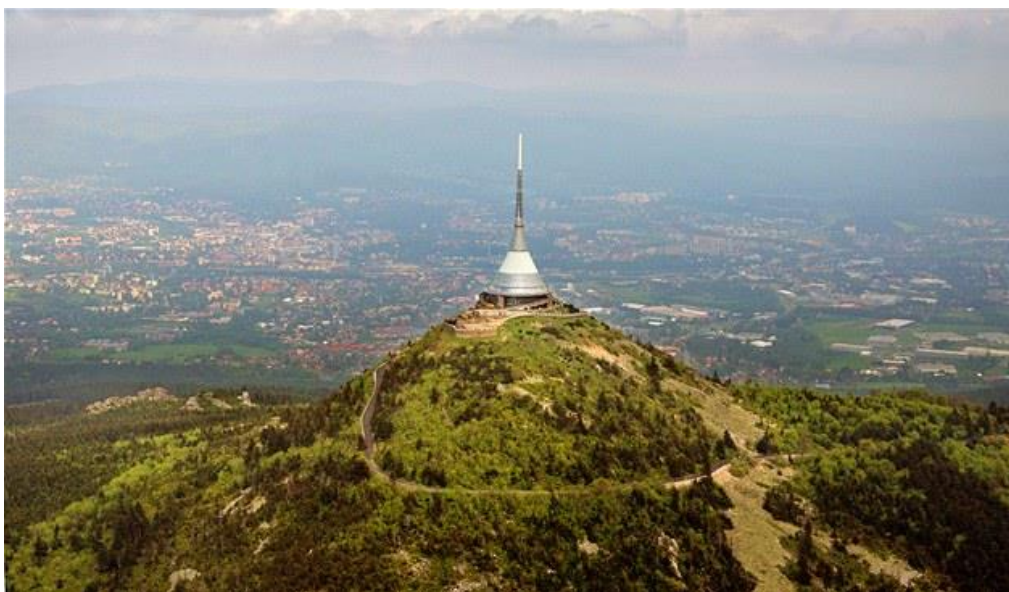


Obrázek 5 - Půdorys hotelu Continental [[http://2.bp.blogspot.com/-QZ4C3s3cVmc/T9scWEkWTII/AAAAAAAAAYI/AZZAavz\\_kfg/s1600/Hotel+Continental+Brno\\_0016.jpg](http://2.bp.blogspot.com/-QZ4C3s3cVmc/T9scWEkWTII/AAAAAAAAAYI/AZZAavz_kfg/s1600/Hotel+Continental+Brno_0016.jpg)]

Jednoznačně největší ikonickou výškovou stavbou v naší historii je horský hotel a televizní vysílač Ještěd v Liberci. Někteří z nás si ani neuvědomí, že objekt skrývá 12 nadzemních a 2 podzemní podlaží a to



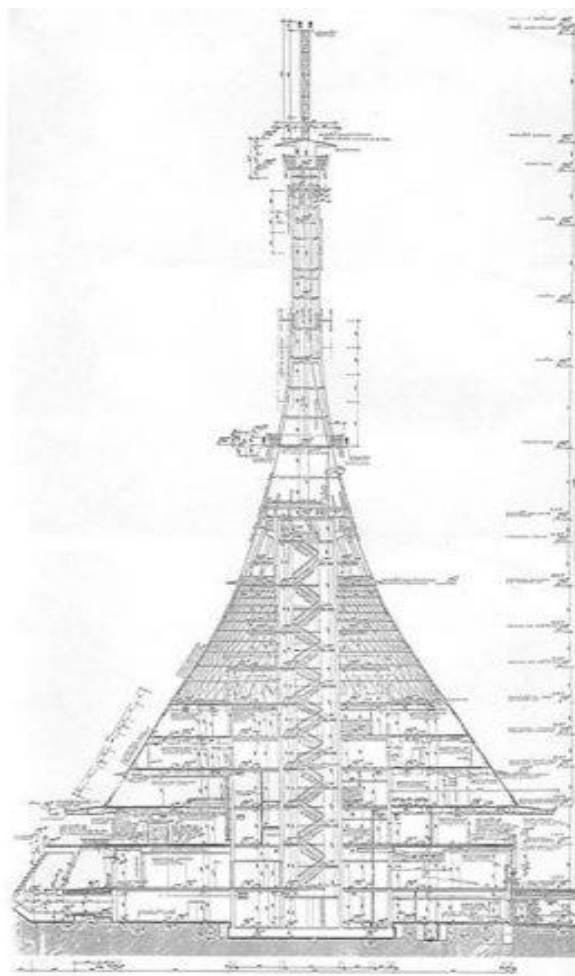
hlavně díky jeho, pro nás všechny, známému tvaru, který záměrně navazuje na tvar hory, na které stojí.



Obrázek 6 - Umístění Ještědu v terénu [[http://i.idnes.cz/12/051/cl6/JB42ebc0\\_klima\\_jested.jpg](http://i.idnes.cz/12/051/cl6/JB42ebc0_klima_jested.jpg)]

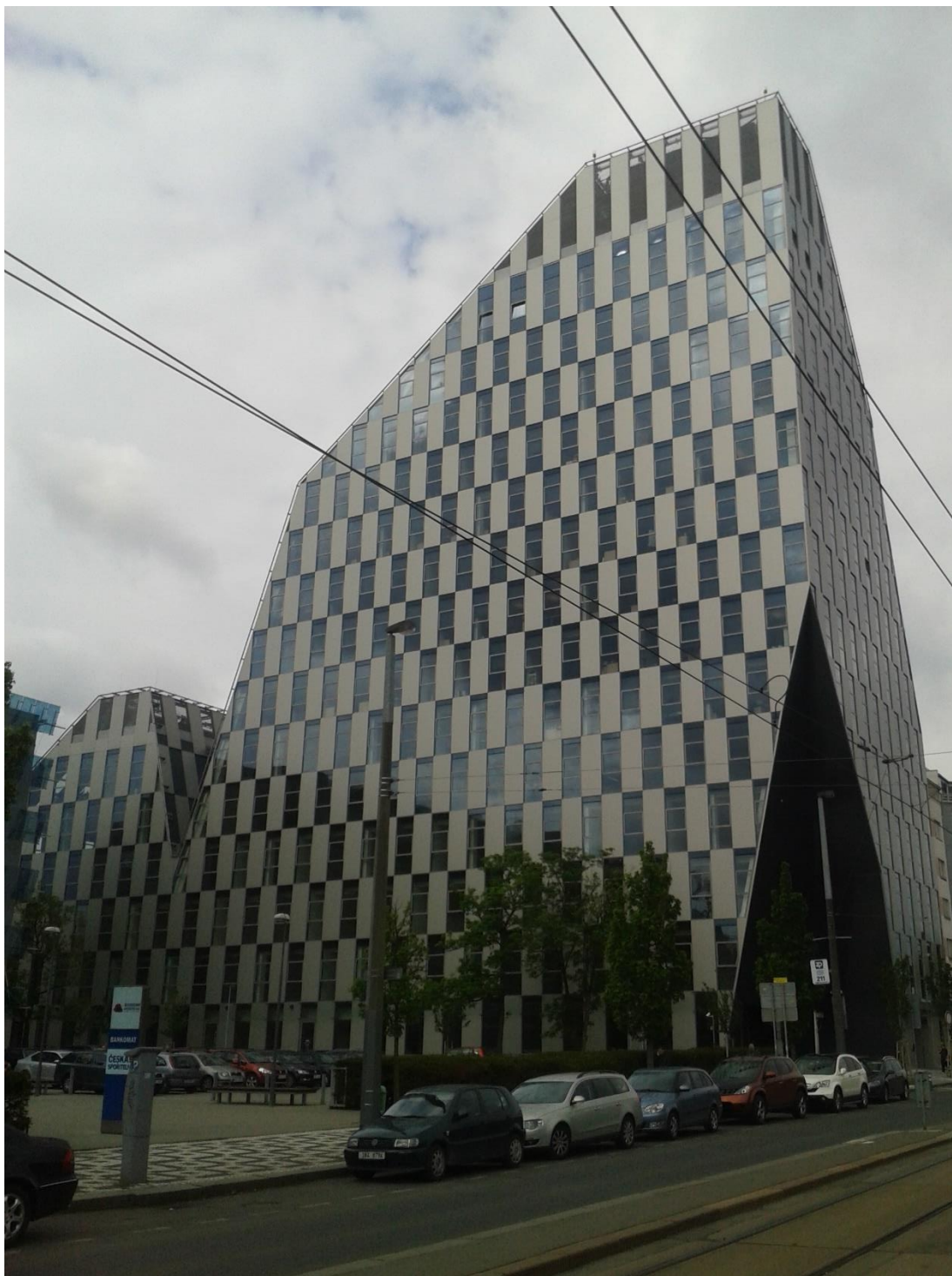
V těchto podlažích se nachází hotel a zařízení pro fungování telekomunikačních služeb. Vysílač Ještěd byl realizován mezi roky 1966 a 1973. Zcela zajímavá je na tehdejší poměry nosná konstrukce. První dvě nadzemní podlaží jsou z železobetonu a je zde umístěno technické zázemí. Zbytek podlaží, až cca do půlky celého objektu, je tvořen železobetonovým jádrem ve tvaru válce, z něhož vychází nosná ocelová konstrukce. Tato ocelová konstrukce nese ocelový plášť, zbytek pláště směrem až téměř ke špičce je tvořen z laminátu. Tento lehký materiál je zde použit také z důvodu propustnosti televizního signálu. I díky umístění v Jizerských horách muselo být vyřešeno zatížení větrem. Ve vrcholku věže je tedy umístěn tlumič příčných kmitů. Plášť je tvořen z různých materiálů. První technická podlaží jsou pokryta železobetonovými panely, prosklenými stěny a kamennými

obklady. Zbytek pláště je z ocelo-hliníkových panelů, na ně navazuje laminátový plášť a úplný vrchol je tvořen ocelovou skořepinou.



