



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA TECHNOLOGIE STAVEB**

**Využití softwarových řešení pro optimalizaci návrhu a dodávky
dočasných konstrukcí**

**Using software solutions to optimize design and delivery of temporary
structures**

Diplomová práce

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb
Vedoucí práce: Ing. Ondřej Štrup

Bc. Jakub Kühn

Praha 2018

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

V Praze dne.....

.....

Bc. Jakub Kühn

Poděkování

Mé poděkování patří panu Ing. Ondřeji Štrupovi za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování diplomové práce věnoval. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině za pomoc a podporu během studia.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kühn Jméno: Jakub Osobní číslo: 395710
Zadávající katedra: Katedra technologie staveb K122
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Využití softwarových řešení pro optimalizaci návrhu a dodávky dočasných konstrukcí
Název diplomové práce anglicky: Using software solutions to optimize design and delivery of temporary structures

Pokyny pro vypracování:

Vyjma kompletně montovaných objektů se u všech ostatních staveb neobejdete bez použití dočasných konstrukcí. Na trhu jsou k dispozici výrobci, kteří nabízejí své vlastní řešení. Soustřeďte se na v praxi nejběžnější systémy dočasných konstrukcí a prověřte nabízené softwarové řešení pro jejich návrhy. Zhodnoťte tyto softwary zejména z hlediska použitelnosti (uživatelské přívětivosti, robustnosti, nároku na vybavení, propojitelnosti s CAD systémy)

Seznam doporučené literatury:
ČSN EN 13782 - Dočasné konstrukce

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Ondřej Štrup, IFMA Fellow

Datum zadání diplomové práce: 5.10.2017 Termín odevzdání diplomové práce: 7.1.2018
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 diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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)

Využití softwarových řešení pro optimalizaci návrhu a dodávky dočasných konstrukcí

Anotace

Diplomová práce se zabývá principy ekonomicky efektivního a bezpečného návrhu dočasných konstrukcí. Důraz je v ní kladen na popis a zhodnocení softwarových nástrojů, které mohou uživateli pomoci při přípravě projektu dočasných konstrukcí. Postupně jsou popsány technické aspekty několika druhů dočasných konstrukcí. Dále je přiblížen proces realizace železobetonového monolitu, na který jsou tyto konstrukce nasazovány nejčastěji. V závěru práce je provedena optimalizace stěnového a stropního bednění na ukázkových případech.

Klíčová slova

dočasné konstrukce, bednění, lešení, optimalizace návrhu, projekt dočasných konstrukcí, softwarové nástroje, CAD systémy

Using software solutions to optimize design and delivery of temporary structures

Annotation

The diploma thesis deals with principles of economically efficient and safe design of temporary constructions. Emphasis is placed on describing and evaluating software tools that can help the user prepare the temporary construction project. The technical aspects of several types of temporary constructions are described in stages. The process of realization of the reinforced concrete monolith, on which these constructions are most often used, is also described. At the end of the thesis optimization of wall and ceiling formwork for demonstration cases is performed.

Keywords

temporary construction, formwork, scaffolding, design optimization, temporary construction project, software tools, CAD systems

Obsah

Úvod	9
1 Technické aspekty dočasných konstrukcí.....	11
1.1 Úvod.....	11
1.2 Lešení	12
1.2.1 Pracovní lešení.....	13
1.2.2 Podpěrná lešení	14
1.2.3 Lešení s jiným využitím.....	14
1.3 Bednění	15
1.3.1 Tradiční bednění	16
1.3.2 Systémové bednění	17
1.3.3 Speciální systémy bednění.....	19
1.4 Ostatní dočasné konstrukce.....	20
1.4.1 Pažící konstrukce	20
1.4.2 Podpěrné systémy	21
1.4.3 Stabilizační systémy	21
1.4.4 Pracovní plošiny	21
1.4.5 Opláštění a zastřešení.....	22
1.4.6 Prvky BOZP a záchytné systémy.....	23
2 Realizace železobetonových monolitických konstrukcí.....	25
2.1 Úvod.....	25
2.2 Bednění a odbedňování	27
2.2.1 Bednění	27
2.2.1 Odbedňování.....	29
2.3 Vyztužování	30
2.4 Betonáž a následné ošetřování	32
2.5 Zásady organizace výstavby	35
2.6 Staveništní doprava	36
3 Proces výběru a nasazení systému dočasné konstrukce	38
3.1 Úvod.....	38
3.2 Předvýrobní příprava.....	39

