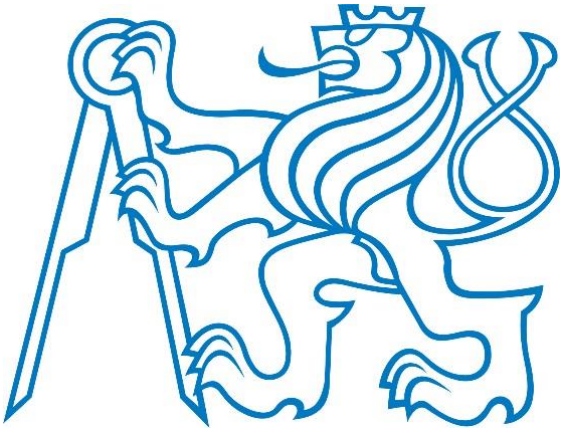
České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební
Katedra technologie staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Malý monolit

Small monolith

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Michal Procházka, Ph.D.

KVĚTEN 2017

Jiří HOSNEDL

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Hosnedl Jméno: Jiří Osobní číslo: 423181

Zadávající katedra: K122 - Katedra technologie staveb

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Malý monolit

Název bakalářské práce anglicky: Small monolith

Pokyny pro vypracování:

Stavebně-technologický návrh klasického monolitu, malého monolitu bez použití jeřábu a zděné varianty.
Technologický postup montáže a demontáže lehkého bednění, betonáže samozhutnitelným betonem.
Ekonomické a časové zhodnocení rozdílů jednotlivých variant.

Seznam doporučené literatury:

Hajime Okamura: Self-Compacting High performance concrete, ČSN EN 206-9 Beton - Část 9 (SCC),
ČSN EN 13670 Provádění betonových konstrukcí, ČSN EN 1996-1-1+A1 Navrhování zděných konstrukcí

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Michal Procházka, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: ..... Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

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".

Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

Prohlášení

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

V Praze, dne 16.5.2017 ……..

jméno a příjmení

Poděkování

Ing. Michalovi Procházkovi, Ph.D., Ing. Jakubovi Stuchlíkovi, Ing. Zdeňku Suchému za jejich čas a odborné konzultace při tvorbě této bakalářské práce.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá stavebně technologickým, ekonomickým a časovým zhodnocením malého monolitu. Konkrétně se jedná o výstavbu rodinných domů s nosnými železobetonovými stěnami, za použití samozhutnitelného betonu (SCC). Hlavními výstupy práce jsou materiálové a konstrukční řešení realizace a ekonomické i časové porovnání tohoto typu výstavby s konvenčními metodami realizace rodinných domů.

Klíčová slova

Samozhutnitelný beton, bednění, položkový rozpočet, zhodnocení

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with construction-technological, economical and time evaluation of small monolith. Mainly it is about construction of family houses with concrete load-bearing walls, made of self-consolidating concrete (SCC). Primary outcomes of this thesis are material and construction solutions of realization and economical as well as time comparison of this type of construction to conventional methods of building family houses.

Keywords

Self-consolidating concrete (SCC), formwork system, budget, evaluation

OBSAH PRÁCE:

1. ÚVOD 9
2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA 10
2.1. Materiály pro výstavbu rodinných domů 10
2.1.1. Železobeton (konvenční monolit) 10
2.1.2. Samozhutnitelný beton („skořepiny“) 19
2.1.3. Zděné konstrukce 24
2.1.4. Přírodní stavební materiály 29
2.2. Konstrukce a technologie výstavby rodinných domů 32
2.2.1. Monolit – systémové bednění svislých konstrukcí 32
2.2.2. Monolit – systémové bednění vodorovných konstrukcí 34
2.2.3. Zděné konstrukce – dočasné stavební konstrukce 35
2.3. Ekonomické a časové nástroje sledování průběhu stavby 37
2.3.1. Propočet 37
2.3.2. Položkový rozpočet 38
2.3.3. Individuální kalkulace 39
2.3.4. Nástroje pro sledování spotřeby času 40
2.4. Popis referenčního objektu 43
3. CÍLE 44
Cíl 1 44
Cíl 3 44
Cíl 4 44
4. VLASTNÍ VÝSLEDKY 45
4.1. Klasický železobeton 45
4.1.1. Materiály 45
4.1.2. Konstrukce a technologie 46
4.1.3. Ekonomické zhodnocení 48
4.1.4. Časové zhodnocení 49
4.2. Samozhutnitelný beton 50
4.2.1. Materiály 50
4.2.2. Konstrukce a technologie 51
4.2.3. Ekonomické zhodnocení 53

4.2.4. Časové zhodnocení 54
4.3. Zděná varianta – Systém broušených cihel Porotherm 55
4.3.1. Materiály 55
4.3.2. Konstrukce a technologie 57
4.3.3. Ekonomické zhodnocení 58
4.3.4. Časové zhodnocení 59
5. DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ POSTUP 60
6. DISKUZE VÝSLEDKŮ 61
6.1. MATERIÁLY 61
6.2. KONSTRUKCE A TECHNOLOGIE 61
6.3. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ 61
6.4. ČASOVÉ ZHODNOCENÍ 63
7. ZÁVĚRY 64
Cíl 1 64
Cíl 3 64
Cíl 4 64
8. POUŽITÁ LITERATUTA A ZDROJE 65
9. SEZNAM OBRÁZKŮ 68
10. SEZNAM TABULEK 69
11. SEZNAM PŘÍLOH 70

1. ÚVOD

Předmětem této bakalářské práce je stavebně-technologické, ekonomické a časové zhodnocení malého monolitu. Dále je provedeno porovnání této varianty výstavby s běžnými dnes používanými metodami.

Technologie výstavby rodinných domů je stále aktuální téma, neboť drtivá většina populace naší země stále sní o bydlení ve vlastním rodinném domě. I přes takto vysokou poptávku je variabilita materiálů používaných k výstavbě rodinných domů poměrně malá. Dá se říci, že v současnosti je většina domů postavena z keramických zděných prvků nebo ze železobetonu. V této práci je navržena a zhodnocena další varianta výstavby, a to konkrétně malý monolit s použitím samozhutnitelného betonu.

První část práce se zabývá zmapováním nejvíce používaných stavebních materiálů a popisem jejich technických vlastností. Dále je proveden soupis konstrukcí a technologií výstavby rodinných domů, kde je kladen důraz na popis jejich technologických postupů. Následují informace o jednotlivých ekonomických a časových nástrojích používaných pro sledování průběhu výstavby a také krátký popis referenčního objektu. Poté jsou vytyčeny hlavní cíle práce a určeny metody, které budou použity pro dosažení daných cílů.

Druhá část této práce řeší jednotlivé materiálové varianty výstavby referenčního objektu, výběr a návrh bednění u variant vyžadující betonáž a také technologii samotné betonáže. Následuje ekonomické porovnání jednotlivých variant, a to za použití položkového rozpočtu. S hodnocením ekonomickým úzce souvisí i hodnocení časové, které je řešeno v samostatné kapitole. Dále jsou navržena doporučení pro další postup a provedeno vyhodnocení celé práce.

2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

2.1. Materiály pro výstavbu rodinných domů

Na trhu se stavebninami je široká škála materiálů používaných pro výstavbu jak rodinných, tak bytových domů. Následující strany práce obsahují základní informace o materiálovém složení těch nejpoužívanějších z těchto materiálů, postupy jejich laboratorního zkoušení a další informace, které jsou zužitkovány v druhé části této bakalářské práce.

2.1.1. Železobeton (konvenční monolit)

Železový beton

Železový beton, běžně známý pod označením železobeton, je kombinace prostého betonu a různých ocelových prvků. Prostý beton má poměrně malou pevnost v tahu a ocelové prvky (výztuže) mají za úkol tuto pevnost zvýšit. Výsledný spřažený systém funguje správně za dodržení několika základních podmínek. Dosažením minimálních tlouštěk krycích vrstev je zaručeno, že beton vytváří pro ocelovou výztuž dostatečnou korozní ochranu. Důležitá je také tepelná roztažnost betonu a oceli, která by měla být přibližně shodná, aby tepelné změny neovlivnily únosnost a vzhled konstrukcí. Pro správné přenášení tahových sil z betonu do výztuže je nezbytná adekvátní přídržnost mezi betonem a ocelí. Na přídržnosti se nejvíce podílí povrchová úprava betonářské výztuže. V následujících odstavcích jsou uvedeny základní informace o betonu a používaných výztužích.

Beton

V České republice platná legislativa všeobecně definuje beton jako materiál ze směsi cementu, hrubého a drobného kameniva a vody, s přísadami, příměsemi nebo s vlákny, který získává své vlastnosti hydratací cementu [1]. Beton s $D_{max} = 4$ mm (D_{max} - maximální průměr kameniva obsaženého v betonu) je označován za maltu a ta, jako materiál používaný jako spojovací a ne nosný, není předmětem této práce.

Vybrané metody klasifikace betonu – Beton lze klasifikovat několika způsoby. První možným způsoben je klasifikace **stupně vlivu prostředí**, při které se beton hodnotí v závislosti na prostředí a chemickému namáhání, kterému je vystaven po zabudování v konstrukci. Detailní rozdělení do kategorií je zobrazeno v tabulce.

Tabulka 1 - tabulka stupně vlivu prostředí [1]

Tabulka stupně vlivu prostředí

Označení stupně	Popis prostředí	Informativní příklady výskytu vlivu prostředí
Bez nebezpečí koroze nebo narušení		
XO	Pro beton bez výztuže nebo zabudovaných kovových vložek -všechny vlivy s výjimkou střídavého působení mrazu, obrusu nebo chemicky agresivního prostředí	Beton uvnitř budov s velmi nízkou vlhkostí vzduchu
Koroze vlivem karbonace		
XC 1	Suché nebo stále mokré	Beton uvnitř budov s nízkou vlhkostí vzduchu Beton trvale ponořený ve vodě
XC 2	Mokré, občas suché	Povrch betonu vystavený dlouhodobému působení vody. Většina základů.
XC 3	Středně mokré, vlhké	Beton uvnitř budov se střední nebo velkou vlhkostí vzduchu Venkovní beton chráněný proti dešti
XC 4	Střídavě mokré a suché	Povrchy betonu ve styku s vodou, které nejsou zahrnuty ve stupni vlivu prostředí XC 2
Koroze vlivem chloridu, ne však z mořské vody		
XD 1	Středně mokré, vlhké	Povrchy betonů vystavené chloridům rozptýleným ve vzduchu
XD 2	Mokré občas suché	Plavecké bazény Beton vystavený působení průmyslových vod obsahujících chloridy
XD 3	Střídavě mokré a suché	Části mostů vystavené postřikům obsahující chloridy. Vozovky, betonové povrchy parkovišť
Střídavé působení mrazu a rozmrazování s rozmrazovacími prostředky nebo bez nich		
XF 1	Mírně nasycen vodou bez rozmrazovacích prostředků	Svislé betonové povrchy vystavené dešti a mrazu
XF 2	Mírně nasycen vodou s rozmrazovacími prostředky	Svislé betonové povrchy konstrukcí pozemních komunikací vystavené mrazu a rozmrazovacím prostředkům rozptýlených ve vzduchu
XF 3	Značně nasycen vodou bez rozmrazovacích prostředků	Vodorovné betonové povrchy vystavené dešti a mrazu
XF 4	Značně nasycen vodou s rozmrazovacími prostředky nebo mořskou vodou	Vozovky a mostovky vystavené rozmrazovacím prostředkům, betonové povrchy vystavené přímému ostřiku rozmrazovacími prostředky a mrazu
Chemické působení		
XA 1	Slabě agresivní chemické prostředí	
XA 2	Středně agresivní chemické prostředí	
XA 3	Vysoce agresivní chemické prostředí	

Poznámka:
Stupně vlivu prostředí XM 1, XM 2, XM 3 beton splňuje základní požadavky.
Skutečné požadavky na obrusnost jsou dány vsypem předepsané v projektové dokumentaci.

Další způsoby klasifikace lze rozdělit podle toho, zda se jedná o čerstvý beton nebo o beton již ztvrdlý. U betonu čerstvého se hodnotí konzistence podle sednutí kužele, konzistence podle zhutnitelnosti či konzistence podle rozlití.

Čerstvý beton

Konzistence podle sednutí kužele – K této metodě zkoušení betonu je potřeba forma na beton (Abramsův kužel) a podkladní navlhčená nenasákavá deska. Abramsův kužel se ve třech vrstvách naplní zkoušenou betonovou směsí, tak že se každá ze tří vrstev zhutní 25 rovnoměrně umístěnými vpichy. Následně se forma opatrně odstraní a změří se sednutí betonu. Podle změřené hodnoty jsme schopni zařadit zkoušený beton do pěti kategorií viz Tabulka 2. [2]

Tabulka 2 - tabulka stupně sednutí kužele [2]

Stupeň	Sednutí [mm]
S1	10 – 40
S2	50 – 90
S3	100 – 150
S4	160 – 210
S5	≥ 220

Konzistence podle zhutnitelnosti – Ke zkoušce je zapotřebí navlhčená forma s předepsanými rozměry, lišta a vibrační stůl či vibrátor. Navlhčená forma se naplní betonem a „hladina“ se zarovná lištou. Následně se beton hutní tak dlouho, než je dosaženo patrného zmenšení objemu. Poté se změří vzdálenost hladiny zhutněného betonu od horní hrany formy. Stupeň konzistence je dán jednoduchým vzorcem C=h/(h-s), kde “h“ je výška formy a “s“ je změřená vzdálenost. Vyhodnocení zkoušky viz. Tabulka 3. [2]

Tabulka 3 - tabulka stupně zhutnitelnosti [2]

Stupeň	Sednutí [mm]
C0	≥ 1,46
C1	1,45 – 1,26
C2	1,25 – 1,11
C3	1,10 – 1,04

Konzistence podle rozlití – K této zkoušce je potřeba forma s předepsanými rozměry a setřásací stolek. Forma se ve dvou vrstvách naplní do formy, tak že se každá vrstva desetkrát zhutní dusadlem. Po odstranění formy se provede 15 zdvihů horní desky setřásacího stolku a změří se průměry (v obou směrech) rozlitého betonu. Stupeň rozlití se určí podle vroce $F = (d_1 + d_2) / 2$, kde "d_1" a "d_2" jsou změřené rozměry. Vyhodnocení zkoušky viz. Tabulka 4. [2]

Tabulka 4 - tabulka stupně rozlití [2]

Stupeň	Průměr rozlití [mm]
F1	≤ 340
F2	350 – 410
F3	420 – 480
F4	490 – 550
F5	560 – 620
F6	≥ 630

Ztvrdlý beton

Třída pevnosti betonu – Pro klasifikaci se použije charakteristická pevnost v tlaku (fck,cyl), ta se zjišťuje na zkušebních válcích o průměru 150 mm a výšce 300 mm ve stáří 28 dnů nebo charakteristická pevnost v tlaku (fck,cube), zjištěná na krychlích o hraně 150mm ve stáří 28 dnů a zkoušena podle evropské normy EN 12390-3. [1]Vyhodnocení se liší podle toho, zda se jedná obyčejné, těžké či lehké betony. Lehký beton (např. pórobeton) má po vysušení objemovou hmotnost větší než 800 kg/m^3 ale menší než 2 000 kg/m^3. Obyčejný beton má po vysušení objemovou hmotnost větší než 2 000 kg/m^3 ale menší než 2 600 kg/m^3 a těžký beton má po vysušení objemovou hmotnost větší než 2 600 kg/m^3.