Obrázek 7 - Řez: Ještěd [[http://cdn.i0.cz/public-data/fa/bc/08a0ee4435e381f2236c79c11a52\\_w265\\_h540\\_gi:photo:233525.jpg?hash=1bfbe6d8126fd704df53c36060e75904](http://cdn.i0.cz/public-data/fa/bc/08a0ee4435e381f2236c79c11a52_w265_h540_gi:photo:233525.jpg?hash=1bfbe6d8126fd704df53c36060e75904)]

Další zajímavou stavbu nalezneme v Praze na Vinohradech. Jedná se o administrativní budovu s názvem Crystal. Jak už název napovídá, svým tvarem a vzhledem připomíná jeden malý a jeden velký krystal. Budova má 14 nadzemních a 4 podzemní podlaží, ve kterých je umístěno 121 parkovacích míst, dosahuje výšky 60 metrů. Realizace objektu začala v červnu 2013 a byla dokončena v květnu 2015. Hloubka základů sahá až 16 metrů pod terén. Nosná konstrukce nadzemních podlaží je zhotovena ze



Obrázek 8 - Fotka: Současná podoba budovy Crystal [autor: Lukáš Brotánek]

železobetonu. Budovu obsluhují 4 vysokorychlostní, osobní výtahy. Obvodový plášť je tvořen hliníkovými kompozitními panely v kombinaci se sklem. Zasklení tvoří téměř polovinu plochy fasády z celkových 6000 metrů čtverečních [3,4].



Stavbou, která by zde určitě neměla chybět je Mezinárodní a meziměstská telefonní a telegrafní ústředna, dnešní centrála firmy O2.



Obrázek 9 - Mezinárodní a meziměstská telefonní a telegrafní ústředna [[http://blog.o2.cz/wp-content/uploads/2014/04/UTB-Olsanska\\_6.jpg](http://blog.o2.cz/wp-content/uploads/2014/04/UTB-Olsanska_6.jpg)]

Budova se nachází v Praze na Žižkově. Objekt je rozdělen na 4 menší části. První z nich je lichoběžníková administrativní budova. Je zde umístěna strojovna, závodní kuchyň, hlavní vchod a kanceláře. Další část obsahuje velké místnosti se spojovací technikou. Tyto dvě části spojuje po celé výšce mohutný krček, v krčku suterénu jsou umístěny garáže a strojovny, v patrech jsou kanceláře pro zaměstnance. Největší dominantou celého objektu je však 80 metrů vysoká věž, pro rádio zařízení a antény. Věž má atypický tvar, který se u vrcholu rozšiřuje a vytváří plochu právě pro technická zařízení. V celém objektu nalezneme 24 výtahů s nosností od 100kg až do 3,2t. Plášť je zhotoven z lehkých hliníkových panelů v kombinaci se sklem.

S další výškovou budovou zůstaneme v Praze, ale přesuneme se ze Žižkova na Pankrác, kde se nachází budova s názvem Motokov, podnik zahraničního obchodu (dnešní City Empiria). Budova byla postavena mezi lety 1974 a 1977 a s 27 nadzemními podlažními a výškou 104 metrů byla dlouhou dobu nejvyšší budovou České Republiky, dokud ji nepřekonala sousední budova City Tower. Budova je zajímavá svým půdorysem -



nepravidelným šestiúhelníkem. Nosná konstrukce je tvořena železobetonovým jádrem, ve kterém jsou umístěna schodiště, evakuační



Obrázek 10 - Fotka: Současná podoba City Empiria [autor: Lukáš Brotánek]

schodiště a výtahy. Na toto jádro navazuje ocelový skelet. Obvodový plášť je tvořen zavěšenou modulovou hliníkovou fasádou. V přízemí se nachází technické zázemí budovy. V nadzemních patrech se nachází jednací místnosti, konferenční sály a kanceláře. Mezi roky 2000 a 2005 proběhla na budově rozsáhlá rekonstrukce, která dodala budově nový moderní vzhled.

Další výškovou budovou, kterou najdeme v Praze na Pankráci je City Tower. Objekt začal být realizován už v roce 1983, ale nakonec byl dostavěn

až v roce 2008 a stal se nejvyšší budovou v České republice do té doby, než ho překonala budova AZ Tower v Brně. V průběhu realizace byly stavební práce několikrát přerušeny, nakonec nedostavěnou budovu v roce 2000



Obrázek 11 - Fotka: Současná podoba City Tower v Praze [autor: Lukáš Brotánek]

koupila firma ECM Investment a dovedla realizaci do konce a současné podoby. Budova byla rozebrána na původní ocelobetonový skelet. Plášť tvoří skleněné tabule, které dodávají stavbě moderní vzhled. Objekt má 27 nadzemních a 3 podzemní podlaží, ve kterých nalezneme 800 parkovacích míst. V nadzemních podlažích jsou prostory k pronájmu kanceláří. V úplně posledním podlaží se nachází reprezentativní konferenční sál a luxusní

restaurace. Dosahuje výšky 109 metrů u atiky a 116,5 metrů u střešní nástavby (pro technická zařízení).

Současná nejvyšší budova v České republice je AZ Tower v Brně. Byla postavena mezi roky 2007 a 2013. Budova dosahuje výšky 111 metrů u atiky a o 2 metry překonala výškovou budovu City Tower v Praze. Budova



Obrázek 12 - AZ Tower v Brně [<http://www.dsleasing.cz/img/Aztower.jpg>]

má 30 nadzemních podlaží a 2 podzemní podlaží. V podzemních podlažích se nachází parkovací místa a technické zařízení budovy. V prvních třech podlažích jsou umístěny komerční prostory, nad nimi se nachází kancelářské plochy a v posledních šesti patrech nalezneme luxusní a komfortní apartmány. Půdorys je do tvaru písmene A, zatímco budova s rostoucí výškou připomíná písmeno Z, proto i název AZ Tower. Nosná konstrukce věže je železobetonová a při realizaci zde byl použit šplhací systém bednění.

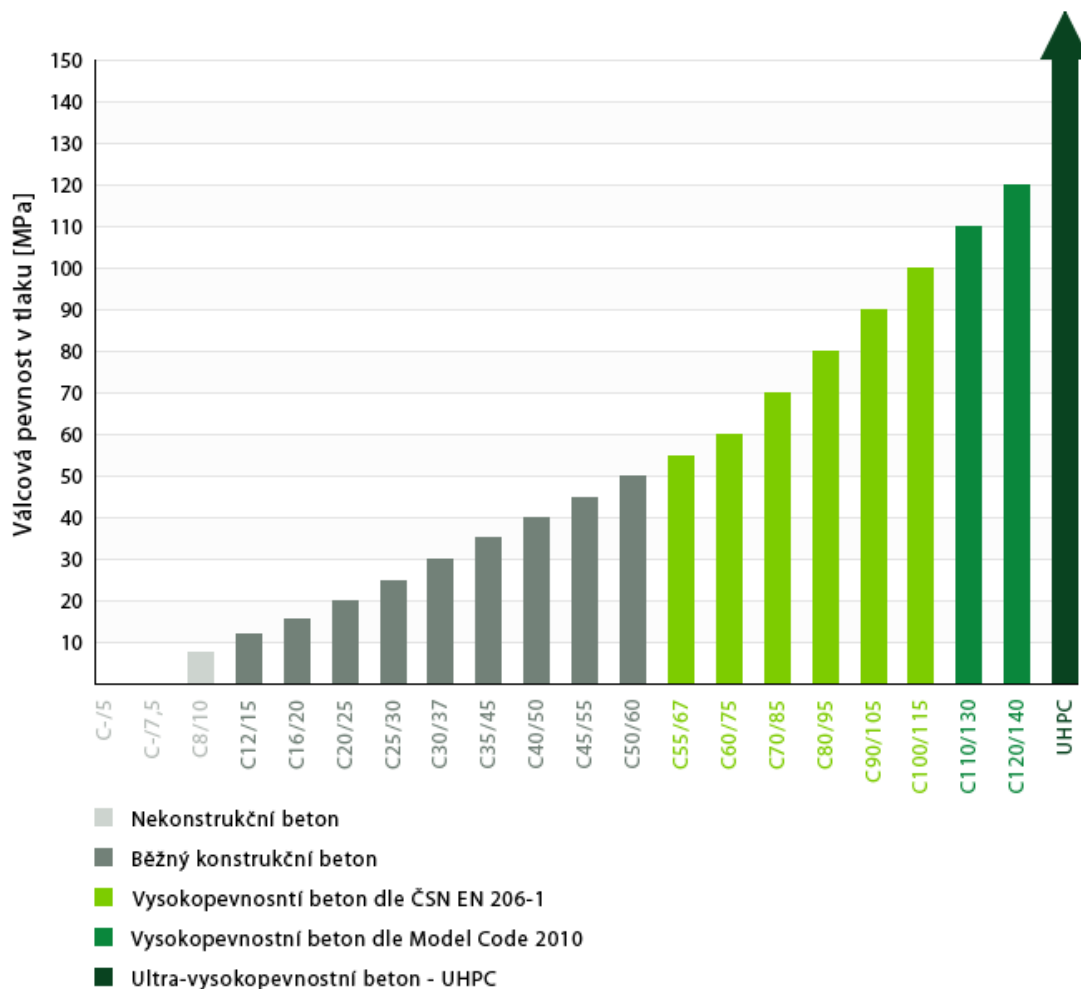
Opláštění budovy je tvořeno provětrávanými keramickými obklady terakotové barvy, jenž pozvolna s rostoucí výškou přechází do bílé barvy. Zajímavostí je energetické a ekologicky šetrné řešení stavby. Budova využívá systému hlubokých, energetických pilot v kombinaci s tepelnými čerpadly pro chlazení a vytápění budovy. Na jižní části budovy se nacházejí fotovoltaické panely. Budova je větrána jak přirozeným, tak i nuceným větráním [5].