3.3	Výrobní příprava	40
3.3.1	Výběr vhodného systému dočasných konstrukcí	42
3.3.2	Návrh dočasných konstrukcí	45
3.3.3	Modelování nasazení dočasných konstrukcí v průběhu výstavby	46
3.4	Provozní příprava a operativní řízení stavby	49
4	Softwarová řešení pro optimalizaci návrhu a nasazení dočasných konstrukcí	51
4.1	Úvod	51
4.2	Výběr vhodného systému	51
4.2.1	Sanna 2014	52
4.2.2	Palisade Evolver 7.5	53
4.3	Projektování dočasných konstrukcí	55
4.3.1	Peri CAD	56
4.3.2	Doka Tipos 8	58
4.3.3	Webové nástroje pro rychlý návrh a kontrolu	60
4.3.4	BIM modelování dočasných konstrukcí	61
4.4	Časové modelování nasazení systémů	62
4.5	Nástroje pro správu dočasných konstrukcí na staveništi	62
4.5.1	myPERI	63
4.5.2	myDoka	65
4.5.3	Zápůjční sklad Skanska	67
4.5.4	Autodesk BIM 360 Field	69
4.6	Závěr	72
5	Posouzení softwaru navržených řešení systémů dočasných konstrukcí	74
5.1	Úvod	74
5.2	Příklad č. 1: Optimalizace stropního bednění	74
5.3	Příklad č. 2: Optimalizace stěnového bednění	78
	Závěr	82
	Seznam pramenů a odborné literatury	85
	Seznam tabulek, grafů a obrázků	87
	Přílohy	89

Úvod

Na území hlavního města Prahy se v posledních letech zrealizovalo několik desítek projektů velkých administrativních a bytových budov. Velká část těchto objektů využívá jako hlavní nosnou konstrukci železobetonový monolit. Zhotovitelé tohoto typu konstrukce se musí potýkat se zvýšenou konkurencí na trhu, která tlačí ceny realizací stále níže. Zároveň se neustále zvyšují požadavky investorů na kvalitu díla a dobu výstavby. Těmto trendům se musí konkurenceschopný zhotovitel přizpůsobit, primárně zefektivněním samotného výstavbového procesu.

Výroba železobetonové monolitické konstrukce má tři stěžejní položky – vyztužování, bednění a ukládku čerstvého betonu. Z hlediska optimalizace výstavbového projektu je bednění klíčovým procesem. Náklady na mzdy a materiál tohoto procesu tvoří v současnosti až třetinu z celkové ceny železobetonového monolitu. Je zřejmé, že správným zefektivněním návrhu a nasazení systémů bednění lze ušetřit statisíce.

Dlouhodobou praxí u realizací železobetonových monolitů jsem postřehl, že výrobní příprava bednění, obecně dočasných konstrukcí, často nekoresponduje s vysokými vynaloženými náklady na nákup či pronájem systémových prvků. V těchto případech pak lze na staveništích spatřit dlouhodobě málo využitě bednicí sady, které samozřejmě projekt značně prodraží. Příkladem špatného návrhu a nasazení může být situace, kdy po kompletním vybednění stropní konstrukce zůstane na skládce bednění 50 kusů stropních stojek. Pokud uvážíme, že nákupní cena jednoho prvku se pohybuje na trhu v rozmezí 2200-2500 Kč, pak je patrné, že tímto a podobnými kroky lze daný výstavbový projekt velmi rychle přivést do červených čísel.

Jak může výše zmíněná situace vůbec nastat? Jakým způsobem lze těmto problémům předcházet? Existují softwarové nástroje, které by pomohly přípraváři s navrhováním dočasných konstrukcí? Jakým způsobem je nutné uvažovat při optimalizaci těchto systémů?

Odpovědi na tyto otázky jsou stěžejním tématem této práce. Postupně budou přiblíženy technické aspekty dočasných konstrukcí s důrazem na již zmíněné bednění. Do této skupiny konstrukcí patří také lešení, pracovní lávky, podpěrné systémy a další prvky,

bez kterých samotná realizace není možná. Největší množství dočasných konstrukcí je nasazeno u výstavby železobetonového monolitu, tomuto procesu je věnována samostatná kapitola. Časové, prostorové a technologické aspekty tohoto procesu přímo ovlivňují návrh a nasazení systémů dočasných konstrukcí.