Tabulka 5 - tabulka pevnostních tříd [1]

Pevnostní třídy betonu v tlaku pro obyčejný a těžký beton		
Pevnostní třída v tlaku	$f_{ck,\,cyl}$ (válec) N/mm^2	$f_{ck,\,cube}$ (krychle) N/mm^2
C -/5	-	5
C -/7,5	-	7,5
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

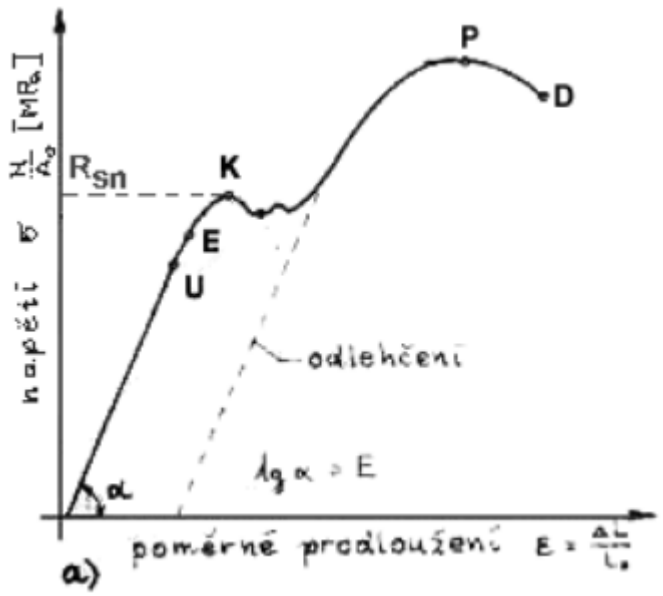
vysokopevnostní beton

Pevnostní třídy betonu v tlaku pro lehký beton		
Třída pevnosti	$f_{ck,cyl}$ [N/mm^2]	$f_{ck,cube}$ [N/mm^2]
LC 8/9	8	9
LC 12/13	12	13
LC 16/18	16	18
LC 20/22	20	22
LC 25/28	25	28
LC 30/33	30	33
LC 35/38	35	38
LC 40/44	40	44
LC 45/50	45	50
LC 50/55	50	55
LC 60/66	60	66
LC 70/77	70	77
LC 80/88	80	88

vysokopevnostní beton

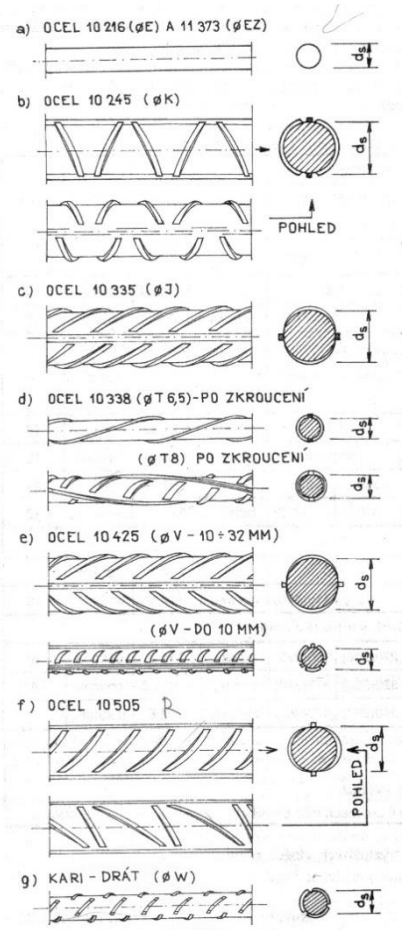
Betonářská ocel

Betonářská ocel se, jak už bylo zmíněno, používá k vyztužování železobetonových a předpjatých konstrukcí. Přebírá smyková, a hlavně tahová napětí, tím zlepšuje mechanicko-fyzikální vlastnosti betonu. Používá se ocel třídy 10 a 11 s mezí kluzu v přibližném rozmezí 200–500 MPa, která byla válcována za tepla. [2]



Obrázek 1 - Pracovní diagram oceli [2]

Nejčastěji používaným druhem betonářské oceli jsou **dráty a tyče** s hladkým či upraveným povrchem viz Obrázek 2. Průměr těchto ocelí je v rozmezí od 4 do 50 mm, kdy ocel o průměru do 10 mm je dodávána ve svitcích a ocel s větším průměrem v délkách od 6 do 22 m.



Obrázek 2 – druhy betonářských výztuží [2]

Dalším druhem výztuže jsou **svařované (KARI) sítě**. Sítě vznikají v hutích bodovým svařováním drátů a průměru od 4 do 10 mm a výsledné sítě mají rozměry oka od 50x50 mm po 300x300 mm. Tyto sítě jsou zejména vhodné pro vyztužení plošných dílců jako jsou základové a stropní desky či betonové podlahy.

Obrázek 3 – KARI síť [3]

Drátkobeton

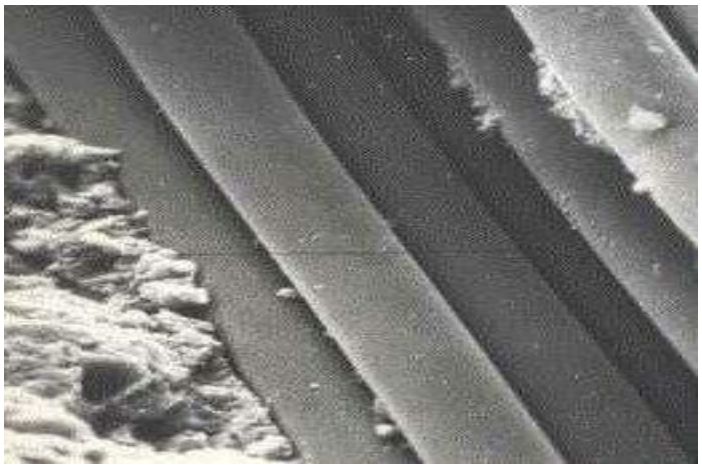
Drátkobetonem se rozumí betonová směs, do které jsou při jeho výrobě přimíchány ocelové profilované dráty. Tyto dráty mají za úkol zlepšit konečné vlastnosti betonu. Na 1 m^3 prostého betonové směsi připadá od 20 do 40 kilogramů ocelových drátků. [4] Množství rozptýlené výztuže v betonu závisí na typu drátků, pevnostní třídě betonu a samozřejmě požadované hodnotě vyztužení. Ta se odvíjí od následného použití tohoto kompozitního materiálu. Drátkobetonové směsi se využívají při realizaci základových a podlahových desek, v průmyslových podlahách či v prefabrikovaných konstrukcích. Největší výhodou drátkobetonu je absence pracné montáže těžké ocelové výztuže, která je nezbytná u klasického železobetonu. Další výhodou je omezení vzniku deformace betonu a následujících smršťovacích trhlin. Nevýhodou může být nutná technologická kázeň pracovníků, ta je nezbytná pro správné promíchání výztuže s betonem, aby nedošlo ke vzniku takzvaných hnízd. I řada čerpadel není vhodná pro práci s tímto materiálem, z důvodu rizika možného ucpání hadic. Pro svislé nosné konstrukce není vhodný zejména kvůli prakticky nemožnému zajištění správné polohy výztuže.

Obrázek 4 - profilované dráty [5]

Obrázek 5 - drátkobeton [5]

Sklovláknobeton

Jedním z dalších kompozitních materiálů založených na cementové matrici a vláknové výztuži je sklovláknobeton, jednoduše označován také jako sklobeton. Základní recepturu sklovláknobetonu tvoří portlandský cement, jemný křemičitý písek, křemičité úlety (mikrosilika), alkalivzdorné skleněné vlákno, plastifikační přísady, odpěňovací přísady a další přísady dle požadovaných vlastností konečného materiálu. [6] Dále se podle požadovaných výsledných vlastností používá výztuž ve formě jednotlivých skleněných vláken, svazků vláken nebo jejich plošného uspořádání. Plošným uspořádáním se rozumí mříže, síťky či rohože ze skleněných vláken. Ta se na trhu objevují v nepřeberném množství velikostí, tvarů, délek a hlavně průměrů. Jako u všech kompozitních materiálech je konečná pevnost výsledkem soudržnosti mezi cementovou matricí a vláknovou (v našem případě skleněnou) výztuží. Alkalické prostředí v cementu klade další nároky na skleněné vlákno a tím je schopnost materiálu odolávat právě takto agresivnímu prostředí. Z toho důvodu jsou vlákna opatřena ochranným povlakem, aby se zaručila neporušenost jejich povrchů. [7] Využití nachází tento materiál zejména v oblasti odvětrávaných fasád, architektonických doplňků fasád, obkladů mostních konstrukcí, opláštění atik budov ale i jako materiál vhodný pro výrobu velkoobjemových květináčů či komínových hlav.



Obrázek 6 - skleněná vlákna [7]

2.1.2. Samozhutnitelný beton („skořepiny“)

Jednou z nejdůležitějších dílčích operací při realizaci monolitických konstrukcí z železobetonu je hutnění betonové směsi. Na stavbě se hutnění provádí pomocí ponorných, povrchových či příložných vibrátorů, v betonárkách se při hutnění prefabrikovaných dílců používají vibrační stoly či další alternativní metody. Avšak stavební praxe ukázala, že práce s vibrátorem na stavbě často nedosahuje takových kvalit, aby bylo zajištěno dostatečného zhutnění čerstvé betonové směsi. Kvalita „nezvibtovaného“ tradičního betonu je ovšem mnohem nižší než u stejného, avšak kvalitně zhutněného, materiálu. Od konce osmdesátých a začátku devadesátých let se však začalo zejména v Japonsku pracovat na řešení výše zmíněných problému. Ono řešení se jmenuje samozhutnitelný beton neboli SCC (Self- Compacting Concrete) [8] Tyto betonové směsi dokáží působením gravitace vyplnit dokonale celý objem konstrukce a současně zcela obalit výztuž, to vše bez nutnosti hutnění.

Legislativa platná v České republice

V ČR platné normě ČSN EN 206 – příloha G jsou stanoveny pokyny týkající se požadavků na samozhutnitelný beton v čerstvém stavu. Obecně jsou požadavky na samozhutnitelný beton v čerstvém stavu specifikovány v závislosti na druhu aplikace, a zvláště pak na následujících okolnostech – vymezující podmínky ke geometrii betonových prvků, druhu konstrukce, umístění a počtu vložek, dále pak na zařízení na ukládání betonu (čerpadlo, automíchač, atd.), způsobu ukládání betonu a dokončovací metodě. Samotnému klasifikačnímu systému je věnována následující kapitola.

V případě prefabrikovaných výrobků a betonu vyráběného na staveništi norma doporučuje předvést kvality betonu přímo na výrobku. U transportbetonu by měly být parametry a stupně vybrány opatrně a kontrolovány a potvrzovány na základě zkušenosti objednatele a výrobce nebo specifickými praktickými zkouškami. Jaká míra zkušeností je považována za dostatečnou ani metody „specifické praktické zkoušky“ ale v normě nejsou specifikovány.

Dalšími důležitými odstavci v normě jsou odstavce týkající se dopravy a ukládání samozhutnitelného betonu. U dopravy je stanoveno, že transportovaná betonová směs by si měla během času dopravy uchovat vlastnosti čerstvého samozhutnitelného betonu. Ukládání betonu by mělo probíhat, pokud možno, nepřetržitě, takže dodávání betonu by mělo odpovídat rychlosti ukládání. Rychlost a četnost dávek musí být odsouhlasena výrobcem betonu, aby se zabránilo přerušování ukládání betonu v důsledku zpoždění dodávek nebo naopak zdržení při čekání na místě ukládání.

Klasifikace čerstvé betonové směsi na výrobu SCC

Existuje celá řada metod zkoušení čerstvé betonové směsi na výrobu SCC, od sofistikovaných jako je L – box či Orimet test, po méně náročné jako je například J-ring test nebo Slump – flop. V ČR platná norma ČSN EN 206 charakterizuje čtyři základní zkušební parametry. Sednutí – rozlití SF, viskozitu VS nebo VF, schopnost průtoku PL nebo PJ a odolnost proti segregaci SR. Podrobněji jsou rozebrány dvě metody a to Slump-flow test (zkouška rozlitím kužele) a L-box test (zkouška přístrojem L-box).

Slump-flow test

Postup zkoušení je obdobný jako postup pro stanovení konzistence čerstvého betonu sednutím podle ČSN. Kužel je při zkoušce umístěn na střed vodorovné podložky o rozměrech 800x800 mm a následně naplněn čerstvým betonem. Uprostřed podložky je vyznačena kružnice o průměru 500 mm. Po zvednutí kužele se beton rozlije po podložce všemi směry a následuje samotné měření. Měřenými parametry čerstvého SCC jsou u této zkoušky čas T50 – čas, za který se rozlité těleso rozlije na průměr zmíněné kružnice o průměru 500 mm a hodnota M, což je maximální průměr rozlité hmoty.

L-box test

Tato zkouška simuluje ukládání čerstvého samozhutnitelného betonu do konstrukce včetně jeho průchodu výztuží. Při samotné zkoušce se betonem naplní svislá část přístroje a následným zvednutím posuvné brány se beton samovolně rozlije mezi osazenými pruty výztuže do vodorovné části boxu. Jako pruty výztuže se používají dvě nebo tři tyče o průměru 12 mm, tak že mezery mezi jednotlivými tyčemi jsou 41 nebo 59 mm. Sledovanými parametry jsou při této zkoušce čas T_{40}, čas T_{60}, výška H1 a výška H2. T_{40} je doba, za kterou dosáhne čerstvý beton „vypuštěný“ z brány vzdálenosti 400 mm od ústí svislé části L-boxu. T_{60} je čas za kterou dorazí beton až na konec vodorovné části přístroje. Výška H1 je ustálená výška čerstvého betonu ve svislé části přístroje a výška H2 je ustálená výška čerstvého betonu ve vodorovné části přístroje. Míra blokování pohybu čerstvé betonové směsi výztuží lze stanovit jako poměr mezi výškou H2 a H1.

Vlastnosti SCC a jeho výhody a nevýhody

Schopnost čerstvé betonové směsi zaujmout bez rozmístění a segregace hrubších částí plniva celý prostor konstrukce a zároveň ho dokonale vyplnit je u SCC zajištěna pomocí jeho speciálních vlastností. Patří sem mimo jiné pohyblivosti či viskozita čerstvé betonové směsi. Tyto charakteristiky jsou dosaženy využitím nové generace povrchově aktivních látek (superplastifikátorů), které upravují pohyblivost směsi. Superplastifikátory jsou ztekucovací přísady většinou na bázi modifikovaných melaminových polymerů či na bázi naftalenu. Dále se používají tzv. mikroplniva, která zajišťují zvýšení objemu podílu jemných plniv ve výsledné směsi. Nejčastěji se jedná o křemičité úlety, elektrárenský popílek, jemně mletou strusku či různé kamenné odprašky. Charakteristickými vlastnostmi čerstvé betonové směsi, která se používá pro výrobu tzv. samozhutnitelných betonů, jsou tedy zejména vysoká pohyblivost, přiměřená viskozita, nízká náchylnost k segregaci frakcí kameniva, odpor vůči rozměšování, schopnost dostatečně obalit výztuž bez potřeby zhutnění nebo také odolnost proti blokování pohybu zrn plniva výztuží. [9] Ke kontrole vlastností betonu určeného k výrobě SCC byla vyvinuta celá řada speciálních měřících metod a zařízení. Ty jsou popsány v kapitole „Klasifikace čerstvé betonové směsi na výrobu SCC)“.

Mezi další výhody této technologie rozhodně patří zkrácení doby výstavby, snížení počtu pracovníků, snížené nároky na vybavení pro betonáž, snížení hlučnosti anebo úspora energie. Všechny tyto výhody souvisejí s odpadnutím hutnění a tím pádem s absencí energeticky náročné a hlučné zhutňovací techniky. Dále jsou zde i výhody z hlediska životního prostředí, zejména možnost využít jako mikroplniva těžko recyklovatelné materiály jako popílky a strusky. V neposlední řadě jsou u této technologie i výhody ekonomické, kdy finanční úspora u konstrukcí postavených touto technologií, dosahuje podle odhadů mezi 5 až 15 procenty.