## 1.2 Historie vývoje realizace výškových budov

Když se podíváme do úplně nejstarší historie, a to do starověku, tak prvními realizacemi byly až čtyřpatrové budovy, postavené z hliněných cihel, a stropy byly provedeny ze dřeva. S příchodem pálených hliněných cihel (období římské nadvlády) a jejich kombinací se dřevem začaly budovy dosahovat až deseti pater. Největší rozvoj budov do výšek však přišel až s příchodem oceli. Za první významný mrakodrap se považuje budova pojišťovny Home Insurance v Chicagu. Její nosná konstrukce je tvořena železnou konstrukcí a obvodový plášť je tvořen z cihel. Po roce 1900 vyrostlo ve světě mnoho mrakodrapů a to díky ocelové nosné konstrukci. Hodně budov tohoto typu se nachází v New Yorku jako například Singer Building se 187 metry, Woolworth building s výškou 241 metrů, Chrysler's Building se 77 nadzemními podlažími a celkovou výškou 319 metrů a nakonec asi nejznámější mrakodrap v New Yorku Empire State Building, který má 102 nadzemních podlažích a výšku 381 metrů, výška antény však dosahuje výšky až 443,2 metrů. Další budovy, které určitě stojí za zmínku, jsou dnes už nestojící World Trade Center a Sears Tower v Chicagu, která má výšku u atiky 443 metrů. V současné době se nejvíce využívají ocelobetonové konstrukce a megakonstrukce a kombinace vysokopevnostního až ultra-vysokopevnostního betonu a vysokopevnostní oceli. Základním principem megakonstrukce je rozdělení na primární a sekundární část. Primární část je tvořena superrámy s výškou přes několik podlaží. Sekundární část je tvořena z menších prvků s možností výměny. S rostoucí výškou budovy roste pouze dimenze primární části, nikoliv sekundární. Typickým příkladem použití megakonstrukce je Taipei 101 s výškou 449 metrů, naopak typickým



představitelem kombinace vysokopevnostního až ultra-vysokopevnostního betonu a oceli je nejvyšší budova světa Burdž Khalífa s doposud rekordními 828 metry [6]. Ultra-vysokopevnostní beton dosahuje válcové pevnosti přes 150 Mpa. Krychelná pevnost přesahuje hranici pevnosti až přes 180 Mpa.



Obrázek 13 - Obrázek grafu pevností betonu [[http://www.tbq-metrostav.cz/fileadmin/user\\_upload/produkty/uhpcgraph-uhpc.png](http://www.tbq-metrostav.cz/fileadmin/user_upload/produkty/uhpcgraph-uhpc.png)]

Jeho životnost se odhaduje na více než 200 let. Ultra-vysokopevnostní beton je v současnosti jeden z nejlepších stavebních materiálů [7].

### 1.3 Budoucnost

Porostou naše budovy dál do výšek? Překoná se hranice 1000m? Určitě nám čas přinese nové technologie, které umožní růst budov, jako to bylo s příchodem vysokopevnostního betonu a oceli. Ale hranici 1000m by lidstvo mělo překonat už v blízké budoucnosti a to v roce 2019. Tisíce

metrovou hranici by měl pokořit rozestavěný mrakodrap s názvem Jeddah Tower (dříve pojmenovaný: Kingdom Tower, Mile-High Tower) v Saudské Arábii ve městě Džidda.



Obrázek 14 - Rozestavěná Jeddah Tower

[[http://www.theconstructionindex.co.uk/assets/news\\_articles/2016/01/1452762269\\_14jan16-jeddahtower.jpg](http://www.theconstructionindex.co.uk/assets/news_articles/2016/01/1452762269_14jan16-jeddahtower.jpg)]

Původně byla plánována jeho výška na jednu míli, tedy 1,6km, ale po odběrech zemin a jejich zkoušení musela být budova zmenšena o 500m. Překonání hranice 1000m, by mělo být zachováno a měl by být pokořen tento milník [8]. A jak to vypadá s Českou republikou? U nás je v současnosti realizována budova s názvem V Tower Prague. Která má plánovanou výšku 104 metrů, sice se nestane nejvyšší budovou v České republice, ale bude reprezentovat město Praha jako moderní, luxusní mrakodrap [9].



Obrázek 15 - Fotka: Objekt V Tower ve fázi realizace [autor: Lukáš Brotánek]

## 2 Nosná konstrukce výškových budov a mrakodrapů

### 2.1 Úvod

Nosná konstrukce výškových budov a mrakodrapů je nejčastěji tvořena ze železobetonu. S tím je samozřejmě spojena celá řada problémů. Jak dostat velké množství výztuže a betonu až do nejvyšších pater? Jak provádět kvalitní zhutňování betonu, aby byla jeho kvalita co nejlepší? Jak si poradit s ochlazováním betonu nebo betonáží při vysokých teplotách jako tomu bylo například v Dubaji? Tyto všechny problémy mají svá řešení. Při realizaci železobetonové konstrukce musí být zohledněny všechny okolní podmínky stavby jako například finanční nákladnost, doba výstavby, kvalitní betonová směs, výběr bednění, požadavky na náběh pevností.

### 2.2 Betonáž

Při samotné betonáži je největší problém s transportem betonové směsi do nejvyšších pater budovy. Řeší se pomocí externích, stabilních čerpadel, ke kterým jsou přistavovány mixy s betonovou směsí. Pokud je budova až příliš vysoká, dá se využít více krokového přečerpávání betonu. To znamená, že se beton vypumpuje do maximální výšky, které je pumpa schopná dosáhnout, a tam se následně přečerpá další stabilní pumpou. Maximální tlak čerpadel se běžně pohybuje mezi 6 a 8,5 MPa, v extrémních případech až 13,5 MPa. Výkony čerpadel se pohybují kolem hodnot až 40-50 kubíků betonu za hodinu. Čerpaný čerstvý beton musí mít pro čerpání vhodnou konzistenci a soudržnost. Maximální zrno kameniva se odvíjí také od průměru použitého potrubí. Jemné frakce zrn do 0,25mm se usazují na stěnách potrubí, kde tvoří vrstvu, která snižuje vnitřní tření betonu, a tím zlepšují soudržnost betonu. Obecně lepší čerpatelnost lze zlepšit zvýšením podílu částic menších než 0,25mm, vyšším podílem drobného kameniva 0/4mm, příměsemi s větším měrným povrchem, náhradou drceného kameniva kamenivem těžným a přidáním vhodné plastifikační přísady.

Transport betonu už začíná mimo staveniště. Na staveniště je nutné dovézt kvalitní betonovou směs přímo z betonárky. Pro mimostaveništní

dopravu se hojně využívají autodomíchávače, které zajistí kvalitní a dále dobře zpracovatelnou betonovou směs. Kapacita bubnů autodomíchavačů se pohybuje od 7 až do 12 metrů krychlových. Doba přepravy transportbetonu by neměla překročit 90 minut [10].

Nedílnou součástí betonáže je i ošetřování betonové směsi si po dokončení samotné betonáže. Ošetřování významně záleží na tom, za jakých teplot má být prováděno. Pokud je teplota vyšší než 25°C nebo na ní intenzivně svítí slunce, musíme povrch konstrukce kropit pravidelně vodou. Případně se dá použít speciální ochranný nátěr, který zadrží vodu v konstrukci a zabrání jejímu odpařování. Pokud se teplota pohybuje mezi 0°C až +5°C začne se zpomalovat hydratační proces a při teplotách pod 0°C se zastaví úplně. Při těchto teplotách má záměsová voda největší objem a tak může dojít k porušení struktury betonu, proto se musí používat speciální betonové směsi s větší produkcí hydratačního tepla. Při teplotách mezi -3°C a 0°C musíme záměsovou vodou ohřívat na 60°C. Pokud je teplota v rozmezí mezi -3°C a -15°C ohříváme jak vodu, tak i kamenivo, konstrukci musíme dále prohřívat. Případně se dají použít mrazuvzdorné přísady do betonové směsi. Obecně se doporučuje při nízkých teplotách betonáž vůbec neprovádět. Zajímavostí je, že naopak při betonáži mrakodrapů v Dubaji museli kvůli vysoké teplotě (přes +35°C) ochlazovat kamenivo [11].

### 2.3 Vibrování

Kvalitní beton musí být také kvalitně zhutněn. Pro vibrování můžeme použít mnoho různých metod. Nejčastěji se u nás používají ponorné vibrátory. Ponorný vibrátor je zaveden přímo do čerstvého betonu, kde vibruje buď to nízkofrekvenčně, nebo vysokofrekvenčně. Nízkofrekvenční vibrátory mají větší amplitudu a tím odrážejí zrna kameniva od těla vibrátoru. Vysokofrekvenční vibrátory mají menší amplitudu a rozpohybují cementový tmel, který vyplňuje mezery mezi zrny kameniva. Ponorným vibrátorům jsou podobné plovoucí vibrátory. Protože jsou vibrátory mohutné, používají se pro masivní konstrukce. Ve vibrátoru je umístěn elektromotor,



který způsobuje vibrace uvnitř jeho těla. U těchto typů vibrátoru by nemělo docházet k doteku vibrátoru s výztuží.

Další možností je použití příložných vibrátorů. Touto metodou dochází k vibrování nepřímo. Příložný vibrátor se umísťuje přímo na bednění. Vibrátor rozvibruje bednění, bednění následně rozvibruje betonovou směs a tak dojde ke kvalitnímu vibrování. Tato metoda se využívá u tenkých konstrukcí, kde je použití ponorných vibrátorů obtížné [12].