Postupům a základním principům při navrhování a modelování nasazení dočasných konstrukcí je věnována kapitola č. 3. Na tuto část práce navazuje stěžejní téma, kde budou přiblíženy a zhodnoceny vybrané softwarové nástroje, jejichž využití není pouze u návrhu systémů bednění nebo lešení. V této kapitole budou zmíněny také programy a aplikace, které jsou implementovány přímo na staveništi a pomáhají se správou a kontrolou prvků dočasných konstrukcí.

Závěrečná kapitola se zabývá procesem optimalizace navržených řešení stropního a stěnového bednění. Zásadním předmětem této části je určení, do jaké míry lze použít automatického režimu návrhu bednění, které nabízí softwarové nástroje od hlavních dodavatelů bednění Peri a Doka.

Práce komplexně zastřešuje problematiku projektování dočasných konstrukcí se zaměřením na systémy bednění a posuzuje dostupné softwary, jež by měli být užitečným nástrojem pro ekonomicky efektivní a bezpečný návrh dočasných konstrukcí.

1 Technické aspekty dočasných konstrukcí

1.1 Úvod

Dočasné stavební konstrukce jsou pomocné prvky, které při realizaci staveb plní svou funkci v jasně definovaném časovém intervalu, ale nestávají se trvalou součástí stavebního díla. Návrhem dočasných konstrukcí je nutné se zabývat již v předvýrobní fázi projektu, neboť správný výběr systémů těchto konstrukcí je jedním z klíčových faktorů ovlivňující jakost realizované stavby, náklady na její zhotovení a dobu výstavbového procesu. [1]

Každý zhotovitel stavby by měl klást velký důraz nejen na správný výběr systémů těchto konstrukcí, ale také na časový průběh jejich nasazení a čerpání. Cílem modelování nasazení dočasných konstrukcí v rámci stavebně-technologické přípravy výstavby je minimalizace nákladů na pracovní a materiálové zdroje. Správnou optimalizací návrhu můžeme také zvýšit celkovou efektivnost realizace stavby, vč. zkrácení délky výstavby. Dalšími a neméně důležitými cíli při projektování dočasných konstrukcí je snaha o zvýšení bezpečnosti na stavbě a šetrnosti k životnímu prostředí.

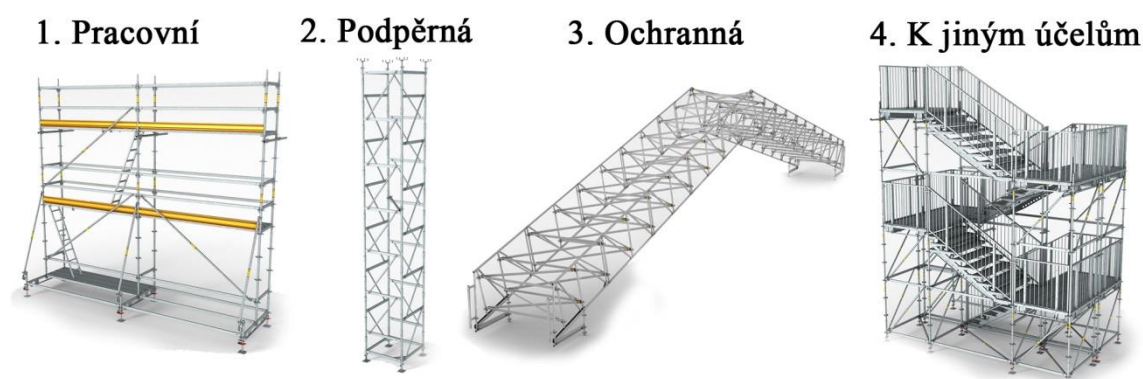
V této práci bude popisován a ilustrován návrh a nasazení dočasných konstrukcí při realizaci železobetonových monolitických konstrukcí. Tento typ nosné konstrukce byl vybrán z toho důvodu, že v průběhu výstavbového procesu je na něm využíván největší počet dočasných konstrukcí. Nejobvyklejšími dočasnými konstrukcemi jsou:

- lešení
- bednění
- pažící konstrukce
- podpěrné systémy
- stabilizační systémy
- pracovní plošiny
- opláštění a zastřešení
- prvky BOZP a záchytné systémy
- oplocení

V této kapitole bude popsán každý z výše uvedených druhů konstrukcí. Detailněji však budou představeny lešení, bednění a podpěrné systémy. Tyto konstrukce budou předmětem i pro další kapitoly, kde se budeme primárně zabývat softwarovými řešeními pro optimalizaci jejich návrhu a nasazení. [4]

1.2 Lešení

Lešení na stavbách umožňuje bezpečnou práci a pohyb ve výškách, obvykle na vnější straně budovy. Jeho využití je však rozmanitější. U realizace monolitických konstrukcí se s ním často setkáváme jako s podpěrným systémem pro bednění nebo pro části konstrukcí budov jako jsou např. balkony. V současnosti tak výrobci nabízejí komplexní nabídku systémů lešení, které jsou kompatibilní s dalšími druhy dočasných konstrukcí, jejich využití je tak vysoce variabilní a lze použít i u nejnáročnějších realizací.