Jako nevýhoda se však jeví zvýšené požadavky na bednící systémy, zejména zvýšené nároky na jeho těsnost a schopnost odolávat tlakovým působením, které jsou podstatně vyšší než u běžné betonáže obyčejným betonem. Dále musí být kladen větší důraz na technologickou kázeň při ošetřování betonu během jeho tuhnutí a tvrdnutí.

Realizace konstrukcí ze samozhutnitelného betonu

V Japonsku se samozhutnitelný beton (SCC) používá při výstavbě mostů, budov i tunelů již od začátku devadesátých let minulého století. Na přelomu tisíciletí se tato technologie rozšířila i v Evropě. Ve Spojených státech amerických byl vzestup technologie využívající SCC pomalejší, ale v současnosti je na tamních stavbách používána stejně hojně jako na stavbách v Evropě. V následujících odstavcích jsou představeny některé z realizací.

Ve světě

Akashi Kaikyo Bridge , Japonsko

Jeden z nejznámějších příkladů využití samozhutnitelného betonu je tento monumentální most. Jedná se o japonský největší visutý most o rozměrech polí 960, 1991 a 960 metrů. SCC byl použit při betonáži silně armovaných prvků, jako jsou například obrovské kotevní patky. V těch patkách jsou kotveny hlavní kabely nosného systému, které tvoří 290 x 127 drátových lan. V receptuře SCC bylo použito kamenivo o maximálním zrnu 40 mm a betonová směs byla od míchačky na stavbu dodávána 200 m dlouhými rourami. [9]

Zásobník na kapalný zemní plyn, Osaka, Japonsko

Na této stavbě bylo využito samozhutnitelného betonu při stavbě konstrukční části zásobníku na kapalný zemní plyn. Na stavbu bylo použito 12 000 m^3 betonu a díky absenci vibrování betonu a snadnému ukládání betonové směsi do bednění byla konečná doba výstavby 18 měsíců, namísto původně plánovaných dvou let. Dále byl drasticky redukován počet potřebných pracovníků, a to ze 150 na 50. [8]

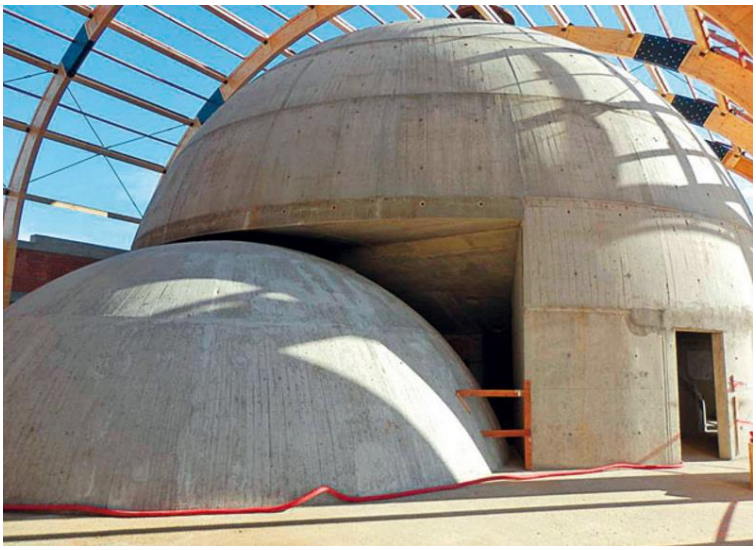
Trump Tower, USA

Příkladem využití SCC při výstavbě výškových budov je nejvyšší betonová budova světa – Trump International Hotel and Tower v americkém Chicagu. Při stavbě devadesáti dvou patrové budovy byl pro nosné konstrukce použit samozhutnitelný beton o pevnosti 110 MPa s konzistencí odpovídající stupni F5. Z důvodu snížení hydratačního tepla obsahuje směs jak portlandský, tak struskový cement, popílek a křemičité úlety. Dále směs obsahuje plastifikátory, superplastifikátory, zpomalovače, a i přísady prodlužující zpracovatelnost. Prodloužená zpracovatelnost byla výhodou i proto, že beton byl čerpán až do výšky 200 m. [10]

V České republice

Kopule planetária, Plzeň

V roce 2013 byla realizována stavba nosné konstrukce kopulí planetária a virtuária v Techmania Center v Plzni. Kopulo obou objektů jsou do sebe vklíněny tak, že větší kopule částečně překrývá kopuli menší. V důsledku složitého tvaru konstrukce a nutného výrazného vyztužení byl použit vysoce tekutý samozhutnitelný beton o pevnosti v tlaku 33 MPa a stupni konzistence F7. Jako první byla odlita kopule planetária o průměru 11 metrů a s tloušťkou stěny 150 mm. Na stavbu menší kopule bylo použito 25 m^3 betonu. Při stavbě druhé kopule, o průměru 17,5 metru a tloušťce stěny 200 mm, bylo zpracováno 130 m^3 betonu. Pro bednění těchto složitých tvarů bylo použito pouze jedné sady oboustranného bednění, která se po odbednění dílčího celku upravila na požadovaný rozměr a znovu zabudovala. [11]



Obrázek 7 - planetárium a virtuárium Plzeň [11]

2.1.3. Zděné konstrukce

Mezi zdicí prvky se zahrnují pálené cihly plné či vylehčené, nepálené cihly plné či vylehčené, vápenopískové cihly, betonové tvárnice s hutným nebo lehkým kamenivem, cihelné dutinové bloky, pórobetonové tvárnice, kamenné kvádry, tvárnice na suché zdění a bednící dřevocementové tvárnice. V následujících kapitolách jsou popsány ty nejpoužívanější z nich.

Plná pálená cihla

Jeden z nejstarších stavebních materiálů vůbec, plná pálená cihla, se dnes ve stavebnictví pro stavbu nosných obvodových zdí skoro nepoužívá. Je to důsledkem jak stále se zvyšujících požadavků na tepelnou izolaci, tak časovou náročností této technologie. K výrobě pálených cihel se používá natěžená cihlářská hlína. Po jejím vytěžení se musí hlína čistit, aby se odstranily nečistoty, které by měly mohly mít za následek praskání pálených cihel. Po vyčištění se k hlíně přidají pomocné látky, jejichž úkolem je zlepšit výsledné vlastnosti cihly (např. nižší objemová hmotnost, lepší tepelněizolační vlastnosti). Následně se směs drtí, lisuje, protlačuje na formu a nařezává. Poté nastává fáze sušení, při které se směs během několika dní zbavuje vlhkosti. Po dosažení požadované vlhkosti je na řadě fáze vypalování. To se odehrává ve speciální vypalovací směsi za teploty okolo 900 °C. [12] Dnes se plné pálené cihly ve většině případů používají jako příčkové či výplňové zdivo. Díky jejich vzhledu často slouží i jako dekorativní prvek v interiéru. Klasické rozměry plné pálené cihly jsou 290x 140x65 mm a váha cihly je 5 kg.

Obrázek 8 - cihla plná pálená [13]

Cihelné dutinové bloky

V současné době nejpoužívanějším páleným stavebním materiálem pro stavbu nosných obvodových zdí, jsou dozajista moderní cihelné tvárnice. Jejich nejvýraznější vzhledovou charakteristikou je děrování. Tyto vzduchové mezery zvyšují tepelný odpor zdiva čímž zlepšují tepelně izolační vlastnosti materiálu a zároveň výrazně snižují hmotnost. Díky tomu je manipulace s tvárnicemi snazší a rychlost výstavby touto technologií rychlejší. Tvary, provedení i velikost vzduchových mezer je v podstatě u každého výrobce jiná. Moderním trendem jsou tvárnice, jejichž vzduchové mezery jsou vyplněny tepelnou izolaci. Tyto tvárnice v sobě kombinují výhody keramické cihly (pevnost, únosnost) s výhodami anorganické izolace (tepelná ochrana, difuze vodních par). Cena těchto tvárnic je v porovnání s obyčejnými tvárnicemi samozřejmě vyšší. Uvážíme-li ale fakt, že stěna z cihel plněných vatou o tloušťce 36,5 cm má srovnatelné tepelně izolační vlastnosti jako stěna z cihelných bloků o tloušťce 24 cm zateplená izolantem o tloušťce 18 cm [14], nezdají se pořizovací náklady zas tak vysoké

Obrázek 9 - tvárnice HELUZ [15]

Obrázek 10 - tvárnice HELUZ 2in1 [14]

Pórobetonové tvárnice

Jedná se o lehký pórovitý stavební materiál, jehož základem je lehký beton. V zásadě se rozlišují dva základní typy pórobetonu. Prvním je pórobeton bílý, ten se vyrábí z jemně mletého křemičitého písku, cementu, vápna a dalších příměsí. Druhým je šedý pórobeton, který se ve výrobě liší tím, že jednou z jeho složek je popílek. Ostatní složky jsou obdobné, tedy cement, vápno a další příměsi. Podle metody dosažení pórovité struktury tento materiál dále rozdělujeme na plynobeton, plynosilikát a pěnobeton. Plynobeton je pórobeton, kde je pojivem cement a vylehčení se dosahuje plynem, který je výsledkem chemické reakce mezi cementovou směsí a vloženého hliníkového prášku. U plynosilikátů je struktura dosažena obdobně jako u plynobetonů, ale s tím rozdílem, že pojivem celé směsi je vápno. Posledním typem je pěnobeton, kde je opět pojivem cement, avšak vylehčení je provedeno vmícháním pěnotvorných přísad. [12] Tvárnice z tohoto lehkého a vylehčeného betonu se vyznačují výbornými tepelně izolačními parametry, dále poměrně dobrou pevností v tlaku či schopností přirozeně regulovat vlhkostní mikroklima v interiéru. Nejvýraznější výhodou je však jejich váha, čímž je docíleno velmi snadné manipulace a práce s tímto materiálem je fyzicky nenáročná. Materiál je vhodný pro stavbu nejen nosných konstrukcí, neboť celý systém pórobetonových prvků obsahuje tvárnice, příčkovky, překlady, stropní nosníky i stropní vložky.

Obrázek 11 - pórobeton Ytong [12]

Betonové zdicí prvky

Dalším často používaným materiálem jsou betonové tvárnice. Tyto stavební prvky jsou vyráběny z klasického betonu, jehož výrobní proces je popsán v kapitole 2.1.1 Železobeton (Konvenční monolit) – část Beton. Na trhu je široká škála sortimentu od klasických plných či dutých cihel po tvarovky pro nosné konstrukce. Nejčastěji se používají jako ztracené bednění při betonáži základ, jako primární prvky konstrukce nosných stěn či jako plotové prvky, kde přebírají funkci základu. Jejich jasnými výhodami jsou pevnost v tlaku a trvanlivost. Nevýhodami jsou tepelně izolační charakteristiky a váha jednotlivých stavebních prvků, která značně ztěžuje manipulaci a celkově práci s nimi. Problém s tepelně izolačními vlastnostmi se dá řešit betonovými tvárnicemi s integrovanou tepelně izolační vrstvou z polystyrenu. U těchto tvárnic se rozlišují tvárnice přímé a tvárnice rohové. Díky tomu nedochází ke vzniku tepelných mostů v rozích obvodových konstrukcí. [12]

Obrázek 12 - cihla plná betonová [12]

Obrázek 13 - zateplené betonové tvarovky [12]

2.1.4. Přírodní stavební materiály

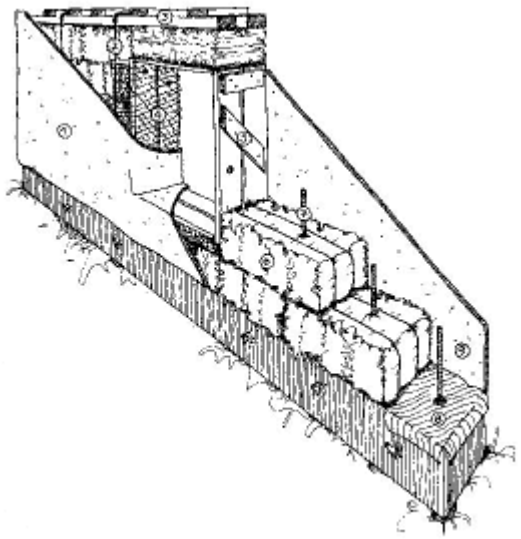
Dřevo

Jedním z tradičních obnovitelných přírodních zdrojů stavebních materiálů je dřevo. Použití dřeva na nosné konstrukce domů je dáno jak historickým vývojem, tak výskytem jehličnatých lesů. Z těchto důvodů je v zemích jako Kanada, USA, Japonsko či v celé Skandinávii postaveno 50-90 % bytových domů právě ze dřeva. V České republice se množství takto konstruovaných bytových domů pohybuje mezi 2 až 3 % z celkového počtu. [16] Konstrukce dřevěných rodinných domů se dá provést hned několika způsoby. Nejstarším, ale stále oblíbeným řešením je srubová konstrukce. Jedná se o stavby vybudované vodorovným kladením v rozích překřížených kulatin. Moderní dřevostavby jsou založeny na kombinaci dřevěné skeletové konstrukce s deskami tepelné izolace vyplňující prostor mezi sloupky rámové konstrukce. Další možností je prefabrikace celostěnových panelů, které se následně velice rychle smontují na stavbě.

Obrázek 14 - dřevěná rámová konstrukce [17]

Sláma

Nosné konstrukce ze slámy jsou kombinovány se silnostěnnými hliněnými omítkami, které přebírají část statické zatížení. Masivní balíky slámy musejí být spojeny kolíky, závitovými tyčemi či táhly, tak aby mohly být fixovány k základové konstrukci a nedocházelo k jejich vybočení. Výstavba je však spojena se značnou požadovanou znalostí a zkušenostmi s touto technologií. V důsledku toho je i pracnost a časová náročnost poměrně vysoká, což má často za následek i zvyšující se výslednou cenu stavby. Použití slámy v kombinaci s nosným dřevěným skeletem je jednodušší a z toho důvody i častější. [18] Ve výsledku se jedná o dřevostavby, kde sláma nahrazuje minerální vatu a přebírá její funkci tepelné izolace.



Obrázek 15 - konstrukce s nosnou slámou [18]

Hlína

Hlína ve světovém měřítku patřila a stále patří k nejrozšířenějším stavebním materiálům. V současné době je zejména používána v chudých afrických rozvojových zemích. Na území České republiky byly v minulosti nejvíce používány nepálené hliněné cihly, pro které se vžilo označení "vepřovice". Jako materiály pro jejich výrobu se používá hlína, voda, vápno, sláma, plevy, písek či chlévská mrva. Nejvhodnější hlínou pro výrobu cihel je hlína jílovitá, která vyniká svojí vazností. Po dosažení správné konzistence se směs uloží do forem a nechá vyschnout na slunci. Při výrobě moderně tvořených nepálených cihel hraje velikou roli i značný lisovací tlak a vakuum. Díky použití těchto technologií dosahuje pevnost cihel obdobných hodnot jako cihel pálených. Jak ukázalo měření v akreditované laboratoři TAZÚS v Brně, při kterém dosáhla pevnost cihly (o půdorysných rozměrech 250x120 mm) 8 MPa. [19]

Obrázek 16 - nepálená cihla HELUZ [19]

2.2.Konstrukce a technologie výstavby rodinných domů

Při provádění betonových a železobetonových konstrukcí je vždy potřeba nejprve postavit pomocné konstrukce, která se následně vyplní železnou armaturou a betonem. Tyto konstrukce se nazývají „bednění“ a je jich hned několik druhů. Prvním druhem je ztracené bednění, které se plně zabuduje do konstrukce, dále to jsou bednění jednorázová (bez dalšího použití), málo obrátková bednění a nejuniversálnější bednění systémová. Při stavbě systémových bednění se užívají další pomocné konstrukce jako jsou lávky či zábradlí. U stavby z pálených cihelných bloků se také používají pomocné konstrukce, a to lešení. Technologie bednění svislých i vodorovných prvků systémovým bedněním se dá rozdělit na dvě varianty. První je bezjeřábová technologie a druhou technologie jeřábová.