## 2.4 Samozhutnitelný beton

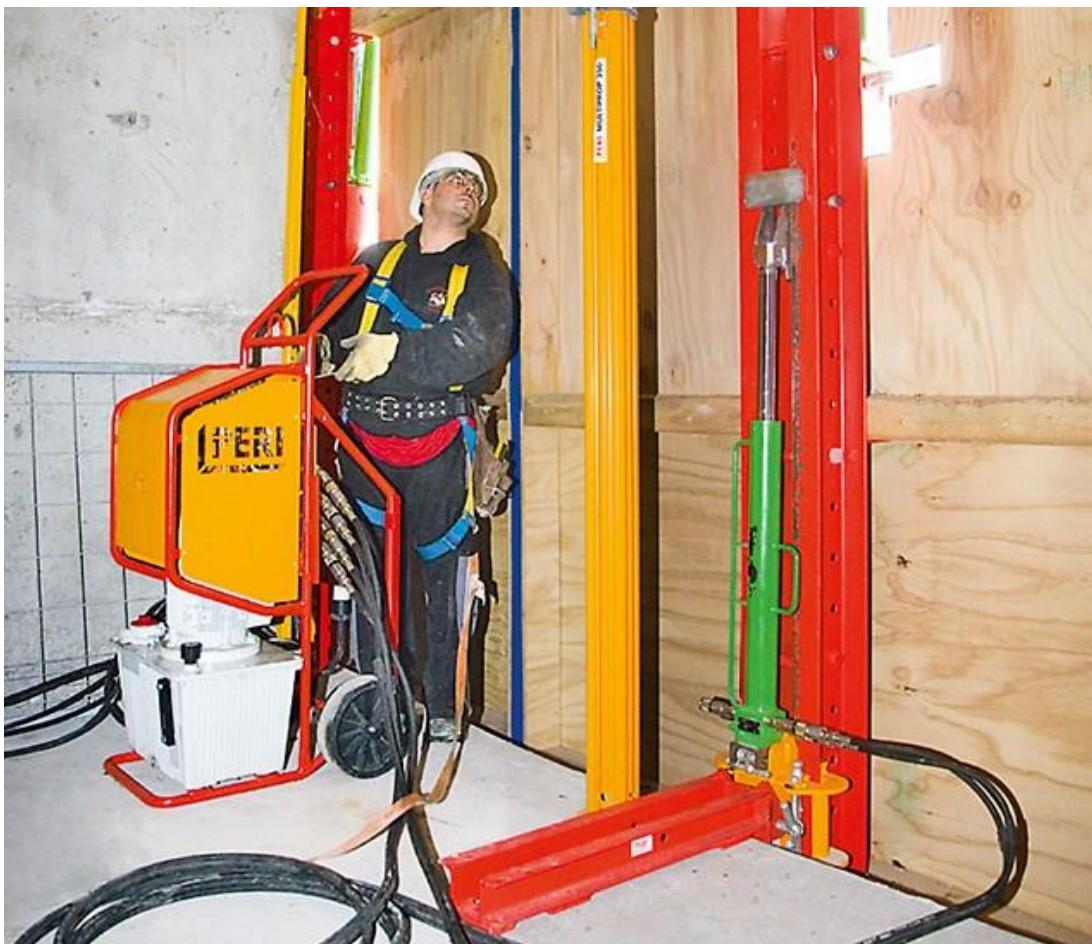
Při betonáži, kde je velmi hustá výztuž a nelze tak použít vibrátory, je možné využít samozhutnitelného SCC betonu (SCC = Self Compacting Concrete). Principem hutnění tohoto betonu je jeho vlastní váha. Samozhutnitelný beton je čerpán do bednění ze spodu bednění a tak může být beton samozhutněn. Výhodou použití samozhutnitelného betonu je hned několik. Není nutné použít vibrace a tím se snižuje hlučnost při realizaci a i riziko, že bude beton nekvalitně zhutněn. Používání SCC betonu zvyšuje rychlost ukládání a tím urychluje i celou výstavbu. Směs samozhutnitelného betonu je často vyráběna za využití nízkého vodního součinitele, to umožňuje rychlý nárůst pevností a tím i rychlejší odstranění bednění a celkové zrychlení realizace objektu [13].

## 2.5 Bednění – ACS/RCS systém

ACS systém bednění (ACS = Automatic Climbing System) je samošplhavý systém bednění bez nutnosti použití jeřábu, bednění se zvedá samočinně. Tím že není potřeba jeřáb, zrychluje se rychlost výstavby a bednění je nezávislé, jeřáb je možno využít jinde. Omezení nenastává ani za nepříznivého počasí. Na bednění a jeho lávkách se tak dá pracovat prakticky neustále. Další výhodou toho systému je ta, že je navrhnutý na přenesení velkého zatížení, takže se zde dá skladovat velké množství výztuže. To je také možné díky velkým půdorysným rozměrům a tak se dá na tomto systému dobře pracovat a zvyšuje se tak produktivita práce. Bednění je

přístupné ze shora, takže se snadno může použít velké množství předem svázané výztuže. Systém bednění ACS je možné také kombinovat s dalšími systémy bednění.

RCS systém bednění (RCS = Rail Climbing System) je kolejnicový systém bednění. Systém funguje jednoduše. Kolejnice je umístěna do



Obrázek 16 - Pracovník obsluhující systém RCS [<http://www.peri-usa.com/imaging/xl/dam/57ee29bd-aa8c-4e29-b682-2fbcc0af041c/31963/rcs-rail-climbing-system.jpg>]

lezecké boty, která automaticky zajišťuje pohyb jednotlivých částí. Posouvání probíhá po 50 centimetrech. Lezecké boty se většinou umisťují na stropní desky. Tento systém je zvedán pomocí 4 hydraulických pístů, které obsluhuje mobilní hydraulické čerpadlo. Systém se skládá ze tří úrovní lávek. Nejvyšší úroveň je zakončená vysokou stěnou, která zajišťuje BOZP, hlavně pak pád z výšky. Přes stěnu není vidět do okolí, takže pracovník má větší pocit bezpečí, bez ohledu na to v jaké výšce pracuje [14].

### 3 Zakládání výškových budov a mrakodrapů

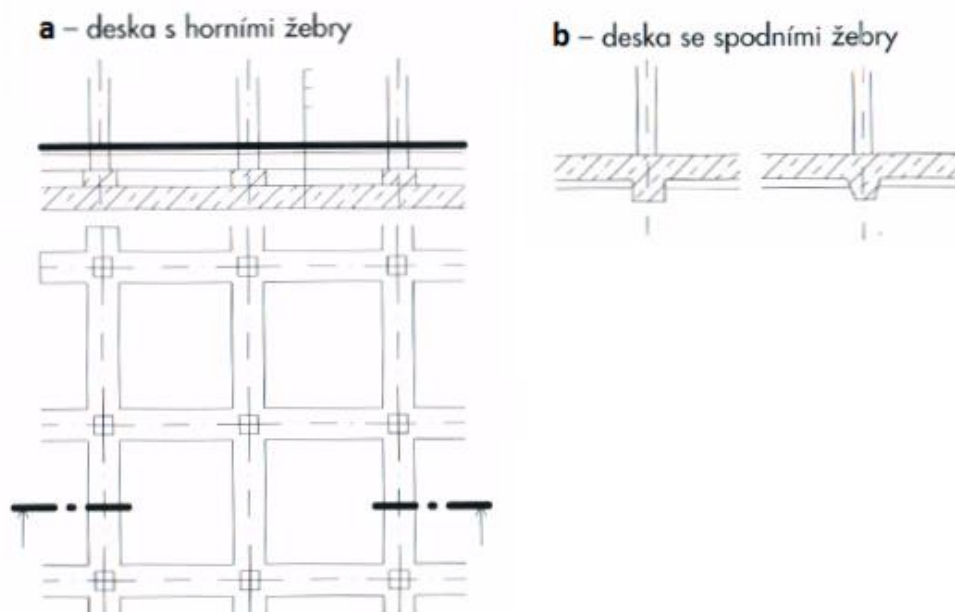
#### 3.1 Úvod

Založení mrakodrapů a výškových budov je velice důležité. Aby mohly budovy dosahovat stovek metrů, je nutné provést kvalitní založení. Tomu předchází podrobný geologický průzkum místa zastavění a také kvalitní návrh a volba řešení spodní stavby. Protože jsou základy mrakodrapů obrovské a komplikované je nutné je provádět v nejvyšší kvalitě, protože následky případného kolapsu by mohly být nejen nákladné, ale také si vyžádat lidské životy. Při návrhu základů musíme zohlednit všechny parametry stavby jako je konstrukční řešení stavby, technologie provozu v konkrétním objektu, okolní podmínky stavby, případně uvažovat zvláštní podmínky pro založení (poddolované území, sypaný zemní materiál, seismické oblasti). Typy základů rozlišujeme na dva základní typy a to na hlubinné a plošné. Při zakládání výškových budov a mrakodrapů se nejčastěji používá kombinace obojího, zejména pak základové desky a pilot. Například nejvyšší budova světa Burdž Chalífa má základovou desku s plochou 7000 metrů čtverečních. Základovou desku dále nese 850 pilot se šířkou dosahující až 1,5 metru a délku přes 50 metrů. Celková spotřeba betonu použitého na základové konstrukce byla 45 000 metrů krychlových [15].

#### 3.2 Plošné založení

Plošné založení je nejvíce používaným typem založení staveb. Jsou 4 základní typy plošného založení. Jsou to základové patky, pasy, rošty a desky. Právě základové desky jsou nejčastěji používány při založení výškových budov, a to buď samostatně, nebo v kombinaci s pilotami. Jejich principem je roznášení zatížení na celou plochu jejího půdorysu a půdorysu stavby. Jejich výhodou je použití na nehomogenních půdách a na málo únosných a významně stlačitelných základových zeminách, protože vyrovnává nerovnoměrná sedání, která se mohou po celé ploše desky vyskytnout. Desky se nejčastěji navrhují železobetonové a v obvyklých

tloušťkách 400 až 1200 mm konstantního průřezu, mohou však dosáhnout tloušťky až několika metrů. Pokud musí základová deska přenést velká

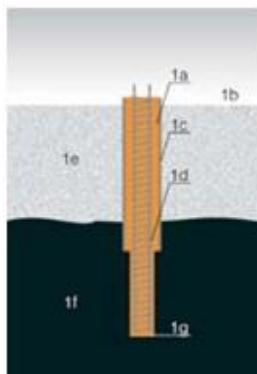


Obrázek 17 - Typy žebrových základových desek [16]

zatížení, vyztuží se žebry. Deska se poté navrhuje značně tenčí. Žebra se umísťují nad (a – deska s horními žebry) nebo pod (b – deska se spodními žebry) základovou desku [16].