Obrázek č. 1: Rozdělení lešení dle účelu využití

(zdroj: <https://www.peri.cz>; převzato 5.10.2017)

Na obr. č. 1 je zobrazeno rozdělení lešení dle jeho funkčního nasazení. U výstavbového procesu monolitické konstrukce se nejčastěji používají lešení pracovní a podpěrná. Můžeme se však setkat i se speciálními systémy lešení.

Na současném trhu nalezneme několik desítek různých variant lešení, obecně však můžeme tyto systémy rozdělit na dvě skupiny dle tvaru použitých součástí na *tyčové* a *rámové* konstrukce. [10]

Mezi tyčové konstrukce patří klasické trubkové lešení, které se skládá z ocelové trubky $\emptyset 48,3 \times 3,25$ mm různé délky (až 6m), hákových upínacích spojek, nastavovacích

spojek a nánožek. Jako podlaha se používá dřevěná podlážka o velikosti 125/150cm x 50 cm. Trubkové lešení však v posledních letech nahrazuje modulové řešení, které je složeno ze sloupků s pevně přivařenými styčníky, příčniců, podelníků, patek, zábradlí, podlážek a ztužení. Modulové řešení je oblíbené díky své variabilitě a také rychlosti montáže a demontáže.

Zmíněnou rychlost výstavby lešení ještě zvyšuje použití rámových systémů. Rámy dělíme na otevřené, uzavřené a tzv. H-rámy. Rámy mají pevně dané modulové rozměry, nevýhodou v jejich použití může být menší variabilita, nežli u systémů tyčových.

Dělit lešení můžeme také dle nosnosti podlah do šesti tříd, toto členění uvádí následující tabulka. V praxi se běžně používá pro lešení i označení lehká / těžká. [10]

Tabulka č. 1: Rozdělení lešení dle únosnosti podlah

Třída č.	Rovnoměrné zatížení podlahy [kN/m²]	
1	0,75	LEHKÁ
2	1,5	
3	2	
4	3	TĚŽKÁ
5	4,5	
6	6	

(zdroj: ČSN EN 12811-1- Dočasné stavební konstrukce - Část 1: Pracovní lešení - Požadavky na provedení a obecný návrh; převzato 6.10.2017)

1.2.1 Pracovní lešení

Pracovní lešení musí obsahovat podlahu, základním požadavkem na tuto konstrukci je zajištění bezpečné práce ve výškách. Nedílnou součástí lešení je tak zábradlí, které musí splňovat parametry uvedené v normě ČSN 73 8101 o všeobecných požadavcích na lešení. Takové zábradlí by mělo být vysoké alespoň 1,1 m od podlahy lešení a složeno ze dvou vodorovných tyčí umístěných na vnitřní straně sloupků a zarážky u podlahy vysoké alespoň 150mm. Zarážka by měla zabránit nechtěnému pádu různých předmětů pod ohrožený prostor lešení. [11]

Svislý přesun osob mezi jednotlivými patry lešení zajišťují obvykle žebříky, jejichž optimální sklon je 3:1. Žebřík by měl přesahovat horní podlahu min. o 1,1 m a měla by být zajištěna jeho stabilita přikotvením ke konstrukci lešení. Lešení by měla sestavovat pouze proškolená osoba držící platný lešenářský průkaz dle NV č. 362/2005 Sb.

Obvykle se můžeme setkat u fasádních lešení s dvouřadým uspořádáním, které obsahuje v příčném směru 2 sloupky. Méně častým je lešení třířadové, dalším typem je pracovního lešení je prostorové. To se využívá především u složitých staveb a rekonstrukcí.

V průběhu realizace monolitických konstrukcí se používá zpravidla vnitřní pracovní lešení pro armovací práce. Konstrukce je často opatřena pojezdovými koly. Standardem u těchto typů konstrukcí je manipulace celé soustavy prostřednictvím jeřábu.