Bezjeřábová technologie

U bezjeřábové technologie je postup následující. Nejprve se přiveze bednění na stavbu, následuje transport bednění po stavbě a posledním krokem je ruční budování formy na místě budoucích svislých prvků. Důležitým kritériem u této technologie je váha jednotlivých prvků bednění, která musí být přijatelná pro ruční manipulaci a následné odbednění. [20]

Jeřábová technologie

Postup jeřábové technologie stavby lešení je částečně podobný s technologií bezjeřábovou. Také je prvním krokem transport bednění na stavbu, následuje však předmontáž bednění na stavbě a až poté je předmontované bednění transportováno na místo určení. Následuje budování formy bednění pomocí jeřábu. I odbednění se provádí pomocí jeřábu. [20]

2.2.1. Monolit – systémové bednění svislých konstrukcí

Stěnové rámové bednění

Pro bednění svislých konstrukcí se nejčastěji používá stěnové rámové bednění. Díky své univerzálnosti se dá použít jak na základové konstrukce, tak na stěny a pilíře. Hlavními konstrukčními prvky rámového bednění je samotný panel, ten je tvořen ocelovým či hliníkovým rámem a bednící deskou. Bednící deska je ve většině případů tvořena mnohovrstvou překližkou, která je potažena fenolovou pryskyřicí. Velikosti panelů jsou navrhovány podle daného rastru tak, aby se daly jednotlivé prvky bednění kombinovat, nastavovat či zaměňovat. Jednotlivé panely se navzájem spojují pomocí spojovacích materiálů jako jsou zámky, klipy nebo spojky. Tyto materiály mají hned tři úkoly. Panely navzájem pevně spojit v celek, který dokáže přenést veškeré práce prováděné při ukládání betonové směsi a umožnit přenášet veliké sestavy bednění jeřábem. Dále musí bednění dokonale utěsnit, aby při betonáži nedocházelo k vytékání cementového mléka. A také srovnávají bednění, tak aby vybetonované konstrukce byly

co možná nejrovnější a výsledná plocha bez výrazných zlomů. Vodorovné tlaky jsou eliminovány rádlováním (táhla, matice). Jako táhla se používají buď tyče o průměru 15 mm a únosností až 90 kN nebo tyče o průměru 26 mm s únosností až 250 kN. [21]

Obrázek 17 - PERI rámové bednění [21]

Stěnové nosníkové bednění

Jedná se o druhou variantu systémového bednění svislých stěn. Většinou je však navrhováno a vyráběno na konkrétní konstrukce. Dílce bednění se montují z dřevěných příhradových či plnostěnných vazníků. Nosníky jsou k sobě připojeny ocelovými závorami a z druhé strany je připevněna bednící deska. Ta je obdobná jako u bednění rámového. Jednotlivé dílce se poté spojují také podobně jako u rámového bednění, a to pomocí spojek a táhel.

Obrázek 18 - PERI nosníkové bednění [21]

2.2.2. Monolit – systémové bednění vodorovných konstrukcí

I zde můžeme rozdělit konstrukci systémového bedněni na dva typy – panelové a nosníkové.

Stropní nosníkové bednění

Konstrukčními prvky jsou betonářské desky, nosníkový rošt a podpěrné stojky. Desky se vyrábějí z vícevrstvé překližky potažené ochranným postřikem nebo ze třívrstvé desky potažené oboustranně melaninovou pryskyřicí. Nejčastější tloušťka desky je 21 mm. Nosníkový rošt je tvořen dvěma vrstvami dřevěných nosníků, kdy dolní nosníky jsou umísťovány kolmo k horním a jejich rozteče závisí na únosnosti a velikosti přenášeného zatížení. Podpěrné stojky podpírají spodní vrstvu dřevěných nosníků a přebírají tak veškeré zatížení. Vyrábějí se z oceli a jsou výškově nastavitelné. Avšak s výškou vysunutí klesá jejich únosnost. Ta se pohybuje od 20 do 40 kN. [21]

Obrázek 19 - PERI nosníkové bednění (21)

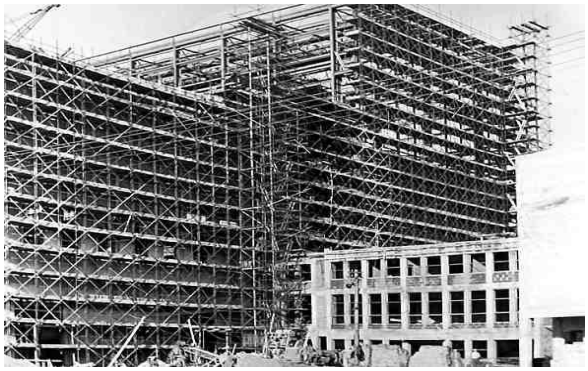
Stropní panelové bednění

Hlavními konstrukčními prvky panelového bednění jsou panely, nosníky, hlavy, stojky a krycí lišty. Panely vytváří tvar bednění a jsou v přímém kontaktu s čerstvou betonovou směsí. U panelů je důležitým faktorem jejich váha, která by měla být přijatelná pro jejich ruční montáž a demontáž. Jsou tvořeny hliníkovým ráme a vícevrstvou deskou. Nosníky slouží jako podpora panely, které se do nich ukládají a nosníky jsou podepírány stojkami. Stojky se používají stejné jako u nosníkových systémů. Stropní hlavy slouží pro uložení panelů na stojky. Existuje i systém s tzv. padacími hlavami, které umožňují odbednění konstrukce za výrazně kratší dobu. Průměrně již po 2 až 5 dnech.

2.2.3. Zděné konstrukce – dočasné stavební konstrukce

Trubkové lešení

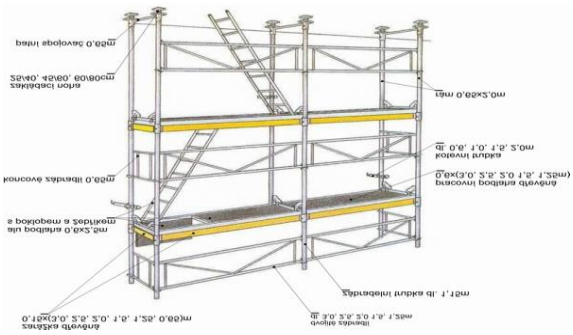
Jedná se o lešení sestavené z ocelových a z dřevěných částí. Ocelovými částmi jsou trubky o průměru 48,3 mm, spojky a nánožky. Konstrukce je po smontování doplněna prvky dřevěnými, kterými jsou podlážky, žebříky a okopová prkny. Ke stabilizaci konstrukce se používají různé kotevní prvky. Lešenářské trubky mají základní délky 2, 4 a 6 metrů díky čemuž montáž trubkového lešení umožňuje vysokou variabilitu a překonání výškových a stranových nerovností. Stavba této dočasné stavební konstrukce je však velice časové náročná a pro její montáž je nutná kvalifikovaná, řádně proškolená, pracovní síla. [22]



Obrázek 20 – trubkové lešení [23]

Rámové lešení

Rámové lešení je moderní varianta lešení. Jedná se o modulový systém o délce modulu od 1,25 do 3 metrů. Je tvořeno základními nohami, rámy o rozměrech 0,65 x 2 m, dřevěnými pracovními podlahami, podlahami s poklopem a žebříkem, dřevěnými zarážkami, zábradelními trubkami, koncovými a dvojitými zábradlími. Kotvení k objetu je řešeno obdobně jako u lešení trubkového, pomocí kotevní trubky. Výhodná je rychlost výstavby rámového lešení a nízká váha jednotlivých konstrukčních prvků. Na nerovném terénu může být problematické založení lešení pomocí šroubovacích noh.



Obrázek 21 – rámové lešení [24]

HAKI lešení

Dalším typem systémového lešení je HAKI lešení. Modul šířky jednoho pole je 3 metry a nelze ho měnit. Konstrukčními prvky jsou sloupky, příčníky, podélníky, zábradlí, podlážky, ztužující prvky a zakládací patky. Při dodržení všech předepsaných postupů, hlavně co se kotvení týče, lze HAKI lešení stavět až do výšky 90metrů.

Obrázek 22 – HAKI lešení [25]

Pojízdné lešeňové věže

Specifickou dočasnou stavební konstrukcí jsou pojízdné lešeňové věže. Díky nohám s kolečky je možné provádět nenáročné práce na poměrně velkém prostoru. Zbytek konstrukce je obdobný jako u lešení rámového. V interiéru se dají použít například při provádění natěračských prací a v exteriéru při údržbě objektu či mytí oken.

Obrázek 23 – lešeňová věž [26]

2.3.Ekonomické a časové nástroje sledování průběhu stavby

2.3.1. Propočet

Propočtem stavby se rozumí předběžný, a tím pádem **orientační** „rozpočet“ stavby, který je zpracováván ve většině případů v předprojektové fázi stavby. Předběžná cena je určena především na základě předpokládaného rozsahu účelových měrných jednotek – objemových, plošných nebo délkových. Nástrojem využívaným při samotné tvorbě propočtu stavby jsou „Cenové ukazatele ve stavebnictví“ pro příslušný rok. Tyto cenové ukazatele vytváří společnost RTS, a.s. již od roku 1991. Při jejich tvorbě využívá dlouhodobých statistik cen staveb a stavebních objektů. [27] Je nutné si uvědomit, že tyto ukazatele jsou průměrnou hodnotou na zvolenou měrnou jednotku odpovídající danému druhu stavby (zděné, monolitické atd.). Z toho plyne, že odchylka skutečné budoucí ceny od propočtu podle cenových ukazatelů může být u konkrétních staveb poměrně veliká. V závislosti na technické a technologické náročnosti realizace konkrétního projektu a podle standardu, případně nadstandardu, jeho vybavení může odchylka dosahovat zcela běžná i $\pm$ 15 %. [28] Předběžný propočet se vytváří, jak už bylo uvedeno, v předprojektové fázi projektu, a to konkrétně v okamžiku, kdy už má klient jasný záměr a je nucen určit předběžné náklady stavby. Zejména za účelem zajištění financování či pro ujištění, že náklady stavby korespondují s jeho finančními možnostmi. Pokud klient není s výsledkem propočtu spokojen, může svůj investorský záměr ještě změnit.

Propočet na prodejnu LIDL(ceny bez DPH)

Projektové a průzkumné práce	4 235 309 Kč
Provozní soubory	1 155 504 Kč
Stavební objekty,stroje,zařízení a inventář investiční povahy	45 056 484 Kč
Umělecká díla	0 Kč
Náklady na umístění stavby	2 252 825 Kč
Ostatní náklady neuvedené v jiných hlavách	neřešilo se
Rezerva	4 505 650 Kč
Jiné investice	10 935 450 Kč
Náklady hrazené z provozních prostředků	1 361 114 Kč
CNS	**69 502 336 Kč**

Obrázek 24 - příklad propočtu [29]

2.3.2. Položkový rozpočet

Položkový rozpočet je vyjádřením jednotlivých stavebních, řemeslných či montážních prací doplněných jednotkovými cenami za měrnou jednotku těchto prací, dodávkami a konečnými cenami za každou konkrétní položku včetně rekapitulace stavebních oddílů, které specifikují jednotlivé druhy prací a souhrnné ceny díla. [28] Základním podkladem pro tvorbu položkového rozpočtu je výkaz výměr. Na základě tohoto dokumentu je stavba prováděna a fakturována. Jedná se o nástroj, který je určen pro provedení výpočtu množství zadané položky. Na základě projektové dokumentace přesně udává množství jednotlivých položek stavebních prací, to znamená, že udává číselný kód položky, popis položky a výpočet množství. Vytvoření výkazu výměr je časově nejnáročnější částí tvorby položkového rozpočtu a jeho kvalita závisí na kvalitě poskytnuté projektové dokumentace. Samotné doplnění jednotkových cen provádíme pomocí cenové základny ÚRS, a.s. či na základě individuální kalkulace. Položkový rozpočet bez doplněných cen se nazývá „Slepým rozpočtem“, který se používá při oslovování konkrétních stavebních firem, aby jej ocenily.

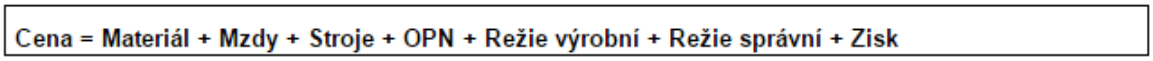
Položkový soupis prací a dodávek

Č	Položka	Název	množství	MJ	cena / MJ	celk. cena	celk. hmot	D %
	3 Svislé a kompletní konstrukce					275 734,95	12,38	
1	342261111RT1	Příčka sádrokarton. ocel.kce, 1x opláš. tl. 75 mm, desky standard tl. 12,5 mm, izolace Orsil tl. 5 cm	82,48	m2	627,00	51 714,96	2,79	0
2	342264051RT3	Podhled sádrokartonový na zavěšenou ocel. konstr., desky standard impreg. tl. 12,5 mm, bez izolace	16,71	m2	517,00	8 639,07	0,35	0
3	342265122RV1	Úprava podkroví sádrokarton. na ocel. rošt, š kmá, desky standard tl. 12,5 mm, izol. Orsil tl. 22 cm	117,66	m2	982,00	115 542,12	3,53	0
4	342265132RV1	Úprava podkroví sádrokarton. na ocel. rošt vodor., desky standard tl. 12,5 mm, Orsil tl. 22 cm	64,7	m2	929,00	60 106,30	2,01	0
5	61173191	Dveře vchodové celokazetové 90x197 cm model K	2	kus	8 290,00	16 580,00	0,08	0
6	314100020RAA	Oprava komína z CP, zbourání a zřízení nového, 2 průduchy, vložky Schiedel, krycí deska,spárování	4,5	m	5 145,00	23 152,50	3,62	0

Obrázek 25 - příklad položkového rozpočtu [30]

2.3.3. Individuální kalkulace

Jedná se o druh doplnění jednotkových cen do výkazu výměr při tvorbě položkového rozpočtu. Podstatou této kalkulace je přesně zajištění, materiálových, pořizovacích a mzdových nákladů, stejně tak jako nákladů vynaložených zhotovitelem na zajištění potřebných strojních zařízení a mechanizace pro vykonání konkrétního druhu práce. U materiálových nákladů je důležité přesně definovat skladbu a potřebné množství materiálů konkrétní rozpočtové položky a zjistit aktuální ceny či možnosti získání slev. U nákladů pořizovacích dokážeme určit konkrétní odběrná místa materiálu a podle vzdálenosti tohoto konkrétního odběrného místa od staveniště přesně vypočítat náklady na dopravu. Při stanovení mzdových nákladů je nutné sledovat skutečné sazby za konkrétní práce a zohlednit i pomocné práce, jako je například vnitrostaveništní přesun hmot a úklid. Další výraznou položkou jsou náklady na stroje. Tato složka ceny obsahuje náklady vynaložené zhotovitelem na zajištění nutných strojů a mechanismů pro vykonání určitého druhu práce. Z hlediska dostupných podkladů představuje nejslabší článek ceny, protože údaje o spotřebě času stroje pro provedení určité práce nejsou vždy k dispozici a pomocné údaje jsou již velmi zastaralé. Doposud se používají strojohodiny uvedené ve sbornících potřeb a nákladů. [31] Následuje výpočet ostatních přímých nákladů, režijních a správních nákladů a zisku. Výsledná cena je pak součtem všech těchto nákladů.