### 3.3 Hlubinné založení

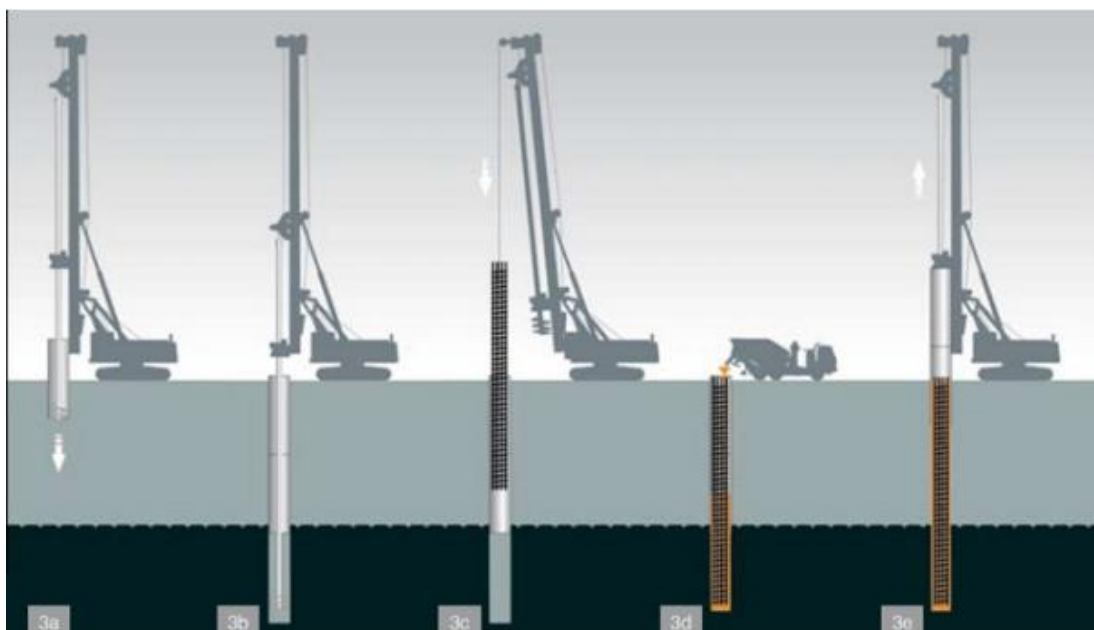
Typickým hlubinným a nejčastějším založením je pilota. Základním principem fungování pilot při zakládání výškových budov a mrakodrapů je přenesení celého zatížení od svrchní stavby do pevného, únosného podloží. Únosnost každé piloty také zvyšuje i efekt tření na plášti. Piloty dělíme na velkopřůměrové s průměrem větším než 0,6m, malopřůměrové s průměrem



Obrázek 18 - Schéma vrtané piloty [15]

menším než 0,6m a mikropiloty jejichž průměr nepřesahuje rozměr 0,2m. Dále se piloty rozdělují na ražené, vrtané a vibrotlakové piloty. 1a – hlava piloty, 1b – pracovní plošina, 1c – pažnice, 1d – armokoš, 1e – neúnosná zemina, 1f – únosná základová půda, 1g – hlava piloty.

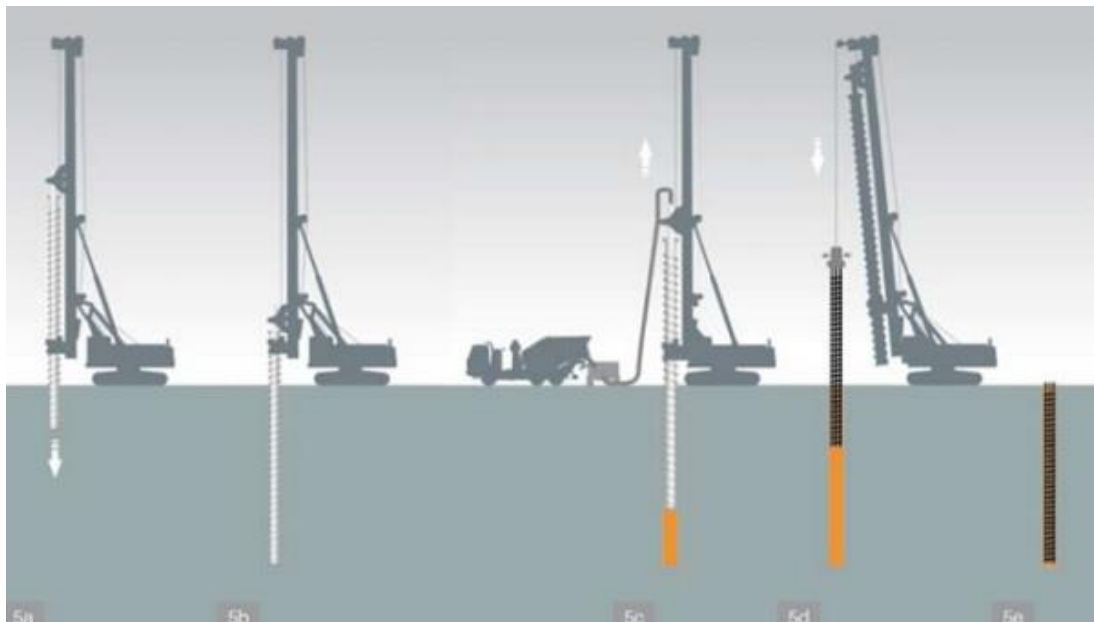
Běžné vrtané piloty se betonují přímo na místě do předem zhotovených vrtů. Vrt je buďto nezabezpečen, nebo se zabezpečuje výpažnicí, aby bylo zamezeno odpadávání materiálu do vrtu. Postup provádění vrtaných pilot je jednoduchý. Nejdříve dojde k zahájení vrtání a vložení pažnice do vrtu (fáze 3a). Poté dojde k dovtřetí nezapažené části vrtu pod pažnicí (fáze 3b). Do vyčištěného a zapaženého vrtu se vloží armokoš (fáze 3c) a následně dojde k betonáži celé piloty (fáze 3d). Nakonec dojde k odpažení vybetonovaného vrtu (fáze 3e).



Obrázek 19 - Technologický postup vrtaných pilot [15]

Vrtaná pilota typu CFA je technologie, která využívá speciální průběžný spirálový vrták CFA (CFA = Continuous Flight Auger). Její největší výhodou je umožnění betonáže piloty bez nutnosti dalšího pažení stěn vrtu. Tím že není nutné pilotu pažit a dodatečně betonovat je velmi zvýšená celková produktivita prací. Piloty jsou prováděny v průměrech od 400mm až do 1100mm a dosahují délky až dvaceti metrů. Postup při provádění vrtaných pilot typu CFA začíná zahájením vrtání (fáze – 5a), poté dojde k dovtřetí do požadované hloubky (fáze – 5b). Poté začne betonáž za průběžného

vytahování vrtáku (fáze – 5c). Až proběhne betonáž celé piloty, musí se do čerstvého betonu vložit armokoš (fáze – 5d). Po této fázi je kompletně hotová celá pilota (fáze – 5e).



Obrázek 20 - Technologický postup vrtaných pilot typ CFA [15]

Další variantou pilot jsou ražené piloty Franklin. Pažnice je přes štěrkopískovou vložku zarážena do základové půdy pomocí beranu. Jak pažnice postupuje hlouběji do země, roztlačuje okolní zeminu. Tímto postupem tak odpadá likvidace zeminy, která byla vytěžena. Při zarážení pažnice monitorujeme odpor zeminy. Po dosažení dostatečného odporu můžeme ukončit ražení pilot. Tyto piloty mají větší únosnost, než piloty vrtané. Při železobetonových pilotách se nejprve prorazí štěrkopísková vložka a dojde k rozšíření patky. Poté se osadí armokoš, provede se betonáž a beton se následně zhutní. Železobetonové piloty se provádí v průměrech 420, 520 a 610 mm a jsou dlouhé až 12 metrů [17].

### 3.4 Zlepšování základových zemin

#### 3.4.1 Kompakční injektáž

Metoda používá boční stlačení a zhutnění zeminy v hloubce, kde je zavedená injektážní jednotka. Injektáž je nejčastěji zhotovena z cementové suspenze a do základové zeminy se vhání pomocí trysek. Injektážní směs

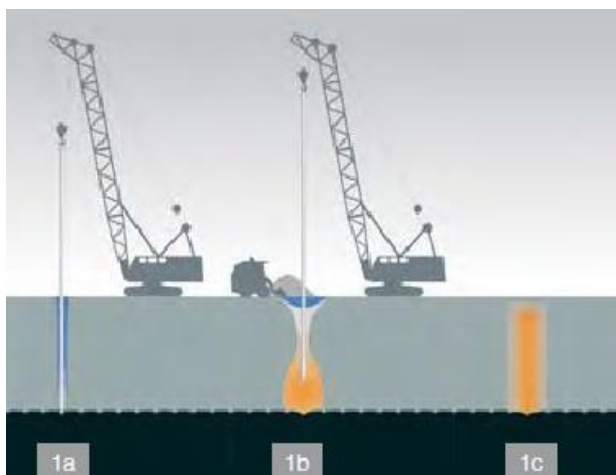
proniká mezi póry zeminy a zlepšuje její parametry, jako jsou pevnost v tlaku, modul deformace a snížení propustnosti zeminy. Injektážní směs musí mít největší maximální zrno 3x menší než je velikost póru injektovaného prostředí. Tlak, kterým je injektáž vháněna do zeminy, nesmí překročit více než 80% smykové pevnosti injektované zeminy, jinak by mohlo dojít k porušení struktury a charakteru horniny [18].

### 3.4.2 Dynamická konsolidace

Tato metoda je založena na sérii navržených úderů břemenem váhy 15 až 25 tun z výšky 20 až 30 metrů nad úroveň terénu. Výsledky jsou okamžitě dosaženy a redukuje sedání o 3 až 6 procent a snížení objemu zeminy. Hloubka zlepšení dosahuje až do hloubky 12 metrů.

### 3.4.3 Vibroflotace

Pomocí metody vibroflotace se zhutňují zejména písčité a kypré zeminy vibrační jehlou. Pro lepší pronikání jehly do zeminy se využívá vodní nebo vzduchový výplach, který vyúsťuje na špičce jehly. Jehla je poháněna buď elektricky, nebo hydraulicky. Při vibroflotaci dochází ke snížení pórovitosti zeminy a snížení propustnosti nesoudržných zemin až o jeden až dva řády. Vibroflotace začíná aplikací vibrační jehly do zeminy (fáze – 1a). Poté se začne zemina hloubkově hutnit (fáze – 1b), výsledkem práce je zhutněný sloupec zeminy (fáze – 1c).