1.2.2 Podpěrná lešení

Tento typ lešení se hojně využívá u výstavby železobetonových monolitů v kombinaci se systémy bednění. Nejběžnějším prvkem je stropní spojka, která v současné době unese až 50 kN při vlastní hmotnosti do 20kg. [20]

V případě nutnosti překonání větších výšek k podepření jakéhokoliv prvku na stavbě se používají podpěrné věže. Ty se dají společně kombinovat a mohou tak vytvořit prostorový podpěrný systém, který se aplikuje např. při bednění mostních konstrukcí. Věže jsou běžně navrženy až do výšky 22 m s horním uchycením na nosnost okolo 45 kN. Prostorové podpěrné lešení slouží často při sportovních a kulturních událostech jako montovaná tribuna. [13]

1.2.3 Lešení s jiným využitím

Lešenářské produkty mohou mít i několik dalších funkcí. Jednou z nich je mobilní zastřešení, které může pokrýt až rozpony blížící se k 50 m. Střešní konstrukce je tvořená systémem příhradových vazníků. Díky používaným klínovým spojům je výhodou tohoto systému jednoduchá montáž i demontáž. [20]

Na podobném principu jako fasádní lešení je založeno dočasné schodiště k překonání vertikálních vzdáleností. To může být vysoké až 50m. Výrobci nabízejí na trhu systémy, které lze montovat bez použití jakéhokoliv nářadí. Dalším typem speciálního lešení je konstrukce k překonání horizontálních vzdáleností. Mobilní mosty, lávky a nadchody využívají stejně jako lešenářské zastřešení příhradovou konstrukci, která umožní překonání rozponu až 20 m.

1.3 Bednění

Primárním cílem bednění je vytvoření formy pro uložení a zhutnění čerstvého betonu na stavbě. Požadavků na tento typ dočasné konstrukce je několik, především odolnost proti tlaku čerstvého betonu a tedy zajištění požadovaných rozměrů dle projektu s možnými geometrickými tolerancemi dle normy ČSN EN 13670 o provádění betonových konstrukcí. Bednění dále musí garantovat bezpečnost pracovníků nebo např. „pohledovost“ výsledné konstrukce. Všechny tyto kritéria a jiné je nutné posoudit před finálním výběrem systému bednění pro danou stavbu. Optimalizaci výběru správného systému nelze podcenit, neboť dopady na výsledné náklady stavby, její jakost a délku výstavbového procesu mohou být klíčové. Rozhodovacími parametry a procesem výběru se budeme dále zabývat v dalších kapitolách. [15] [9]

V tabulce č. 2 je uvedeno rozdělení systémů bednění s jejich základními konstrukčními řešeními. V této práci se budeme dále zabývat především systémovým bedněním, které je v současnosti nejvyužívanějším řešením, zejména pro jeho snadnou montáž nebo vysokoobrátkovost.

Při použití jednorázově užitých bednění se většinou jedná o tzv. ztracené bednění, kdy tento prvek zůstane natrvalo zabudovaný ve stavbě a nejedná se tak o dočasnou konstrukci. Do této skupiny patří betonové tvárnice, trapézové plechy, filigránové desky nebo tvárnice z izolačních materiálů. Vzrůstající oblibě u menších staveb se těší odbedňované jednorázově užitá bednění. Často se využívá recyklovaný papír nebo plast jako bednicí forma pro kruhové sloupy. Výhodou je nízká cena, nedostatkem pak velice omezená odolnost proti tlaku čerstvého betonu.

Tabulka č. 2: Rozdělení bednění a jejich konstrukční řešení

BEDNĚNÍ	Jednorázově užitě	Neodbedňované - ztracené	betonové tvárnice
			ocelové profilované plechy
			filigránové desky
			tvárnice z izolačních materiálů
			jiné systémy
	Odbedňované	recyklovaný papír	
		recyklovaný plast	
		jiný levný materiál	
	Opakovaně užitě	Tradiční - tesařské	řezivo
		Systémové	prvkové
			rámové
			- stropní
			- stěnové
			- sloupové
			podpěrné systémy
integrované			
- tunelové			
- speciální			
Speciální	posuvné		
	šplhavé		
	pojízdné		
	jiné systémy		

(zdroj: BAŠKOVÁ, Renáta. Realizácia betónových konštrukcií. Martin: Stavebný trh, 2008. ISBN 978-80-969877-4-0; převzato 14.10.2017)

1.3.1 Tradiční bednění

Tesařské tradiční bednění je zhotovováno nejčastěji ze smrkového dřeva II. a III. jakostní třídy. Používají se prkna, fošny, hranoly a překližky. Toto řešení je velice pracné a využití je výhodné pouze u velmi komplikovaných tvarů, u kterých nelze aplikovat bednění systémové. Při realizaci monolitických konstrukcí se používá pro bednění oken, dveří a jiných otvorů v konstrukci, v kombinaci s jiným typem bednění.