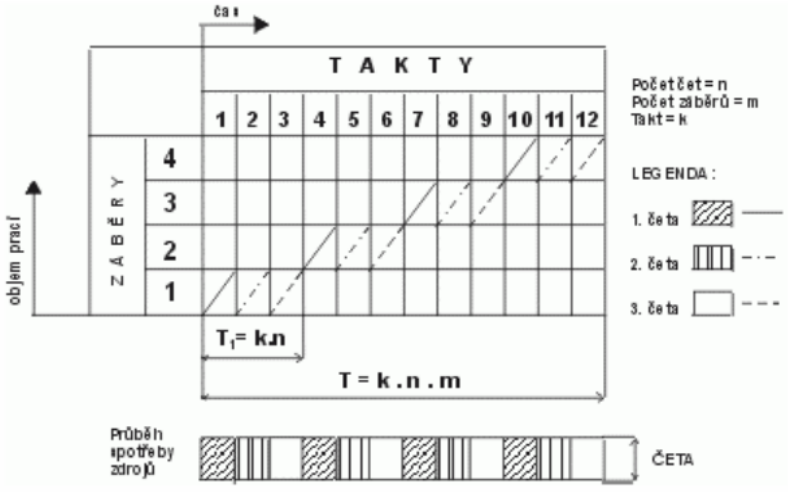


Obrázek 26 - kalkulační vzorec [31]

2.3.4. Nástroje pro sledování spotřeby času

Časoprostorový graf

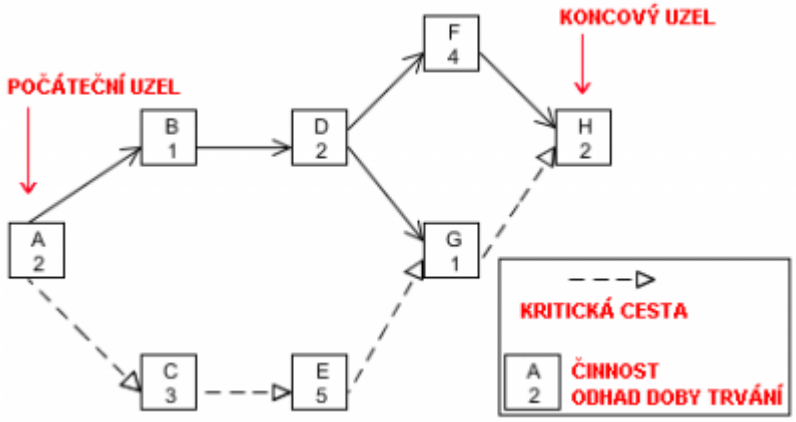
Časoprostorové grafy (dříve označovány jako cyklogramy) umožňují plánovat činnosti nejen v čase ale i v prostoru. Je z nich možné zjistit, kde se kterákoliv skupina provádějící plánované činnosti nachází v určitém období výstavby. Díky tomu je nám umožněno důsledněji promýšlet sled plánovaných činností, účelně stanovovat přestávky a složení pracovních skupin. Časoprostorové grafy člení plánované činnosti na záběry a takty. Kde záběr je definován jako technologicky uspořádaný dílčí celek plánovaného procesu. Takt je potom doba trvání práce na jednom záběru. Takto nadefinované základní prvky umožňují plánovat činnosti mnoha metoda práce. Jako je například metoda postupová, souběžná či metoda proudová. Postupová metoda se používá v případech, kdy se plánované činnosti nedají provádět současně na více záběrech. Souběžná metoda se naopak používá u případů, kdy je možné pracovat současně na všech záběrech. Proudová metoda stavění se používá tam, kde je možnost práce na více záběrech současně a je dostatečný počet opakujících se činností. [32]



Obrázek 27 - cyklogram – postupová metoda [32]

Síťové diagramy

Další metodou plánování jsou síťové grafy. Ty sice nezobrazují postup plánovaných činností v časovém měřítku jako časoprostorové grafy nebo harmonogramy, ale zobrazují vzájemné vazby mezi činnostmi a tím pádem umožňují zjistit časové rezervy. Základními prvky síťových grafů jsou činnosti, uzly a fiktivní činnosti. Činností se rozumí ucelená část projektu, která spotřebovává určitou kapacitu a rozvíjí se v určitém čase. Každá činnost musí být zahájena svým počátečním uzlem a uzavřena svým koncovým uzlem. Fiktivní činnost je vyjádření určité závislosti nebo podmínky realizace další činností. Tato činnost nemá nárok na čas ani prostředky, a proto je označována jako „fiktivní“ a v grafu je znázorněna přerušovanou čarou. [32]



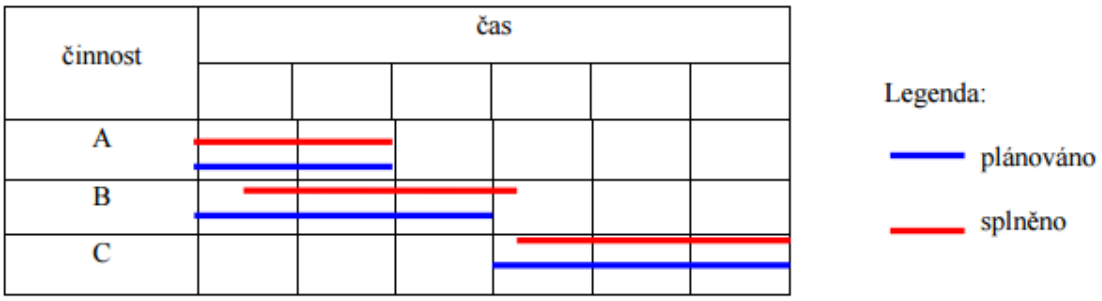
Obrázek 28 - síťový graf CPM [32]

Ganttovy diagramy

Jedná se o horizontální úsečkový diagram, kde jsou graficky znázorněny vztahy mezi jednotlivými kroky projektu. Dolní část diagramu je tvořena časovou osou, kde jsou vyznačeny určené časové jednotky (dny, týdny, měsíce, roky). Každá činnost je poté v grafu znázorněna úsečkou o délce, která odpovídá době jejího provádění. Je výhodný pro jednodušší projekty, kde poskytuje možnost udělat si představu o celkovém času potřebném k realizaci projektu. U velkých projektů není vhodný, protože se do něj obtížně zanášejí vzájemné souvislosti mezi činnostmi. [33]

Harmonogram

Jedná se o hlavní výstup procesu řízení času. U výstavbových projektů je k dispozici mnoho harmonogramů, které mají hierarchickou strukturu. Na té nejvyšší úrovni zpracovává vlastník řídící harmonogram celého projektu. Ten obsahuje všechny hlavní činnosti od zahájení projektu po kolaudaci. Vlastní stavební činnost je rozdělena na několik dílčích milníků, které jsou požadovány po dodavateli stavby stejně jako konečné předání stavby. Pro dílčí činnosti lze vypracovat detailní harmonogramy. Ty slouží hlavně ke zjišťování průběhu provádění činností, ale neopravňují vlastníka k akci proti dodavateli, při nedodržení vymezeného času. Při tvorbě harmonogramu je nejdůležitějších pět dílčích procesů. Nejprve se definují dílčí činnosti, na které se celý projekt rozpadá. Následně se stanoví vazby mezi činnostmi. Určí se, která činnost předchází a která následuje. Ve třetím kroku se pro každou činnost určí předpokládaná doba jejího trvání. Z výše uvedených informací se poté sestaví časový harmonogram. Posledním, pátým, procesem je řízení harmonogramu. Při tomto procesu se sledují odchylky od původně navrženého harmonogramu a harmonogram se aktualizuje. [33]



Obrázek 29 - ukázka harmonogramu [33]

2.4.Popis referenčního objektu

Jedná se o středně veliký rodinný dům se dvěma nadzemními podlažími a žádným podlažím podzemním o celkové obytné ploše 103,76 m^2. V prvním podlaží se nachází předsíň, technická místnost, kumbál pod schody, koupelna s WC a hlavní obytná plocha domu, kterou je obývací pokoj spojený s kuchyní. Ve druhém podlaží se nacházejí tři pokoje o shodných půdorysných rozměrech a druhá koupelna. Spojení obou podlaží je provedeno mocí trojramenného schodiště. Ukázkové půdorysy se nacházejí v Příloha 1 – BP – ukázkové půdorysy.

3. CÍLE

Cíl 1

Navrhnout tři materiálové varianty provedení jak svislých, tak vodorovných nosných konstrukcí.

Cíl 2

Vybrat a navrhnout technologické řešení se zaměřením na systémová bednění u varianty železobetonové a varianty ze samozhutnitelného betonu. Dále vybrat a navrhnout technologické řešení stropů u varianty z pálených konstrukčních prvků

Cíl 3

Ekonomicky posoudit tři varianty výstavby hrubé vrchní stavby, zejména pomocí položkových rozpočtů jednotlivých variant a jejich následného porovnání.

Cíl 4

Na základě vypočítaných časových náročností a vytvořených časoprostorových grafů časově posoudit jednotlivé varianty.

4. VLASTNÍ VÝSLEDKY

4.1. Klasický železobeton

První variantou výstavby referenčního objektu je varianta s použitím technologie klasického železobetonového monolitu.

4.1.1. Materiály

Svislé nosné konstrukce

Ve svislých nosných konstrukcích bude použit beton C25/30 v kombinaci s betonářskou výztuží. Ta bude tvořena ocelí třídy 10 s mezí kluzu v přibližném rozmezí 200–500 MPa, která byla válcována za tepla.

Vodorovné nosné konstrukce

Vodorovná nosná konstrukce je také navržena jako železobetonová. Její tloušťka byla podle empirického vzorce stanovena na 160 mm. Použitý beton i materiál výztuže je shodný s konstrukcemi svislými.

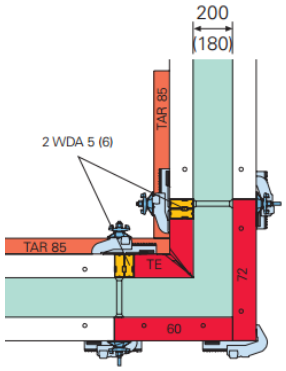
$$h = \frac{L}{20} - \frac{L}{25} = \frac{3{,}75}{20} - \frac{3{,}75}{25} = 0{,}1875 - 0{,}15 \Rightarrow Navrhuji\ tloušťku\ 0{,}16\ m$$

Stručný popis průběhu realizace

Prvním krokem realizace svislých nosných konstrukcí je jejich vytyčení. Následně se provede bednění vnější strany budoucí stěny. Jednotlivé dílce bednění se sestaví dle výkresu bednění, který se nachází v Příloha 2 – BP – varianta ŽB – výkres bednění. Dalším krokem je armování nosných stěn, u kterého se dbá na správné rozmístění jednotlivých prutů a na umístění distančníků, které zajišťují dostatečnou krycí vrstvu výztuže, tak aby nemohlo dojít k narušení výztuže externími vlivy. Následuje bednění druhé strany bednícího systému a spnutí pomocí spínacích tyčí. Následuje samotná betonáž, a to do výšky 2,7 m. Po odbědnění svislých nosných konstrukcí se realizuje bednění konstrukcí vodorovných. Dalším krokem je armování a následná betonáž stropu. Po technologické přestávce je celý proces opakuje.

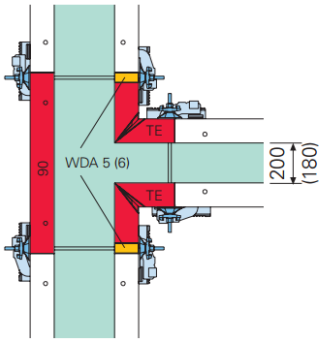
4.1.2. Konstrukce a technologie

Bednění svislých konstrukcí bude tvořeno systémovým bedněním TRIO od společnosti PERI. Budou použity dílce šířky 2,4 m, 1,2 m, 0,9 m, 0,6 i 0,3 m. Při bednění rohů budou použity dílce o šířce 0,72m. Všechny dílce bednění použité mimo v ploše budou mít výšku 2,7 m. Po betonáži do výšky 2,7m se konstrukce odbední a bude následovat bednění stropu. Při bednění rohů objektu budou na vnější straně použity bednící dílce o šířce 0,72 a 0,6 m. Bednění vnitřního rohu bude tvořit rohový kus o šířce ramene 0,3m. Aby došlo k přesnému srovnání bednících dílců bude rohový kus na každé straně "prodloužen "o 10 cm pomocí dvou bednících kusů WDA(5). Bednění rohu je znázorněno na schématu společnosti PERI.



Obrázek 30 - Bednění rohu objektu

Bednění napojení obvodových zdí na zdi vnitřní je vytvořeno, na vnější straně, pomocí bednícího kusu o šířce 0,9 m a na vnitřní straně pomocí dvou rohových kusů a dvou bednicích kusů WDA 5. Konstrukce je znázorněna na obrázku - opět od společnosti PERI. Celkový výkres bednění obou podlaží se nachází v již zmíněné příloze.



Obrázek 31 - Bednění napojení stěn

Bednění vodorovných konstrukcí je navrženo jako systémové, a to od společnosti DOKA. Z návrhových tabulek výrobce byly na základě navržené tloušťky stropní desky odvozeny osové vzdálenosti sekundárních a primárních nosníků, stejně tak jako vzdálenosti podpěr.

Tabulka 6 - návrhová tabulka bednění

Tloušťka stropu [cm]	Celkové zatížení q_k [kN/m²]	max. dov. vzdálenost podélných nosníků [m]				max. dov. vzdálenost podpěr [m]									
		pro vzdálenost příčných nosníků [m]				pro zvolenou vzdálenost podélných nosníků [m]									
		0,50	0,625	0,667	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,50
10	4,40	3,63	3,37	3,29	3,17	2,88	2,67	2,46	2,28	2,13	2,01	1,82	1,65	1,52	1,30
12	4,92	3,43	3,19	3,12	3,00	2,72	2,53	2,33	2,16	2,02	1,91	1,63	1,48	1,36	1,16
14	5,44	3,27	3,04	2,97	2,86	2,60	2,41	2,21	2,05	1,84	1,63	1,47	1,34	1,23	1,05
16	5,96	3,14	2,92	2,85	2,74	2,49	2,31	2,12	1,92	1,68	1,49	1,34	1,22	1,12	0,96
18	6,48	3,03	2,81	2,75	2,65	2,40	2,22	2,03	1,76	1,54	1,37	1,23	1,12	1,03	0,88
20	7,00	2,93	2,72	2,66	2,56	2,32	2,14	1,90	1,63	1,43	1,27	1,14	1,04	0,95	-
22	7,52	2,84	2,64	2,58	2,48	2,26	2,06	1,77	1,52	1,33	1,18	1,06	0,97	0,89	-
24	8,04	2,76	2,57	2,51	2,42	2,19	1,99	1,66	1,42	1,24	1,11	1,00	0,90	0,83	-
26	8,56	2,70	2,50	2,45	2,35	2,14	1,87	1,56	1,34	1,17	1,04	0,93	0,85	-	-
28	9,08	2,63	2,44	2,39	2,30	2,09	1,76	1,47	1,26	1,10	0,98	0,88	0,80	-	-
30	9,66	2,57	2,39	2,34	2,25	2,03	1,66	1,38	1,18	1,04	0,92	0,83	0,75	-	-
35	11,22	2,45	2,27	2,23	2,14	1,78	1,43	1,19	1,02	0,89	0,79	0,71	-	-	-
40	12,78	2,35	2,18	2,13	2,04	1,56	1,25	1,04	0,89	0,78	0,70	0,63	-	-	-
45	14,34	2,26	2,10	2,04	1,93	1,39	1,12	0,93	0,80	0,70	0,62	0,56	-	-	-
50	15,90	2,18	2,01	1,94	1,83	1,26	1,01	0,84	0,72	0,63	0,56	-	-	-	-

Na základě zvolené vzdálenosti podélných nosníků byla určena maximální osová vzdálenost příčných nosníků. Následně byla zvolena reálná vzdálenost podélných nosníků a na jejím základě byla vyhledána maximální dovolená vzdálenost podpěr. Výsledkem je tady bednění kde vzdálenost příčných nosníků je 0,75m, vzdálenost podélných nosníků 2,25 m a vzdálenost podpěr 1,375 m. Výkresy bednění vodorovných konstrukcí jsou v Příloha 3 – BP - varianta ŽB – strop 1NP a Příloha 4 – BP - varianta ŽB – strop 2NP.