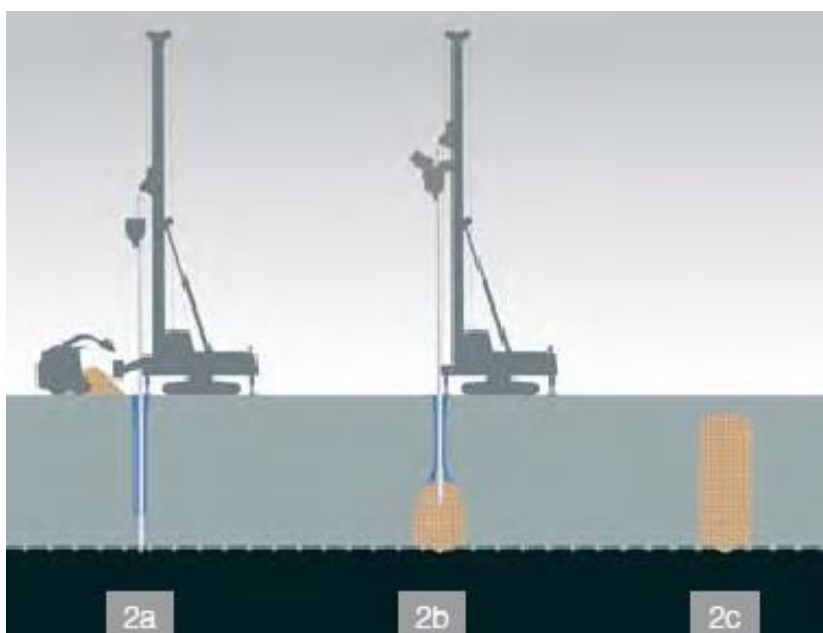


Obrázek 21 - Technologický postup vibroflotace [19]



### 3.4.4 Štěrkové pilíře

Metoda štěrkové pilíře je velice podobná metodě vibroflotace. Stejně se používá vibrační jehla, která taktéž využívá vodní nebo vzduchový výplach. Jehla přivádí ke špičce štěrkovou směs, která vytváří štěrkové pilíře o průměru 700mm. Metoda zlepšuje smykové vlastnosti zeminy, deformační vlastnosti a zrychluje ustálení základové půdy. Při provádění metody štěrkových pilířů nejprve zavedeme jehlu do zeminy (fáze – 2a), poté dojde k přivedení štěrkové směsi do zeminy (fáze – 2b) a po vytažení jehly nám vznikne štěrkový pilíř (fáze – 2c) [19].



Obrázek 22 - Technologický postup metody štěrkových pilířů [19]



## **4 Rizika BOZP při realizaci a provozu budovy**

### **4.1 Úvod**

Rizika spojená s realizací mají všechny budovy. Samozřejmě jako mají běžné budovy rizika při práci, tak to stejné platí i pro výškové budovy a pro mrakodrapy. U výškových budov je o to těžší kontrolovat dodržování plánu BOZP, protože se na stavbě vyskytuje velký počet pracovníků a strojů. Každý pracovník na stavbě musí být seznámen nejen s riziky své profese, ale i s riziky všech profesí vyskytujících na staveništi. Pokud situace dovolí, použijí se prvky kolektivní ochrany, které chrání všechny zúčastněné na staveništi. Pokud nejde riziko eliminovat prvky kolektivní ochrany, použijí se osobní ochranné pracovní prostředky.

### **4.2 Rizika BOZP při realizaci**

#### **4.2.1 Riziko pádu z výšky a do hloubky.**

Práce ve výškách nesmí být prováděna za nepříznivých povětrnostních podmínek ohrožující bezpečnost a zdraví zaměstnanců, s ohledem na použitou ochranu proti pádu. Riziko vzniká na pracovišti, které má hranu výše jak 1,5 metru nad okolní úrovní. Toto riziko můžeme eliminovat pomocí zábrany, kterou umístíme 1,5 metru od hrany pádu. Další riziko vzniká na pracovišti a přístupových komunikacích v libovolné výšce nad vodou, nebo nad látkami ohrožující v případě pádu život a zdraví popálením, poleptáním, akutní otravou nebo zadušením. Dalším rizikem, které musíme zajistit, jsou volné okraje otvorů, jejichž půdorysné rozměry přesahují 0,25m alespoň v jednom směru. Řešením ochrany těchto rizik je

zábradlí, které splňuje výšku minimálně 1,1 metru, zarážku u podlahy minimální výšky 0,15m a musí být opatřeno středovou tyčí.



Obrázek 23 - Plošina se zábradlím DOKA [[http://www.doka.com/\\_ext/xmlproducts/mars-img/364px-width/08-Doka-Sicherheits-Systeme/00701154.jpg](http://www.doka.com/_ext/xmlproducts/mars-img/364px-width/08-Doka-Sicherheits-Systeme/00701154.jpg)]

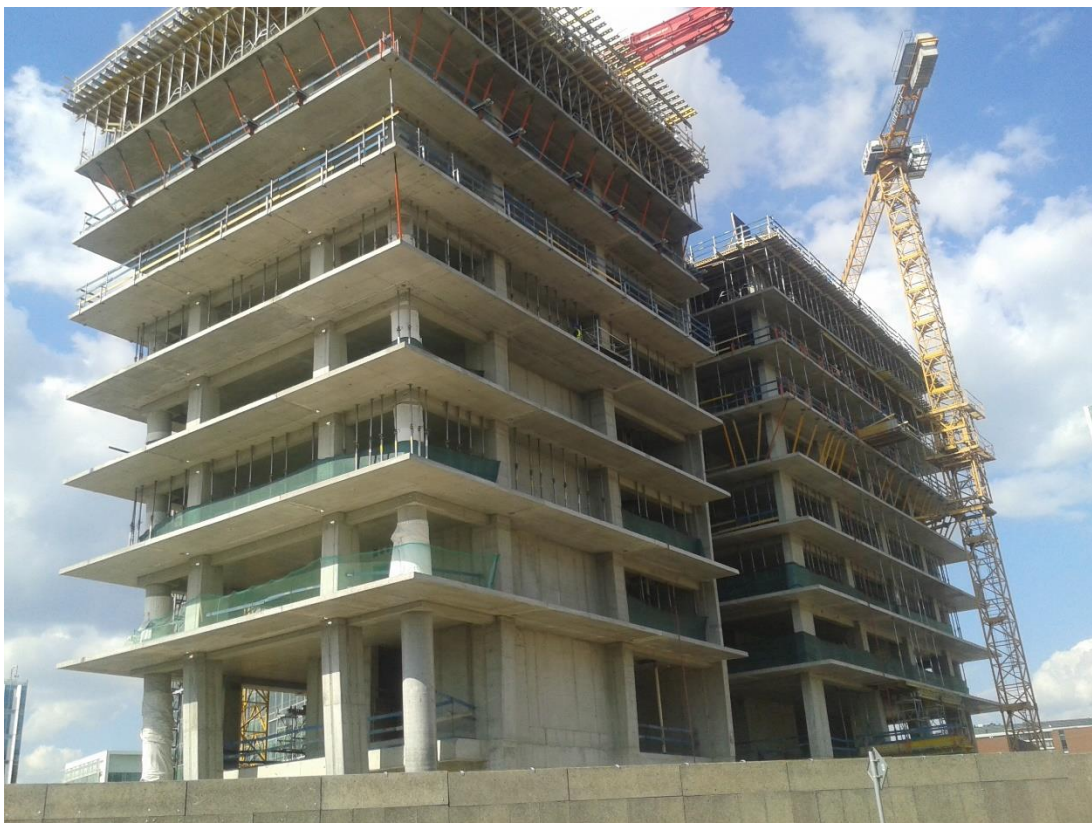
Otvory s půdorysnými rozměry větších jak 0,25m ve všech směrech, zakryjeme pevnými poklopy, které opatříme tak, aby bylo zamezeno jeho odkopnutí. Otvory ve stěnách se šířkou větší než 0,3m a výšce větší než 0,75m, zajistíme tak aby nebylo možné tímto otvorem prolézt a propadnout. Riziko vzniká i u pracoviště, kde úroveň terénu nebo podlahy přesahuje 0,6m



Obrázek 24 - Záchytná síť [<http://www.edb.cz/grmat/nabidky/44824x1.JPG>]

od koruny vyzdívané zdi. Riziko můžeme eliminovat prvkem kolektivní ochrany a to záchytnou sítí.

Tam, kde nestačí prvky kolektivní ochrany, použijeme ochranné osobní pracovní prostředky. Mezi ně patří celotělový postroj, který používá pracovník dle instrukcí koordinátora BOZP. Koordinátor BOZP určí kotevní body.



Obrázek 25 - Fotka: Řešení ochrany proti pádu na objektu V Tower [autor: Lukáš Brotánek]

#### 4.2.2 Dopravní nehoda, srážka s mechanizací

Nejlepší ochranou je oddělení pěší zóny a zóny pro automobilovou dopravu. Pro předcházení dopravním nehodám či srážkám s mechanizací budou všechny osoby vybaveny reflexní vestou. Dopravní automobily budou používat zvukovou signalizaci při couvání. Srážce s mechanizací předchází i dobrá komunikace mezi zúčastněnými osobami. Ideální pracovní pomůckou pro komunikaci mezi vazačem a jeřábníkem je vysílačka. Sice toto opatření je dražší, než běžná komunikace na dálku pomocí gest, ale je jednoznačně účinnější, rychlejší, spolehlivější a je možnost ji bez problému používat i při

podmínkách snížené viditelnosti. Vazač komunikuje s jeřábníkem, vazač používá ochrannou helmu a má na ní vyznačený červený křížek pro lepší orientaci jeřábníka při vázání břemene. Při přenášení břemene se nikdo nesmí pohybovat pod jeho trajektorií. Pokud není, v technických podkladech pro stroj uvedeno jinak, uvažuje se nebezpečný prostor stroje jeho pracovním dosahem rozšířeného o 2 metry.