[3]

1.3.2 Systémové bednění

Systémové bednění je komplexní soubor prvků a dílců formy, zahrnující i opěrný a podpěrný systém a ochranné lešení. Systém je navržen podle jednotné koncepce tak, aby jeho prvky byly univerzální, kompatibilní pro mnohonásobně opakované nasazení ve výstavbovém procesu. [7]

Výhodami těchto systémů jsou především: minimální rozměrové tolerance, nízká stavební pracnost, vysoká efektivnost, dlouhá životnost a bezpečnost při práci.

Systémové bednění můžeme rozdělit dle konstrukčního provedení na *prvkové* a *rámové*. Obě řešení mají své klady a zápory, jejich nasazení je dané opět dle hodnotících parametrů, které budou popsány v dalších kapitolách. Dalším možným dělením je dle tvořené konstrukce na systémy *stěnové*, *sloupové* a *pro vodorovné konstrukce*.

Při **bednění stěn** se nejčastěji můžeme setkat s nasazením *rámového systému*, jehož základem je panel. Ten je tvořen ocelovým, nebo hliníkovým rámem a bednicí deskou (překližka). Panely se navzájem spojují do větších celků pomocí spojovacího materiálu a vodorovné síly jsou zachyceny pomocí rádlování (táhla a matice). Panely jsou navrhovány v rastru pro snadnou kombinovatelnost, nejčastěji po 30 cm. Rámové bednění je dnes vyráběno i v odlehčeném provedení pro ruční manipulaci bez nutnosti použití jeřábu. Výhodou tohoto řešení oproti prvkovému systému je nižší pracnost montáže a spojování jednotlivých panelů. [7]

Nosníkové kruhové bednění



Rámové bednění



Obrázek č. 2: Systémové stěnové bednění

(zdroj: <https://www.peri.cz>; převzato 15.10.2017)

Nosníkové stěnové bednění se používá tam, kde je požadavek odolání vyšším tlakům čerstvého betonu. Nosnost bednění závisí na jeho skladbě – na počtu svislých nosníků a spínacích míst na 1m^2 plochy. Základem systému je nejčastěji dřevěný (popř. ocelový) lepený plnostěnný nebo příhradový nosník I / H. Nosníky jsou spojeny ocelovými závorami a z druhé strany je na nich připevněna bednicí deska. Výhodou tohoto systému je vysoká variabilita (kruhové bednění – obr. č. 2), odolnost vůči působícím tlakům a také použití i u vodorovných konstrukcí. [2]

Sloupové bednění můžeme rozdělit dle tvaru výsledné konstrukce. Bednění pro sloupy čtvercových a obdélníkových půdorysů je totožné se stěnovými systémy. Pro bednění kruhových sloupů je nutné nasazení speciálního systému, který nelze aplikovat u žádných jiných prvků. Ten se skládá ze dvou protilehlých kruhových forem, spojovacího materiálu a stabilizujících prvků.

Bednění vodorovných konstrukcí můžeme, stejně jako u stěnových systémů, rozdělit dle použitých konstrukčních dílů na *prvkové* a *rámové* (deskové). Na tuzemských stavbách se většinou setkáme s nasazením prvkových systémů, které jsou ekonomicky výhodnější a variabilnější.

Stropní nosníkové bednění se skládá ze tří konstrukčních prvků: 1) betonářské desky – většinou vícevrstvá překližka, 2) rošt z dřevěných nosníků – jsou stejné jako u stěnových systémů, rozteče nosníků jsou dány výpočtem nebo vyčtením z tabulek výrobců a zaneseny do kladečského výkresu, 3) stojky – mohou být ocelové, popř. hliníkové, u vysokých nebo velmi těžkých horizontálních konstrukcí se často nahrazují podpěrnými věži, které byly zmíněny v oddíle č. 1.2.2.