4.1.3. Ekonomické zhodnocení

Ekonomické zhodnocení bylo vytvořeno pomocí školní verze rozpočtového programu společnosti Callida, konkrétně programem EuroCALC 3. Ten využívá jako datovou základnu data ÚRS, což jsou nejpoužívanější a nejvíce aktualizované podklady pro oceňování stavební produkce v České republice. Výměry nosných konstrukcí byly spočítány na základě půdorysů a výkresů bednění. Výměra výztuže nosných stěn byla vypočítána na základě odhadu, že výztuž zabírá 3 % objemu nosných stěn a 1,5 % objemu vodorovných nosných konstrukcí. Díky znalosti objemové tíhy oceli byla následně vypočítána samotná hmotnost. Výsledek ekonomického zhodnocení je uveden níže a vyplývá z něj, že celková cena hrubé stavby, bez základové konstrukce, je **786 048 Kč bez DPH**. Kompletní položkový rozpočet s výměrami je Příloha 5 – BP - varianta ŽB – Rozpočet s výkazem výměr

Rekapitulace - objekty a oddíly

Popis	Cena	DPH	Cena s DPH
SO_01: Stavební objekt 01	**786 048**	**165 070**	**951 118**
003: Svislé konstrukce	**561 256**	**117 864**	**679 120**
004: Vodorovné konstrukce	**198 836**	**41 756**	**240 591**
099: Přesun hmot HSV	**25 956**	**5 451**	**31 407**
	786 048	**165 070**	**951 118**

Obrázek 32 - rekapitulace rozpočtu ŽB

4.1.4. Časové zhodnocení

Pro časové zhodnocení stavby bylo potřeba vypracovat rozborový list a na jeho základě technologický normál. V rozborovém listu jsou spočítány normové pracnosti jednotlivých pracovních procesů. K jejich určení byly použity normy času dostupné na stránkách stavební fakulty ČVUT v Praze. V technologickém normálu došlo ke sloučení souvisejících procesů a k určení celkové pracnosti. Po vydělení celkové pracnosti procesu časovým fondem čety, která proces vykonává, byla zjištěna doba trvání onoho procesu. Časový font je výsledkem násobku počtu členů pracovní čety a čísla osm, které udává počet hodin v pracovní době. U činnosti „Armování nosných stěn" byla pracovní doba prodloužena na deset hodin. Hlavním důvodem této změny byla veliká časová rezerva při použití klasické osmihodinové pracovní doby. Vypočítaná doba se na závěr upravila na celé dny. U procesů, jejichž doby pracností byly po sečtení menší než jeden den, byla doba provádění obou procesů zaokrouhlena na jeden den. Technologická přestávka mezi betonáží stropu v 1NP a svislých nosných konstrukcí v 2NP byla stanovena na 1den. Doba trvání hrubé výstavby byla tímto způsobem vypočítána na **23 dní -** s tím, že po určité době musí dojít k přestojkování a následně k odstojkování stropní konstrukce. Na základě získaných dat byl následně vypracován časoprostorový graf (viz Příloha 6 – BP – varianta ŽB – Časoprostorový graf), znázorňující návaznost jednotlivých procesů jak v rámci jednoho patra, tak v rámci celého objektu.

4.2. Samozhutnitelný beton

4.2.1. Materiály

Svislé nosné konstrukce

Ve svislých nosných konstrukcích bude použit samozhutnitelný beton s třídou pevnosti C25/30 v kombinaci s ocelovou výztuží. Ta bude tvořena dvěma vrstvami svařovaných KARI sítí. A to konkrétně KARI Q 131, s rozměry ok 150 mm x 150 mm a průměrem drátu 5 mm. V místech nadpraží budou KARI sítě doplněny trojicí, dvoumetrových či třímetrových, železných prutů o průměru 10 mm z betonářské oceli 10 505.

Vodorovné nosné konstrukce

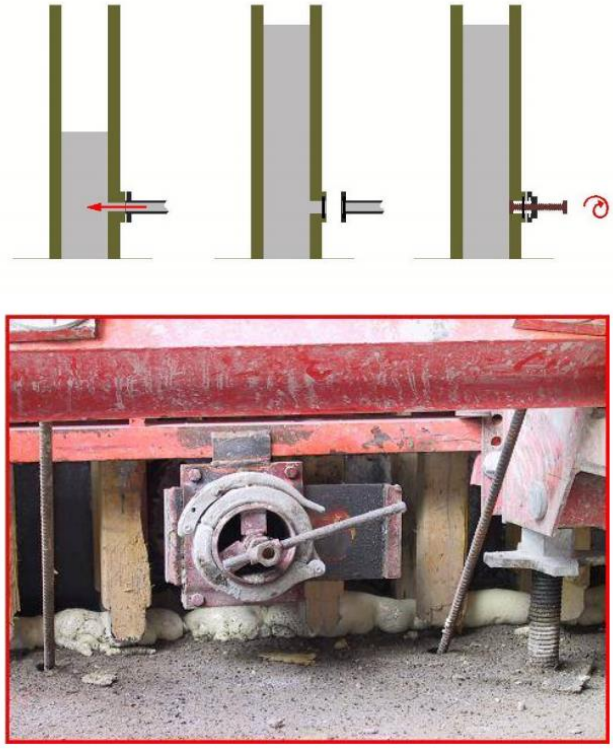
Vodorovné nosné konstrukce jsou navrženy jako dřevo-betonové. Hlavními nosnými prvky jsou dřevěné hranoly (KVH – varianta DUO) o rozměrech průřezu 140 x 200 mm a rozpětí 4000 mm. Hranoly budou uloženy do pozic, které jsou znázorněny v přiložených půdorysech, a to tak aby byly jak v místech budoucích příček, tak na hraně výstupní čáry budoucího schodiště. Na trámy bude vybetonována ŽB deska o tloušťce 50 mm. Jako výztuž bude použit stejný typ KARI sítě jako u svislých konstrukcí. Pro betonáž bude použit standartní beton C25/30 a to z důvodu menších nároků na utěsnění dřevěných bednících prvků.

Stručný popis průběhu realizace

Stejně jako v předchozí, železobetonové, variantě je prvním krokem realizace svislých nosných konstrukcí jejich vytyčení. Následně se provede bednění vnější strany budoucí stěny. Jednotlivé dílce bednění se sestaví dle výkresu bednění, který se nachází v Příloha 7 – BP – varianta SCC – výkres bednění. Dalším krokem je armování nosných stěn, u kterého se dbá na správné rozmístění jednotlivých prutů a na umístění distančníků, které zajišťují dostatečnou krycí vrstvu výztuže, tak aby nemohlo dojít k narušení výztuže externími vlivy. Následuje bednění druhé strany bednícího systému a spnutí pomocí spínacích tyčí. Místa styku bednícího systému a podkladní ŽB desky, kde nedochází k úplnému sednutí bednícího kusu na podklad, musí být dokonale těsná, proto je potřeba tato místa vyplnit PU pěnou. Samozhutnitelný beton se vyznačuje velikou tekutostí a hrozilo by unikání betonové směsi. Následuje bednění a armování dřevo-betonového trámového stropu, s tím, že mezi dřevěné trámy a bednění se umístí pružná podložka. Tato podložka umožní následné odbednění svislých konstrukcí. Samotná betonáž se však, na rozdíl od předchozí varianty, provádí bez nutnosti jeřábu. Betonová směs se do bednění pumpuje spodem, a to díky speciálnímu bednícímu kusu se šoupátkovým ventilem. Betonáž se provede do výšky 2,5 m a následuje bednění a armování dřevo-betonového trámového stropu. Následně se, již obyčejným betonem, provede betonáž věnců a stropní desky. Při betonáži obyčejným betonem je nutné vibrování, kterým se dosáhne správného zhutnění.

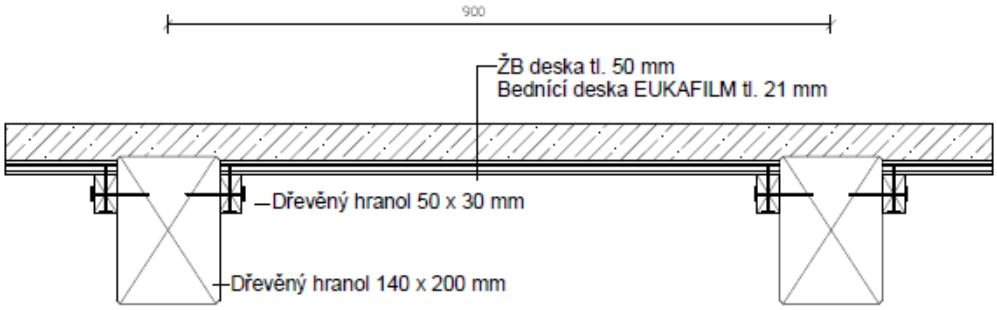
4.2.2. Konstrukce a technologie

Bednění svislých konstrukcí je navrženo jako systémové, a to konkrétně PERI DOMINO. Na vnější straně budou použity bednící kusy o výšce 2,5 m v kombinaci s kusy o výšce 0,25m, které budou tvořit bednění čela dřevo-betonového trámového stropu. Na vnitřní straně budou použity dílce o výšce 2,5m. Na několika místech budou použity speciální dílce se šoupátkovým ventilem, kterými bude následně provedena spodní betonáž. Díky betonáži pomocí samozhutnitelného betonu bude na bednění působit plný hydrostatický tlak, který má pro vnější dílce hodnotu 68,75 kN/m^2 a pro vnitřní dílce hodnotu 62kN/m^2. Uváděná únosnost bednění PERI DOMINO je však nižší, a to konkrétně 60 kN/m^2. Tento problém byl konzultován s Ing. Zdeňkem Suchým, který působí ve společnosti PERI v technickém oddělení. Z ním poskytnutých informací vyplývá, že zvolený bednící systém plný hydrostatický tlak vydrží, ale je pravděpodobná jeho deformace. Deformaci očekává přímo úměrnou zatěžovací šířce a při použití bednících kusů o šířce 0,75m ji odhaduje na 4,5mm. Celkový výkres bednění, včetně detailů bednění rohů a kolmého napojení nosných stěn, viz výše zmíněná příloha.

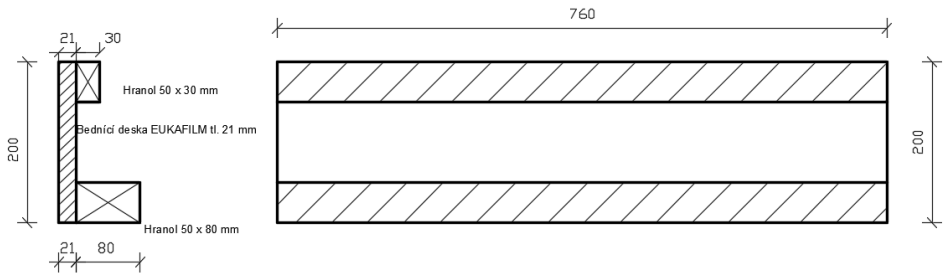


Obrázek 33 - schéma spodní betonáže, šoupátkový ventil [34]

Bednění stropní konstrukce je navrženo jako dřevěné. Na osazené dřevěné hranoly 140 x 200 mm se upevní menší hranoly 50 x 30 mm, na které se položí dřevotřískový deska tl. 21 mm, tvořící samotné bednění. Schéma tohoto systému je na obrázku č.33. Prostor mezi jednotlivými nosnými hranoly je bedněn pomocí dřevěných sbíjených kusů zobrazených na obrázku č. 34. Po betonáži a odbednění stropní konstrukce se otvory po hřebících vyplní tmelem. Oba výkresy jsou v Příloha 8 – BP – varianta SCC – bednění stropu.



Obrázek 34 - Schéma bednění stropu



Obrázek 35 - Řez a pohled na bednící kus mezi nosné hranoly

4.2.3. Ekonomické zhodnocení

Ekonomické zhodnocení bylo opět vytvořeno ve školní verzi rozpočtového programu společnosti Callida, a to konkrétně programem EuroCALC 3. Výměry byly spočítány na základě půdorysů a výkresů bednění. U několika položek musela být, změnou kalkulačního vzorce, upravena jednotková cena položek, tak aby odpovídala navrženým materiálům a technologiím. Položka zohledňující použití samozhutnitelného betonu třídy 25/30 je v propočtu nahrazena položkou „Nosná zeď ze ŽB třídy 30/37 bez výztuže“. Zejména z toho důvodu, že finanční rozdíl mezi běžným betonem 25/30 a SCC beton 25/30 je srovnatelný s finančním rozdílem mezi běžným beton 25/30 a běžným betonem 30/37. Dále byly z jednotkové ceny položky odečteny náklady na hutnění betonu. U položek, ve kterých se v jednotkové ceně počítalo s náklady na jeřáb a jeřábníka, byly tyto položky odečteny a nahrazeny náklady na jednoho pracovníka navíc oproti původní skladbě. U počítání nákladů na vodorovné nosné konstrukce byly specifické navržené konstrukce nahrazeny obdobnými a cenově srovnatelnými alternativami. Navržené bednění pomocí bednících desek bylo v položkovém rozpočtu nahrazeno položkami „Záklop stropů z OSB desek tl. 22 mm na sraz šroubovaných na rámy“ a „Demontáž záklopů stropů z hrubých prken tl. do 32 mm“, s tím, že u první ze zmíněných položek byla cena OSB desky tl. 22 mm nahrazena cenou bednící překližky tl. 21 mm. Tímto způsobem byla cena hrubé vrchní stavby stanovena na **499 188 Kč bez DPH**. Kompletní položkový rozpočet s výměrami je v Příloha 9 – BP – varianta SCC – Rozpočet s výkazem výměr.

Rekapitulace - objekty a oddíly

Popis	Cena	DPH	Cena s DPH
SO_01: Stavební objekt 01	499 188	104 829	604 017
003: Svislé konstrukce	326 338	68 531	394 869
004: Vodorovné konstrukce	71 042	14 919	85 961
099: Přesun hmot HSV	13 330	2 799	16 129
762: Konstrukce tesařské	88 478	18 580	107 058
	499 188	104 829	604 017

Obrázek 36 - rekapitulace rozpočtu SCC

4.2.4. Časové zhodnocení

Pro časové zhodnocení stavby bylo opět potřeba vypracovat rozborový list a na jeho základě technologický normál. V rozborovém listu jsou spočítány normové pracnosti jednotlivých pracovních procesů. K jejich určení byly použity normy času, dostupné na stránkách stavební fakulty ČVUT v Praze. Pro procesy, u kterých se normy časy nepodařilo vyhledat, byly tyto normy času odvozeny od podobně technologicky náročných procesů. V technologickém normálu došlo ke sloučení souvisejících procesů a k určení celkové pracnosti. Po vydělení celkové pracnosti procesu časovým fondem čety, která proces vykonává, byla zjištěna doba trvání onoho procesu. Časový fond je výsledkem násobku počtu členů pracovní čety a čísla osm, které udává počet hodin v pracovní době. U činnosti „Montáž stropu nosník – vložka“ byl zdvojnásoben počet pracovníků a pracovní doba prodloužena na deset hodin. Hlavním důvodem těchto opatření byla technologická náročnost činnosti. Vypočítaná doba se na závěr upravila na celé dny. U procesů, jejichž doby pracností byly po sečtení menší než jeden den, byla doba provádění obou procesů zaokrouhlena na jeden den. Doba trvání hrubé výstavby byla tímto způsobem vypočítána na **12 dní -** s tím, že po určité době musí dojít k odstojkování stropní konstrukce. Na základě získaných dat byl následně vypracován časoprostorový graf viz Příloha 10 – BP - varianta SCC – Časoprostorový graf.