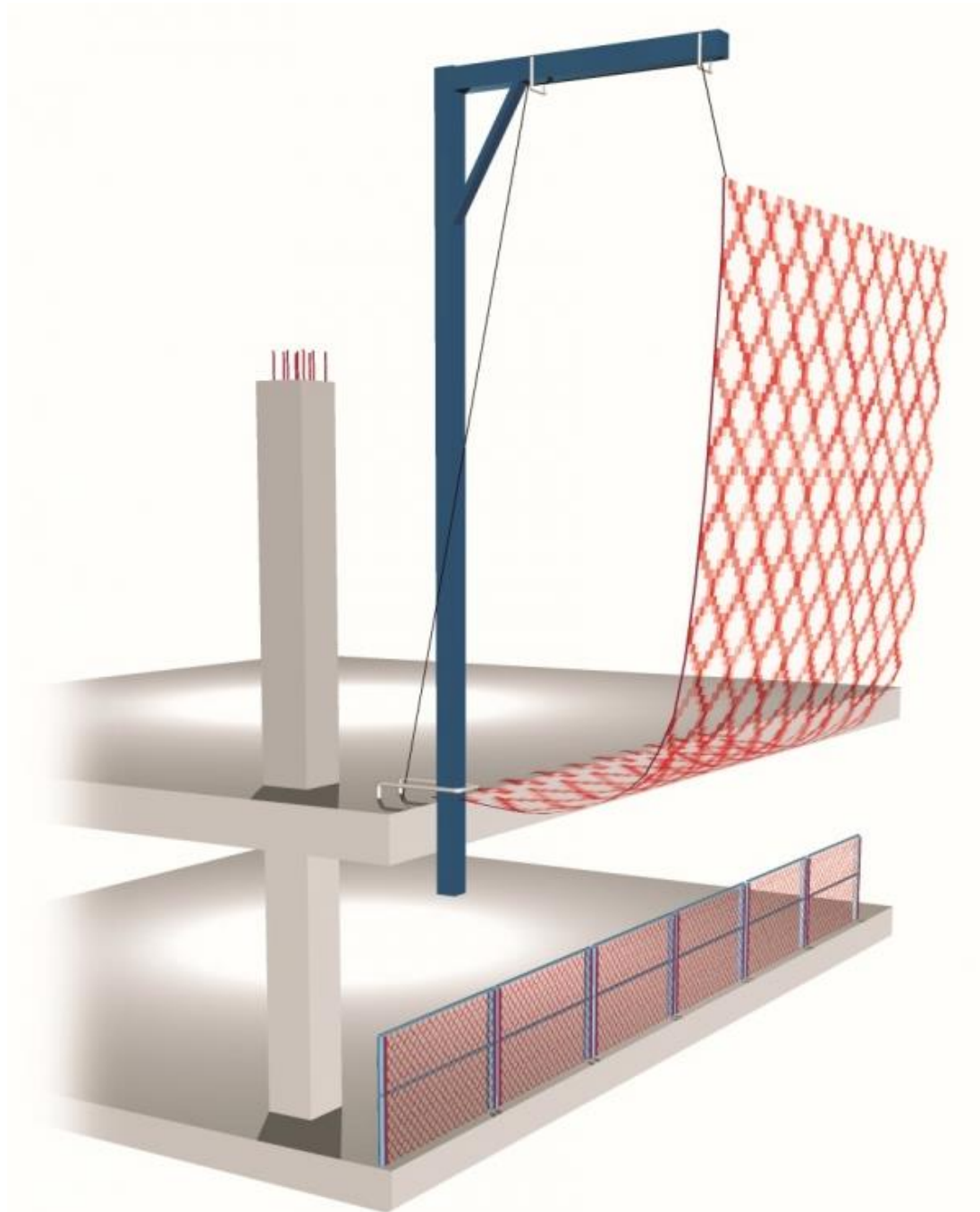
#### 4.2.3 Poranění končetin a očí

Na každém pracovišti hrozí poranění končetin, jak rukou, tak i nohou. Typickým ochranným osobním pracovním prostředkem je obuv s nepropíchnutelnou podrážkou. Ruce se ochrání používáním vhodných pracovních rukavic a oblečení s dlouhým rukávem. Aby nedocházelo k zakopnutí a poranění při pádu, udržujeme pracoviště v co nejlepším a nejčistším stavu, případné neodstranitelné překážky viditelně označíme. Pro ochranu očí používáme ochranné pracovní brýle, nebo ochranné pracovní štíty.

#### 4.2.4 Pád předmětu

Prostory, nad kterými se provádí pracovní činnosti a hrozí u nich riziko pádu osob nebo předmětů, musí být zajištěno z hlediska bezpečnosti. Toto zajistíme různými způsoby. První možnost je vyloučením provozu v daném místě, nebo zajištěním správné ochranné konstrukce zamezující propadnutí jak osob, tak i předmětů. Dále se dá použít zábradlí výšky 1,1 metru se středovou tyčí a okopovou zarážkou a určitě pomůže i použití prvku osobní ochrany a to ochranné přilby. Na celý ohrožený prostor dohlíží způsobilá osoba. Ohrožený prostor při práci ve výšce vyšší jak 30 metrů, musí být široký minimálně 1/10 výšky objektu. To například při nejvyšší české budově AZ Tower je 11,1 metrů a to se vše musí zohlednit v plánu BOZP a v zařízení staveniště. Další problém, který může na staveništi nastat je odlétnutí předmětu z objektu, který může následně někoho zranit. Například letící hliníkový plech může způsobit vážná zranění. Tento problém má dvě řešení.

Prvním řešením je kvalitní kotvení a přitížení předmětů přímo v objektu.



Obrázek 26 - Záchytná síť s konzolou [[http://www.rafra.cz/images\\_zbozi\\_sortiment/55\\_1.jpg](http://www.rafra.cz/images_zbozi_sortiment/55_1.jpg)]

Druhým řešením je použití záchytných sítí. Jedna varianta je záchytná síť s konzolou. Síť je zavěšená za konzolu a tím zabraňuje nejen propadnutí předmětů, ale i jejich vylétnutí z objektu. Druhou variantou je umístění sítí přímo na fasádní lešení. Pokud je však fasádní lešení na objektu použito. Při



použití sítí na lešení musíme určitě zvýšit počet kotevních prvků lešení. Počet kotevních prvků musíme ověřit výpočtem.



Obrázek 27 - Fasádní lešení se sítěmi

[<http://www.guttashop.cz/data/upload/produkty/l/167777062853d644d6b1520.jpg>]

#### 4.2.5 Zajištění staveniště

Z hlediska BOZP je nutné i zajištění staveniště jako takového. Vjezd na stavbu musí být opatřen značkou omezující rychlost na 10-20km/h. Na



Obrázek 28 - Fotka: Označení vjezdu na staveniště objektu V Tower [autor: Lukáš Brotánek]

výjezdu ze stavby musí být umístěna značka „Stůj, dej přednost v jízdě“. Poté bude v celé ulici rychlost omezena na 30km/h a ulice bude označena značkou „Pozor, výjezd a vjezd vozidel stavby.“ Staveniště je oploceno plným plotem minimální výšky 1,8 metru. U vstupu je umístěna informační tabule. Cedula upozorňuje na vstup na staveniště, na používání osobních ochranných pracovních prostředků, na zákaz kouření a další nebezpečí. Dále je opatřena značkou „stavba, nepovoleným vstup zakázán“. Na staveništi musí být zajištěna hygiena (např. buňka s umývárnou) a dostatečný počet WC. Na staveništi bude označeno místo, kde je umístěna lékárnička pro poskytnutí první pomoci v případě úrazu. Samozřejmě zde musí být umístěn a označen hasicí přístroj, případně požární hydrant pro zajištění bezpečnosti v případě propuknutí požáru. V případě, že se objekt realizuje i přes noční hodiny, bude staveniště vybaveno osvětlením. Vhodná místa pro umístění reflektorů jsou věže jeřábů, oplocení a buňkoviště [20,21,22].

### **4.3 Rizika BOZP při provozu budovy**

#### **4.3.1 Riziko požáru a evakuace**

Riziko vypuknutí požáru hrozí všem budovám, nejen těm výškovým. Problém však nastává s evakuací osob z vyšších pater budovy a hašením požáru ve vysokých patrech. Prvním řešením požáru v budovách je systém EPS (elektrická požární signalizace) v kombinaci s automatickým hašením v místě propuknutí požáru. Systém elektrické požární signalizace využívá jak klasického tlačítkového hlášení, tak automatického detekování kouře nebo vysoké teploty pomocí sprinklerů. Princip fungování systému je jednoduchý. Pokud systém detekuje nebezpečí požáru nebo přijme požadavek na hašení od EPS, začne ze sprinklerů stříkat rozptýlená voda a začne hasit ohnisko požáru. Výhodou tohoto systému je, že působí přímo v místě požáru a tím pomáhá minimalizovat škody způsobené eliminací požáru. Další výhodou je, že systém funguje neustále po celý rok bez nutnosti obsluhy přímo při požáru, pokud je napojen na stabilní vodovodní zdroj. Tento systém sice řeší hašení požáru, ale neřeší evakuaci osob v případě velkého požáru. Evakuace je také nutná například v případě zemětřesení nebo výbuchu.

Riziko výbuchu hrozí hlavně při teroristických útocích, které se na výškové budovy zaměřují a v dnešní době jsou čím dál tím častější. Přesným příkladem toho rizika je událost z 11. září 2001, kdy teroristé zaútočili na World Trade Center, tzv. Dvojčata. Poškození budovy bylo takové, že byly



Obrázek 29 - Ukázka ERS [<http://img.gizmag.com/escape-rescue-system.jpg?auto=format%2Ccompress&ch=Width%2CDPR&crop=entropy&fit=crop&h=394&q=60&w=700&s=6c3ef4903b59c5910ba2fa81be43c39e>]

přerušeny únikové cesty z nejvyšších pater budovy, které se nacházely nad místem nárazu letadla. Výška budov dosahovala 416 a 417 metrů. Toto riziko řeší systém ERS (Escape Rescue Systems). Tento systém je umístěn na střeše výškové budovy a v případně nutnosti se rozloží a dolů podél fasády se rozvine lanový systém. Na tomto lanovém systému se rozvine 5 klecí, opatřené odolným a neprůhledným materiálem, aby se mohly evakuovat i osoby, které trpí závratěmi. Každá kabina pojme 30 lidí plus 2 osoby provádějící evakuaci (např. hasiče) a kabiny jsou umístěny nad sebou, takže pracují na výšce pěti podlaží. Kabiny se zastaví přímo proti oknům a pomocná konstrukce vytvoří most mezi nimi a objektem. Dojde k přesunu osob do kabin a systém je svezte dolů do bezpečného místa. Dle provedené zkoušky je možno evakuovat ze 40 podlažního objektu 140 osob za 8 minut [23]. Výhodami tohoto systému jsou: obousměrný provoz, použití na neomezené výšce budovy, možnost nainstalování více výtahů na jednom objektu [24].