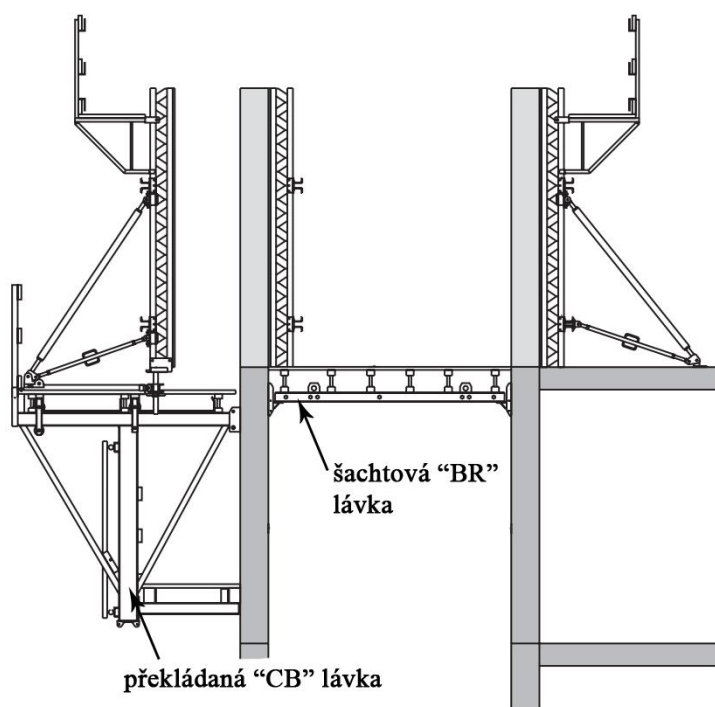
V případě rozsáhlých jednoduchých půdorysů na stavbě je výhodné použití tzv. *bednicích stolů*. Jedná se o prvkové stropní bednění, ke kterému jsou namontovány stojky a bednicí plášť. Celý systém se montuje mimo stavbu a používá se při mnohonásobném nasazení na stejné záběry. Obvykle je nutností při přepravě stolu mezi jednotlivými podlažími použití jeřábu, novinkou na trhu je však i speciální stavební výtah přímo navržený pro bednicí stoly, který výrazně zkracuje dobu transportu. Tuto variantu představila společnost Doka. [21]

1.3.3 Speciální systémy bednění

Pro atypické stavební projekty, jako jsou např. výškové budovy, komíny, sila, mosty, tunely, je na trhu celá řada speciálních bednicích systémů. Většina z nich má tři klíčové funkce: urychlení způsobu bednění, minimalizování nákladů mnohonásobným použitím a odolnost pro extrémním tlakům čerstvého betonu – především u jednostranného bednění. V současnosti se můžeme setkat se systémy *posuvnými*, *šplhavými*, *nafukovacími* nebo *pojízdnými*. Na tato řešení navazují i speciální doplňky, jako jsou například pracovní lávky a ochranné konstrukce (římsové lávky, podpěrné lešení atd.)

Posuvné bednění můžeme nasadit u výškových železobetonových objektů o konstantním průřezu. Skládá se z bednicí formy, zdvihacího zařízení (hydraulické nebo mechanické - jeřábem), z pracovních lávek a zavěšeného lešení. [2]

Velice často používaná je *šachtová lávka*, která se vcelku posouvá pomocí jeřábu. Ta je do stěn šachty připevněna pomocí tzv. šachtového „jezdce“, který se ukládá do předem připravených nik.



Obrázek č. 3: Překládané systémy od Peri

(zdroj: <https://www.peri.cz>; převzato 15.10.2017)

Šplhavé systémy fungují na podobném principu jako posuvné. Mají však výhodu v možnosti nasazení i na výškové budovy, kde se mění průřez. Často používané jsou tak u mostních pilířů, chladících věží nebo stěn přehrad.

Pojízdné bednění je výhodné u liniových staveb o neměnném příčném průřezu. Celá konstrukce může být umístěna na kolejnicích. Využití se tak nabízí u bednění tunelů, mostů, kanálů nebo dlouhých nádrží.

1.4 Ostatní dočasné konstrukce

Během výstavbového procesu je postupně nasazováno větší množství různých typů dočasných konstrukcí. Lešení a bednění již byly popsány v předešlých kapitolách, těm se tato práce věnuje primárně. Jejich návrh se dá zobecnit díky velkému množství nasazení v uplynulých letech. K těmto druhům konstrukcí také bylo přímo vytvořeno široké spektrum softwarových řešení, které bude popisováno v následujících kapitolách.

Další systémy dočasných konstrukcí úzce souvisí s těmi již zmíněnými, nebo jsou dokonce jejich částmi. Jejich popis se bude vztahovat k realizaci pozemní monolitické železobetonové konstrukce.