4.3. Zděná varianta – Systém broušených cihel Porotherm

Poslední variantou je nosný konstrukční systém vytvořený pomocí pálených zdících prvků.

4.3.1. Materiály

Zděná varianta nosných konstrukcí je zcela navržena z produktů jednoho výrobce, díky čemuž je zajištěna materiálová jednotnost a je dosaženo ideálního výškového modulu – 250 mm

Svislé nosné konstrukce, překlady

Obvodové svislé nosné konstrukce jsou navrženy jako zděné – z broušených tvárnic Porotherm 36,5 Profi P10, doplněných keramickými překlady Porotherm KP 7, mezi které je vložena tepelná izolace EPS tloušťky 85 mm. Vnitřní nosná svislá konstrukce je navržena také jako zděná – a to z broušených tvárnic Porotherm 30 Profi, doplněných keramickými překlady Porotherm KP 7.

Vodorovné nosné konstrukce, věnce

Provedení stropní konstrukce obou podlaží je navrženo pomocí keramobetonových stropních nosníků POT, mezi které se vkládají cihelné vložky MIAKO. Tato konstrukce je následně zmonolitněna pomocí betonu C20/25 a výztužné svařované sítě KARI Q 131.

Stručný popis průběhu realizace

Před začátkem samotného zdění musí být splněny požadavky na stavební připravenost. Při zdění z broušených cihel mezi ně patři například to, že je staveniště řádně odvodněno, minimálně v místě zdění budoucích stěn je provedena hydroizolace a ochrana proti radonu (o 150 mm širší, než budoucí stěna), výškový rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším místem základů je 30 mm, je přesně vytyčena poloha budoucích nosných zdí, v místě zdění budoucích stěn je minimálně 1,5 m široký volný prostor pro manipulaci s materiálem nebo, že na staveniště je zajištěn přívod vody a elektrické energie. Požadavky na skladování materiálů nejsou předmětem této práce.

Pokud jsou splněny požadavky na stavební připravenost, a teplota prostředí je vyšší než +5 °C je možné začít se samotným zděním. První vrstva zdiva se zdí ložné spáry z vápenocementové malty, tak že se nejprve osadí cihly v rozích stěn. Následně se mezi ně pokládají ostatní cihly tak, aby byl respektován systém pero – drážka. Další vrstvy se pokládají obdobně, s tím že vrchní část předchozí vrstvy cihel se musí před nanesením malty navlhčit a musí se dbát na dodržení minimálního převázání 100 mm). Dutiny mezi jednotlivými cihelnými bloky se po celé výšce vyplní maltou. Napojení vnitřní nosné zdi k vnější nosné zdi se provádí tak, že se malta nanese na boky cihel

vnitřní zdi a přimáčknou se ke zdi vnější. V každé druhé spáře se pak vnitřní zeď kotví k vnější zdi pomocí stěnových spon, což jsou ploché nerezové kotvy.

Překlady okenních a dveřních otvorů se osadí do maltového lože tloušťky 10 mm z cementové malty na výšku, tak aby byly oblou stranou nahoru. Délka uložení je u překladů délky 1,25 m na každé straně 125 mm a u překladů délky 2,5 m je na každé straně 200 mm. Kombinaci překladů s izolantem lze sestavit na zemi, svázat rádlovacími dráty a následně celou složenou konstrukci osadit nad otvor.

Stropní nosníky se pokládají přímo na broušené nosné zdivo, s tím, že minimální délka uložení je na obou stranách 125 mm. Na úrovni budoucích příček jsou nosníky zdvojeny a na úrovni výstupní čáry schodiště ztrojeny, aby bylo dosaženo větší únosnosti. V místě napojení budoucí desky stropu na stěnu se na zdivo položí asfaltový pás, který brání šíření hluku viz Příloha 11 – BP – varianta zdění – detaily. Dále je nutno nosníky dočasně podepřít. Stropní vložky MIAKO se kladou přímo na podepřené nosníky viz Příloha 12 – BP – varianta zdění – strop 1NP a Příloha 13 – BP – varianta zdění – strop 2NP. Poté se po obvodu stropu osadí věncové zdivo s tepelnou izolací a armatura pozedního věnce. Následně se na distančníky uloží KARI síť tak, aby bylo se jednotlivé kusy sítě překrývaly na každé hraně minimálně o 200 mm. Posledním krokem je samotná betonáž (beton C20/25) pozedního věnce, při které se betonuje i betonová vrstva nad stropními vložkami v tloušťce 60 mm. Podle informací z technického listu výrobce se může pokračovat ve zdění dalšího patra přibližně týden po betonáži.

4.3.2. Konstrukce a technologie

Pomocné lešení

Pro zdění je potřeba vybudovat pomocné lešení o výšce podlahy 1,2 m, tak aby zedníci mohli pokládat cihly výše než 1,5 m nad úroveň základové desky. Na tuto dočasnou stavební konstrukce bude použito trubkové lešení, jehož konstrukční prvky jsou definovány v kapitole 2.3.3 - Zděné konstrukce – dočasné stavební konstrukce. Jeho realizace proběhne po vyzdění nosných zdí do výšky 1,5 metru a odstraněno bude před realizací stropní konstrukce.

Podpěrná konstrukce stropů

Před položením stropních nosníků se musí připravit podpěrná konstrukce stropu. Tuto konstrukci tvoří montážní sloupky a montážní průvlaky. Podpěry musí být zavětrovány, podloženy a zaklínovány a by nedocházelo k jejich posunutí. Sloupky musí být rozmístěny tak, aby vzdálenost sloupků, ve směru průvlaků, nepřesahovala 1,5 m. Stejně tak vzdálenost mezi sloupkem a nosnou zdí nesmí přesahovat 1,5 m. Osová vzdálenost montážních průvlaků je maximálně 1,8 m, a vzdálenost průvlaku od nosné zdi také nesmí přesáhnout 1,8 m.

4.3.3. Ekonomické zhodnocení

Ekonomické zhodnocení bylo, jako u předchozích variant, vytvořeno pomocí školní verze rozpočtového programu společnosti Callida, a to konkrétně programem EuroCALC 3. Výměry nosných konstrukcí byly spočítány na základě půdorysů a schématu montáže stropní konstrukce. Výstup z programu EuroCALC 3, včetně výkazu výměr, je v Příloha 14 – BP – varianta zdění – Rozpočet s výkazem výměr. Z rekapitulace, která je na obrázku níže, vyplývá že cena hrubé stavby, bez základových konstrukcí, je **658 450 Kč bez DPH**.

Rekapitulace - objekty a oddíly

Popis	Cena	DPH	Cena s DPH
SO_01: Stavební objekt 01	**658 450**	**138 274**	**796 724**
003: Svislé konstrukce	**278 744**	**58 536**	**337 281**
004: Vodorovné konstrukce	**342 810**	**71 990**	**414 800**
009: Ostatní konstrukce a práce	**7 020**	**1 474**	**8 494**
099: Přesun hmot HSV	**29 876**	**6 274**	**36 149**
	658 450	**138 274**	**796 724**

Obrázek 37 - rekapitulace rozpočtu zdivo

4.3.4. Časové zhodnocení

Časové zhodnocení realizace hrubé stavby je vytvořeno stejným způsobem jako v obou předchozích případech. A to na základě rozborového listu, ze kterého byl sloučením činností dělaných stejnou pracovní četou, vytvořen technologický normál. Z takto vypočítaných výměr a celkových pracností jednotlivých činností byly následně spočítány jejich doby trvání. A to tak, že se celková pracnost činnosti vydělila časovým fondem čety, která danou činnost vykonává. Časový fond je výsledkem násobku počtu členů pracovní čety a čísla osm, které udává počet hodin v pracovní době. Vypočítaná doba se na závěr upravila na celé dny. Na základě takto získaných dat byl následně vypracován časoprostorový graf (viz Příloha 15 – BP – varianta zdění – Časoprostorový graf) znázorňující návaznost jednotlivých procesů jak v rámci jednoho patra, tak v rámci celého objektu. Důležitými faktory ovlivňující celkovou dobu výstavby jsou technologické pauzy. Z podkladů výrobce navrženého stropu byla použita doba technologické přestávky mezi betonáží stropu prvního patra a začátkem zdění patra druhého. Dokumentace k provádění stropu udává, že zahájení zdění může začít "necelý týden" od konce betonáže stropu. Ve vypracovaném časoprostorovém grafu je hodnota "necelý týden" nahrazena čtyřmi časovými jednotkami. Celková doba realizace hrubé stavby je tedy stanovena jako **16 dní.**

5. DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ POSTUP

Doporučení pro další postup se týká varianty ze samozhutnitelného betonu. U této technologie je, jak je napsáno v kapitole 5.2.2- Konstrukce a technologie, největší otázkou skutečná deformace bednění PERI DOMINO. Od této deformace se samozřejmě odvíjí i výsledná rovinnost svislých nosných konstrukcí. Z toho důvodu doporučuji provést experiment, při kterém se za použití technologií zmíněných výše postaví zkušební stěna a následně se změří skutečná deformace bednění a rovinnost konstrukce.

Dále doporučuji vytvořit individuální kalkulaci nákladů na provedení referenčního objektu při použití samozhutnitelného betonu. A to z toho důvodu, že díky použití technologií, pro které nejsou v použitém rozpočtovém nástroji položky, musely být tyto položky nahrazeny položkami co možná nejbližšími. I přes tato opatření se však skutečná cena může značně lišit.

6. DISKUZE VÝSLEDKŮ

6.1. MATERIÁLY

Byly vybrány a následně navrženy tři materiálové varianty svislých i vodorovných nosných konstrukcí. Poté byly sepsány stručné popisy jejich realizace.

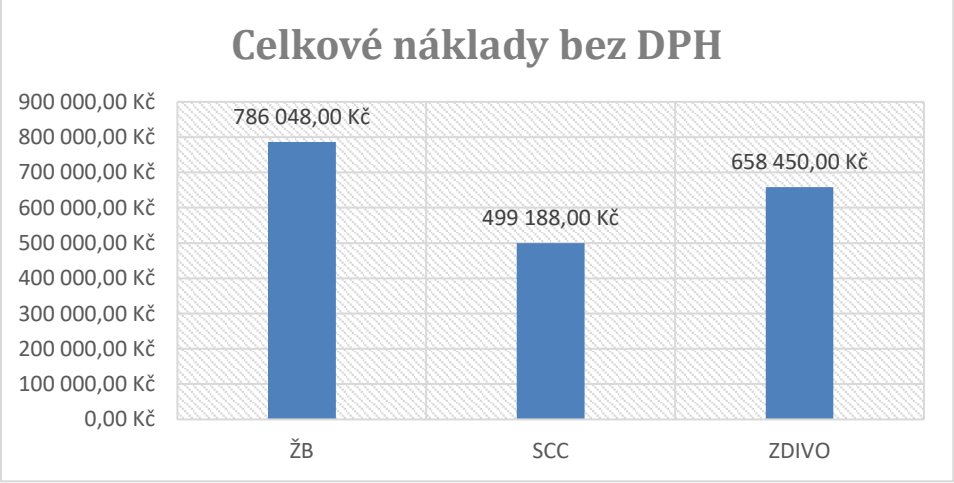
6.2. KONSTRUKCE A TECHNOLOGIE

Byla vybrána a navrhnuta systémová bednění pro varianty ze železobetonu a samozhutnitelného betonu. Proběhla komunikace se zástupcem výrobce systémových bednících systémů, a to na téma vhodnosti vybraného bednění v závislosti na použití samozhutnitelného betonu. Výsledky této konverzace jsou popsány v části práce, týkající se varianty s použitím samozhutnitelného betonu. U varianty z pálených zdících prvků byla navržena skladba stropů a byla vytvořena schémata jejich montáže. Pro technologicky náročná místa konstrukcí byly narýsovány jejich detaily či konstrukční schémata.

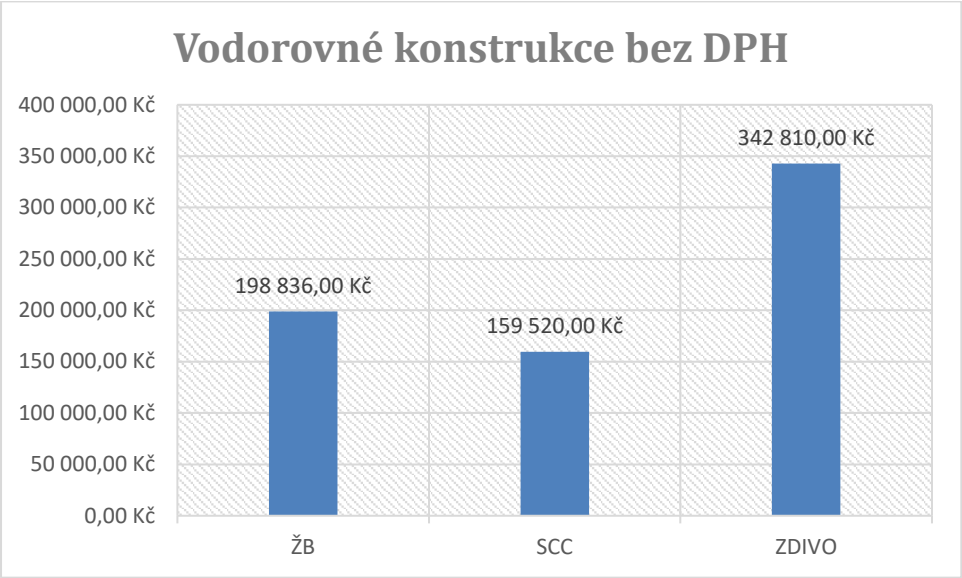
6.3. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Pro všechny tři varianty byly sestaveny položkové rozpočty hrubé vrchní stavby. A to pomocí školní verze programu EuroCALC. Na následujících grafech jsou znázorněny ceny jednotlivých variant.