### 4.3.2 Údržba a čištění fasády

Fasády mrakodrapů jsou často provedeny z kvalitních a moderních materiálů. Fasády často plní funkční úlohu. Z těchto důvodů musí být plášť udržován a musí být zároveň čistý. Existuje mnoho způsobů jak fasádu udržovat. Jedním z nich je používání horolezecké techniky. Tento způsob je



Obrázek 30 - Čištění fasády Baťovi budovy  
[<http://zlin.cz/wcd/articles/2012/07/thumb-large/myti-oken-zlmrakodrap.jpg>]

také vhodný pro drobné opravy na fasádě, používá se taktéž na těžko přístupných částech budovy. Další variantou údržby jsou pracovní nůžkové



Obrázek 31 - Ukázka použití nůžkové zdvihací plošiny  
[<https://www.boels.cz/uploads/thumbs/22390d93cc738adaaf84bc7616670007.jpg>]

plošiny. Jejich výhodou je, že mohou dosáhnout výšky až několika desítek metrů, jsou mobilní a poskytují relativně velkou pracovní plochu. Nevýhodou zdvihací plošiny může být terén, který neumožní se dostat přímo k fasádě. Také je možné použití závěsných laviček – tzv. gondol. Tento systém je umístěn na střeše budovy a při údržbě se začnou dolů spouštět pracovní lavičky. Výhodou tohoto systému je velká pracovní plocha pro pracovníky, možnost spustit se do jakékoliv výšky a možnost práce po celém obvodu budovy. Nevýhodou je, že tato technologie umožňuje použití jen na svislých budovách bez žádných výčnělků a podobně. Systém se může používat v kombinaci jak pro údržbu, tak i pro evakuaci osob z budovy, ale musí k tomu být přizpůsobený.



Obrázek 32 - Údržba fasády pomocí zavěšených laviček  
[<http://us.123rf.com/450wm/jewhyte/jewhyte1003/jewhyte100300012/6661024-two-window-cleaners-in-a-gondola-cleaning-the-windows-of-a-corporate-office-skyscraper.two-window-cl.jpg>]

## **5 Shrnutí zásad pro realizaci výškových budov a mrakodrapů**

Realizace výškových budov a mrakodrapů jsou velice nákladné a náročné. Jsou odrazem použití nejnovějších, moderních technologií a stavebních řešení. Při provádění těchto typů budov by se měly dodržovat zásady vedoucí ke kvalitnímu výsledku. Mezi ně patří provedení pořádného inženýrského geologického průzkumu. Na jeho výsledcích se musí navrhnout správná varianta založení. S tím souvisí i správné navržení konstrukčního systému vzhledem k zatížení stavby, umístění stavby, vlivu větru působícího na objekt, případně uvážení umístění v seismické oblasti. Dále je potřeba dodržovat zásady pro transport betonu, zpracování betonové směsi. Při všech činnostech by měly být dodržovány všechny bezpečnostní podmínky a navrhnout správná opatření a eliminovat rizika BOZP, aby nebyli ohroženi jak pracovníci na stavbě, tak lidé mimo staveniště.

## **Závěr**

V bakalářské práci jsem se věnoval hlavně tématu výškových budov a mrakodrapů. Zaměřil jsem se na betonáž nosné konstrukce a založení stavby. Dále jsem popsal rizika BOZP při realizaci a při údržbě těchto typů budov. Tato bakalářská práce by měla sloužit jako soupis všech problémů při realizaci výškových budov a mrakodrapů. Také by měla být pomůckou pro osoby pracující na projektech tohoto typu.

**Použitá literatura:**

- [1]: Seznam výškových budov v Česku. Wikipedia [online]. [cit. 2016-03-30].  
Dostupné z:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam\\_nejvy%C5%A1%C5%A1%C3%ADch\\_budov\\_v\\_%C4%8Cesku](https://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_nejvy%C5%A1%C5%A1%C3%ADch_budov_v_%C4%8Cesku)
- [2]: Seznam nejvyšších budov světa. Wikipedia [online]. [cit. 2016-03-30].  
Dostupné z:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam\\_nejvy%C5%A1%C5%A1%C3%ADch\\_budov\\_sv%C4%9Bta](https://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_nejvy%C5%A1%C5%A1%C3%ADch_budov_sv%C4%9Bta)
- [3]: TZB info [online]. [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/nizkoenergeticke-domy/12477-prave-dokoncovana-administrativni-budova-crystal-smeruje-k-oceneni-breeam-excellent>
- [4]: Bydlení - idnes [online]. [cit. 2016-05-13]. Dostupné z:  
[http://bydleni.idnes.cz/vinohrady-crystal-0np-/dum\\_osobnosti.aspx?c=A150114\\_170025\\_dum\\_osobnosti\\_web](http://bydleni.idnes.cz/vinohrady-crystal-0np-/dum_osobnosti.aspx?c=A150114_170025_dum_osobnosti_web)
- [5]: VORLÍK, Petr. Český mrakodrap. Vydání první. V Praze: Paseka, 2015. ISBN 978-80-7432-504-5.
- [6]: Přednáška Prof. Ing. Josefa Macháčka, DrSc. - [online]. [cit. 2016-04-27].  
Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/~machacek/prednaskyOK3/OK3-7z.pdf>
- [7]: [online]. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://www.tbg-metrostav.cz/produkty/ultra-vysokopevnostni-betony-uhpc/>
- [8]: Kingdom Tower official [online]. [cit. 2016-03-30]. Dostupné z:  
<http://kingdomtowerskyscraper.com/kingdom-tower-facts/>
- [9]: StavbaWeb: V Tower [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupné z:  
<http://stavbaweb.dumabyt.cz/v-tower-12846/clanek.html>
- [10]: PYTLÍK, Petr. Technologie betonu. Brno: Vysoké učení technické, 1997. ISBN 80-214-0779-4.

- [11]: Stavební komunita - Ošetřování betonové směsi [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/osetrovani-betonove-smesi>
- [12]: Stavební komunita - zpracování betonové směsi [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/zpracovani-betonove-smesi>
- [13]: Ebeton.cz - samozhutnitelný beton (SCC) [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.ebeton.cz/pojmy/samozhutnitelny-beton-scc>
- [14]: PERI.cz [online]. [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <http://www.peri.cz/produkty.cfm/fuseaction/anwendungen/subaction/anwendung/id/6.cfm>
- [15]: 1000nej – Nejvyšší budovy světa [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.1000nej.cz/nejvyssi-budova-sveta.html>
- [16]: MACEKOVÁ, Věra a Milan VLČEK. Zakládání staveb. Brno: ERA group, 2004. Technická knihovna (ERA). ISBN 80-865-1783-7.
- [17]: Přednáška Doc. Dr. Ing. Jana Pruška [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: [http://people.fsv.cvut.cz/~Pruskjan/Fakulta%20dopravni/Prednaska%2012\\_11.pdf](http://people.fsv.cvut.cz/~Pruskjan/Fakulta%20dopravni/Prednaska%2012_11.pdf)
- [18]: Zakládání.cz [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.zakladani.cz/cz/injektaze>
- [19]: Zakládání.cz - Zlepšování základových púd [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.zakladani.cz/cz/zlepsovani-zakladovych-pud-metodou-vibroflotace>
- [20]: Práce ve výškách [online]. 2013 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: [http://www.bozpinfo.cz/win/knihovna-bozpinfo/citarna/tema-bozpinfo/prace\\_ve\\_vyskach130925.html](http://www.bozpinfo.cz/win/knihovna-bozpinfo/citarna/tema-bozpinfo/prace_ve_vyskach130925.html)
- [21]: Nařízení vlády č. 362 ze dne 17. srpna 2005 o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky. In Sbírka zákonů České republiky. 2005

[22]: Nařízení vlády č. 591 ze dne 12- prosince 2006 o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích. In Sběrka zákonů České republiky. 2006

[23]: TZB-info.cz [online]. [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3918-bezpecnost-vyskovych-budov>

[24]: [online]. [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/9752-evakuace-a-zachrana-osob-trochu-jinak/>

**Seznam obrázků**

Obrázek 1 - Fotka: Současná podoba Správní budovy firmy Baťa .....	9
Obrázek 2 - Baťova kancelář .....	10
Obrázek 3 - Současná podoba Grand hotelu International v Praze .....	11
Obrázek 4 - Hotel Continental v Brně .....	11
Obrázek 5 - Půdorys hotelu Continental .....	12
Obrázek 6 - Umístění Ještědu v terénu .....	13
Obrázek 7 - Řez: Ještěd .....	14
Obrázek 8 - Fotka: Současná podoba budovy Crystal .....	15
Obrázek 9 - Mezinárodní a meziměstská telefonní a telegrafní ústředna ....	16
Obrázek 10 - Fotka: Současná podoba City Empiria .....	17
Obrázek 11 - Fotka: Současná podoba City Tower v Praze .....	18
Obrázek 12 - AZ Tower v Brně .....	19
Obrázek 13 - Obrázek grafu pevností betonu .....	21
Obrázek 14 - Rozestavěná Jeddah Tower.....	22
Obrázek 15 - Fotka: Objekt V Tower ve fázi realizace .....	22
Obrázek 16 - Pracovník obsluhující systém RCS .....	26
Obrázek 17 - Typy žebrových základových desek .....	28
Obrázek 18 - Schéma vrtané piloty .....	28
Obrázek 19 - Technologický postup vrtaných pilot.....	29
Obrázek 20 - Technologický postup vrtaných pilot typ CFA.....	30
Obrázek 21 - Technologický postup vibroflotace .....	31
Obrázek 22 - Technologický postup metody stěrkových pilířů .....	32
Obrázek 23 - Plošina se zábradlím DOKA.....	34
Obrázek 24 - Záchytná síť .....	34
Obrázek 25 - Fotka: Řešení ochrany proti pádu na objektu V Tower.....	35
Obrázek 26 - Záchytná síť s konzolou .....	37
Obrázek 27 - Fasádní lešení se sítěmi .....	38
Obrázek 28 - Fotka: Označení vjezdu na staveniště objektu V Tower.....	38
Obrázek 29 - Ukázka ERS .....	40
Obrázek 30 - Čištění fasády Baťovi budovy .....	41
Obrázek 31 - Ukázka použití nůžkové zdvihací plošiny .....	41
Obrázek 32 - Údržba fasády pomocí zavěšených laviček.....	42