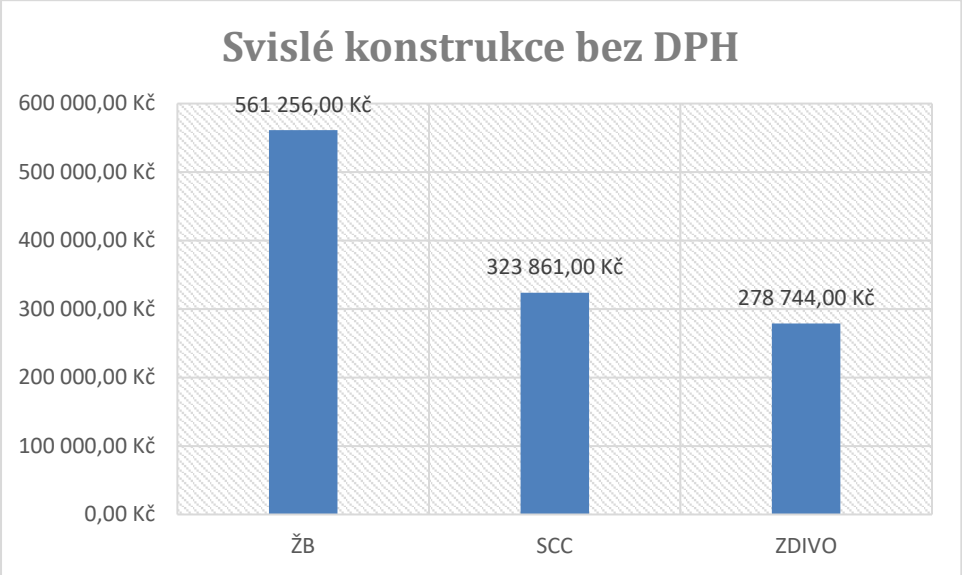
Tabulka 7 - srovnání celkových nákladů



Tabulka 8 - srovnání nákladů vodorovných konstrukcí



Tabulka 9 - srovnání nákladů svislých konstrukcí

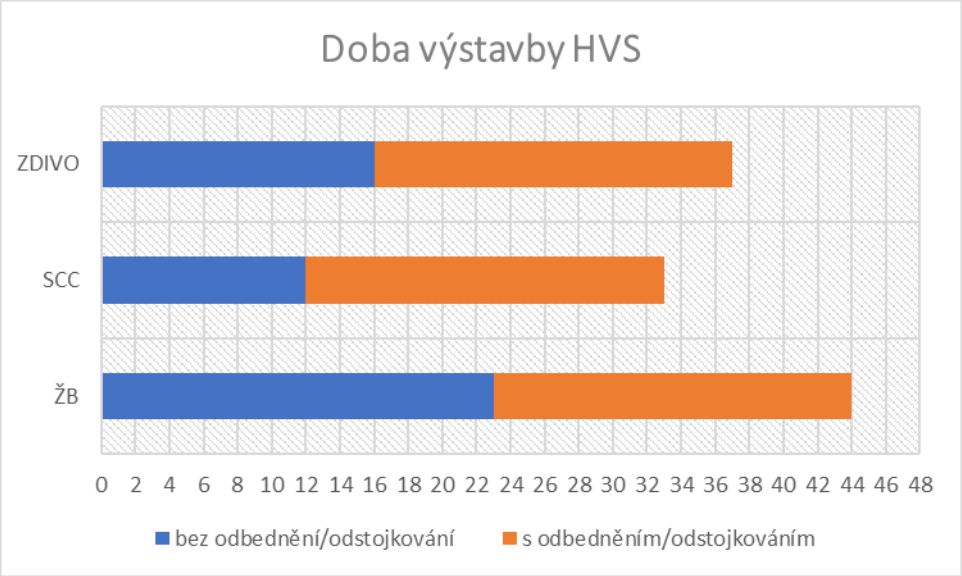


Z uvedených grafů jasně vyplývá, že varianta ze samozhutnitelného betonu vychází o 286 860 Kč levněji než varianta z běžného železobetonu a o 159 262 Kč levněji než varianta z pálených zdících prvků. Dále z nich vyplývá, že největšími faktory ovlivňujícími výsledné ceny jsou náklady na realizaci stropních konstrukcí. Ta je u dřevo-betonové varianty o 39 316 Kč levnější než u varianty železobetonové a o 183 290 Kč levnější u varianty nosník-vložka. Jako výhodná se jeví kombinace zděných svislých konstrukcí s dřevo-betonovým stropem, který byl použit ve variantě se samozhutnitelným beton. Výsledná cena takto postavené hrubé vrchní stavby je teoreticky 438 264 Kč (bez přesunu hmot).

6.4. ČASOVÉ ZHODNOCENÍ

Na základě vypracovaných časoprostorových grafů bylo provedeno srovnání získaných dob výstavby. V následujícím grafu jsou znázorněny časy výstavby hrubé vrchní stavby, a to jak bez technologických přestávek pro odbednění/odstojkování (modrá barva), tak s ní (oranžová barva).

Tabulka 10 - srovnání doby výstavby



Z grafu vyplývá, že teoreticky vychází nejrychlejší varianta výstavby ta, při které je použit samozhutnitelný beton v kombinaci s dřevo-betonovými stropy.

7. ZÁVĚRY

Cíl 1

Materiálové varianty provedení jak svislých, tak vodorovných nosných konstrukcí byly navrženy v kapitolách 4.1.1, 4.2.1 a 4.3.1. K návrhu byly použity katalogové listy výrobců a teoretické znalosti z kapitoly 2.1 Materiály pro výstavbu rodinných domů.

Cíl 2

Na základě podkladů výrobců bednění a komunikace se zástupcem technického oddělní jednoho z nich byla v kapitolách 4.1.2, 4.2.2 a 4.3.2 vybrána a navržena systémová bednění pro varianty ze železobetonu a ze samozhutnitelného betonu. Pro variantu zděnou bylo vybráno a navrženo technologické řešení realizace stropních konstrukcí.

Cíl 3

Bylo provedeno ekonomické posouzení tří variant výstavby hrubé vrchní stavby. A to konkrétně v kapitolách 4.1.3, 4.2.3 a 4.3.3. K posouzení byly využity vypracované položkové rozpočty jednotlivých variant.

Cíl 4

Časová posouzení jednotlivých variant byla vytvořena v kapitolách 4.1.4, 4.2.4 a 4.3.4. Základem pro tato posouzení byly vypočítané časové náročnosti jednotlivých činností a následně vytvořené časoprostorové grafy.

Všechny vytyčené cíle této práce byly splněny.

8. POUŽITÁ LITERATUTA A ZDROJE

1. **ČSN EN 206.** *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda.* Praha : Český normalizační institut, 2014.2. **1772/2010, Projekt FRVŠ.** Zkoušení čerstvého betonu 1. část. [Online] 2010. http://ecentrum.fsv.cvut.cz/fotogalerie/2010/rp2010_2/pouster12.pdf.

3. **http://www.stavebniny-rychle.cz.** [Online] 2012. http://www.stavebniny-rychle.cz/kari-sit-20x20-2000-3000-pr-4.html.

4. **Českomoravský beton.** Betonáž základů pomocí drátkobetonu. [Online] 2014. https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/materialy-a-vyrobky/beton/betonaz-zakladu-pomoci-dratkobetonu.

5. **Českomoravský beton**. Jak na beton: Jak dopravit beton do konstrukce? [Online] 2015. https://www.dumabyt.cz/rubriky/stavba/konstrukce-domu/jak-na-beton-jak-dopravit-beton-do-konstrukce_24722.html.

6. **Ilona Kukletová, Hana Štegnerová, René Čechmánek.** Vliv simulace dlouhodobého uložení sklovláknobetonu s obsahem odpadů na ekotoxické vlastnosti. [Online] 2013. http://www.tzb-info.cz/10535-vliv-simulace-dlouhodobeho-ulozeni-sklovlaknobetonu-s-obsahem-odpadu-na-ekotoxicke-vlastnosti.

7. **Sklocement Beneš s.r.o.** O technolohii mikrovýztuže. [Online] 2017. http://www.sklocement.cz/o-technologii-mikrovyztuze/.

8. **Geert De Schutter, Peter J.M. Bartos, Peter Domone, John Gibbs.** *Self-Compacting Concrete.* místo neznámé : Whittles Publishing, 2008. ISBN 10: 1420068334.

9. **Ouchi, M.** *Self-Compacting Concrete, Development, Applications and Investigations, The Second International Symposium on Self-Compacting Concrete.* Tokyo, Japan : The University of Tokyo, 2001.

10. **Vlastimil Šrůma.** Výškové budovy a vysokohodnotný beton. [Online] 2009. http://www.casopisstavebnictvi.cz/vyskove-budovy-a-vysokohodnotny-beton_A2358_I31.

11. **Roman Pánek - TBG Plzeň Transportbeton, Ing. Milada Mazurová - TBG Metrostav, Ing. Marie Hodačová Šimonovská.** Kopule plzeňského planetária vytvořily samozhutnitelné betony od skupiny Českomoravský beton. [Online] 2013. http://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/10081-kopule-plzenskeho-planetaria-vytvorily-samozhutnitelne-betony-od-skupiny-ceskomoravsky-beton.

12. **Luboš Svoboda a kolektiv.** *Stavební hmoty.* Praha : Jaga, 2009. ISBN: 978-80-8076-057-1.

13. **Tradix.** *cihla plná.* [Online] 2015. http://www.tradix.cz/cihla-plna-16/.

14. **Wienerberger cihlářský průmysl, a.s.** *Revoluční cihla plněná vatou.* [Online] 2011. http://stavba.tzb-info.cz/cihly-bloky-tvarnice/7329-revolucni-cihla-plnena-vatou-porotherm-36-5-t-profi.

15. **Heluz.** [Online] 2017. http://www.heluz.cz/files/sti-44.

16. **Valag Dashöfer.** Montované nosné konstrukce - dřevěné konstrukce. [Online] 2009. http://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/5455-montovane-nosne-konstrukce-drevene-konstrukce.

17. **http://www.woodsystem.cz/ramova-nosna-kontrukce-pro-drevostavby.** [Online]

18. **Minke, Gernot.** *Stavby ze slámy - Jak pořídit z balíků slámy standardní dům.* místo neznámé : HEL, 2009. ISBN: 978-80-86167-31-2.

19. **Pavel Heinrich.** Nepálené cihly současnosti. [Online] 2012. http://stavba.tzb-info.cz/cihly-bloky-tvarnice/8728-nepalene-cihly-soucasnosti.

20. **Josef Ladra.** *Bednění betonových a železobetonových konstrukcí.* [Online] http://www.fce.vutbr.cz/TST/usatv-ax/cw15-lad-bedn.pdf.

21. **František Musil.***Systémová bednění - Učebnice pro výuku současných postupů bednění základních prvků betonových konstrukcí.* [Online] 2009. http://docplayer.cz/5137539-Systemova-bedneni-ucebnice-pro-vyuku-soucasnych-postupu-bedneni-zakladnich-prvku-betonovych-konstrukci.html.

22. **Svatopluk Vlasák.** *Všeobecné požadavky na lešení - Seznámení s požadavky revidované ČSN 73 8101 a souvisejících českých a evropských norem.* [Online] 2005. http://people.fsv.cvut.cz/~wald/edu/134OK36-pomocne/texty/Seznameni_s_rev.CSN_73_81_01.pdf.

23. **www.eop.cz.** *http://www.eop.cz/historicke-fotografie.* [Online]

24. **www.salleko.cz.** [Online] http://www.salleko.cz/fasadni-leseni-ringer.

25. **www.promal.cz.** [Online] http://www.promal.cz/leseni-haki/.

26. **Josef Brucháček.** *Pojízdné lešeňové věže.* [Online] http://www.lesenicko.cz/pojizdne-lesenove-veze-68.

27. **České stavební standardy.** [Online] http://www.stavebnistandardy.cz/default.asp?Bid=6&ID=6.

28. **Ing. Václav Pastiřík.** *Propočet stavby - definice a vysvětlení.* [Online] 2013. http://www.rozpocty-stavby.cz/propocet.

29. **Dana Měšťanová.** Prezentace pro FSv ČVUT - Inženýring. [Online] 2015. http://slideplayer.cz/slide/3140675/.

30. **Atelier DEK.** [Online] 2015. https://atelier-dek.cz/docs/atelier_dek_cz/sluzby/polozkovy-rozpocet-RD.pdf.

31. **České stavební standardy.** Individuální kalkulace. [Online] 2005. http://www.stavebnistandardy.cz/default.asp?Typ=1&ID=6&Pop=1&IDmH=6947521&IDm=6728359&Menu=Manu.

32. **Carda, A.-Kunstová,R.** *Workflow – Řízení firemních procesů.* Praha : GRADA Publishing, 2001. ISBN: 80-247-0666-0.

33. **Ivo Roušar.** *Projektové řízení technologických staveb.* Praha : GRADA Publishing, 2008. ISBN: 978-80-247-2602-1.

34. **Svaz výrobců betonu ČR.** *Evropská směrnice pro samozhutnitelný beton.* [Online] 2005. https://www.europeanconcrete.eu/images/stories/Documents/cz_guidelinesselfcompactingconcrete.pdf.

9. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Pracovní diagram oceli [3] *15*
Obrázek 2 – druhy betonářských výztuží *16*
Obrázek 3 – KARI síť *16*
Obrázek 4 - profilované dráty *17*
Obrázek 5 - drátkobeton *17*
Obrázek 6 - skleněná vlákna [8] *18*
Obrázek 7 - planetárium a virtuárium Plzeň *23*
Obrázek 8 - cihla plná pálená [10] *24*
Obrázek 9 - tvárnice HELUZ [12] *25*
Obrázek 10 - tvárnice HELUZ 2in1 [12] *25*
Obrázek 11 - porobeton Ytong [21] *26*
Obrázek 12 - cihla plná betonová *27*
Obrázek 13 - zateplené betonové tvarovky *27*
Obrázek 14 - dřevěná rámová konstrukce *29*
Obrázek 15 - konstrukce s nosnou slámou *30*
Obrázek 16 - nepálená cihla HELUZ *31*
Obrázek 17 - PERI rámové bednění *33*
Obrázek 18 - PERI nosníkové bednění *33*
Obrázek 19 - PERI nosníkové bednění *34*
Obrázek 20 – trubkové lešení *35*
Obrázek 21 – rámové lešení *35*
Obrázek 22 – HAKI lešení *36*
Obrázek 23 – lešeňová věž *36*
Obrázek 24 - příklad propočtu [16] *37*
Obrázek 25 - příklad položkového rozpočtu [17] *38*
Obrázek 26 - kalkulační vzorec [18] *39*
Obrázek 27 - cyklogram – postupová metoda *40*
Obrázek 28 - síťový graf CPM *41*
Obrázek 29 - ukázka harmonogramu *42*
Obrázek 30 - Bednění rohu objektu *46*
Obrázek 31 - Bednění napojení stěn *46*
Obrázek 32 - rekapitulace rozpočtu ŽB *48*
Obrázek 33 - schéma spodní betonáže, šoupátkový ventil *51*
Obrázek 34 - Schéma bednění stropu *52*
Obrázek 35 - Řez a pohled na bednící kus mezi nosné hranoly *52*
Obrázek 36 - rekapitulace rozpočtu SCC *53*
Obrázek 37 - rekapitulace rozpočtu zdivo *58*

10. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - tabulka stupně vlivu prostředí *11*
Tabulka 2 - tabulka stupně sednutí kužele *12*
Tabulka 3 - tabulka stupně zhutnitelnosti *12*
Tabulka 4 - tabulka stupně rozlití *13*
Tabulka 5 - tabulka pevnostních tříd *14*
Tabulka 6 - návrhová tabulka bednění *47*
Tabulka 7 - srovnání celkových nákladů *61*
Tabulka 8 - srovnání nákladů vodorovných konstrukcí *62*
Tabulka 9 - srovnání nákladů svislých konstrukcí *62*
Tabulka 10 - srovnání doby výstavby *63*

11. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – BP - ukázkové půdorysy. _____ *43*
Příloha 2 – BP – varianta ŽB – výkres bednění _____ *45*
Příloha 3 – BP - varianta ŽB – strop 1NP _____ *46*
Příloha 4 – BP - varianta ŽB – strop 2NP _____ *47*
*Příloha 5 – BP - varianta ŽB – Rozpočet s výkazem výměr*_____ *48*
*Příloha 6 – BP – varianta ŽB – Časoprostorový graf*_____ *49*
Příloha 7 – BP – varianta SCC – výkres bednění _____ *50*
Příloha 8 – BP – varianta SCC – bednění stropu _____ *52*
*Příloha 9 – BP – varianta SCC – Rozpočet s výkazem výměr*_____ *53*
*Příloha 10 – BP - varianta SCC – Časoprostorový graf*_____ *54*
*Příloha 11 – BP – varianta zdění – detaily*_____ *55*
Příloha 12 – BP – varianta zdění – strop 1NP _____ *55*
Příloha 13 – BP – varianta zdění – strop 2NP _____ *56*
Příloha 14 – BP – varianta zdění – Rozpočet s výkazem výměr _____ *58*
*Příloha 15 – BP – varianta zdění – Časoprostorový graf*_____ *59*

Pozn.: Přílohy 6, 10 a 15 jsou na společném výkresu, který je pojmenovaný BP – časoprostorové grafy. Dále jsou přiloženy rozborové listy a technologické normály, podle kterých byly jednotlivé časoprostorové grafy vypracovány.