1.4.1 Pažící konstrukce

Jedná se o dočasné, nebo trvalé konstrukce pro zabezpečení svislých stěn stavebních jam. Aplikují se tedy v případě, kdy z nějakého důvodu nelze stavební jámu pouze vysvahovat (většinou prostorové požadavky). Základními kritérii pro návrh pažící konstrukce jsou: úroveň hladiny podzemní vody, možnosti jejího čerpání, geologické podmínky nebo umístění stávajících objektů od kraje výkopu. Ke každému typu pažení by měl být zpracován statický výpočet. [17]

Elementárně můžeme pažící konstrukce rozdělit dle odolnosti vůči působení okolní vody na:

- **pažení propustná:** záporové pažení, pilotové stěny, panelové podzemní stěny, mikrozápory, mikropiloty, roubení
- **pažení nepropustná:** štětovnice, podzemní stěny, trysková injektáž, převrtávané piloty

Nejčastěji se při realizaci monolitických konstrukcí v oblasti hlavního města Prahy v současné době setkáváme s pažením *záporovým*. To se skládá ze zápor (ocelový profil IPE, HEB, U), které jsou zavibrovány do zeminy. Vodorovnou výplň mezi záporami tvoří pažiny. Pro větší hloubky je nutné použití stabilizačních prvků, kterými jsou kotvy nebo rozpěry.

1.4.2 Podpěrné systémy

Nejvyužívanějším podpěrným systémem při realizaci monolitické železobetonové konstrukce je lešení, které bylo již zmíněno v předešlých kapitolách. Nejčastěji se jedná o klasickou stojku, která tvoří podporu pro stropní bednění až do úplného vytvrdnutí betonu. V případě nutnosti překonání větších výšek nebo zatížení se implementují podpěrné věže, které jsou tvořeny z lešenářských trubek a spojovacího materiálu. V případě bednění mostních nebo tunelových konstrukcí se vytvářejí prostorové podpěrné systémy.

Podpěrné systémy tvoří samostatnou kapitolu z toho důvodu, že ne vždy se jedná o lešení. Tyto dočasné konstrukce mohou být tvořeny z různých materiálů, nejčastěji ocelových profilů I a H, nebo dřevěných hranolů a na stavbě mohou tvořit dočasnou podporu např. pro zastřešení nebo pracovní lávky.

1.4.3 Stabilizační systémy

Při výstavbě monolitických konstrukcí se se stabilizátory nejčastěji můžeme setkat v podobě podpor pro různé systémy bednění. Jejich primární funkcí je zajištění polohy bednění při působení tlaku čerstvého betonu. Obvykle se jedná o pozinkovanou výsuvnou trubku s možností rektifikace. Na trhu výrobci běžně nabízejí stabilizátory o délce až 14 m, které by měli přenést tahovou sílu až do 32 kN. [20]

Pro stabilizaci velmi vysokých sloupů a jiných objektů s menší průřezovou plochou lze použít i speciální ocelová pozinkovaná lana.

1.4.4 Pracovní plošiny

Pracovní plošiny jsou nedílnou částí při realizaci všech větších stavebních projektů. Zabezpečují bezpečnost dělníků při práci a dostatečný pracovní prostor i na okrajích objektů. Při výstavbě monolitů jsou přímo integrovány do stěnových a sloupových systémů bednění a zajišťují dostatečný komfort při betonáži.

Pracovní plošiny implementované na okrajích objektů se většinou dodávají na stavbu již v předmontovaném stadiu, snižuje se tak pracnost na staveništi. Lávky se standardně věší na speciální kónus, který je zašroubovaný do předem zhotoveného závěsného místa, obvykle ve stropní konstrukci. Lávky mají vysokou zatížitelnost – až do 600 kg/m², což odpovídá nejvyšší lešenářské třídě 6. Systémy pracovních lávek nabízí také rohové řešení, které je velmi elegantní a odpadá zde nutnost použití fošen, o které pracovníci často zakopávají. [21]

Dalším typem dočasných konstrukcí jsou tzv. manipulační plošiny. Jejich využití najdeme tam, kde není nasazen stavební výtah. Tuto plošinu tvoří konstrukce, která je vykonzolována z objektu a slouží jako místo pro složení materiálů pomocí věžového jeřábu z libovolného patra budovy.

Skládací plošina “K” Doka



Plošinový systém Xsafe plus



Obrázek č. 4: Systémy pracovních plošin od společnosti Doka

(zdroj: <https://www.doka.cz>; převzato 25.10.2017)

1.4.5 Opláštění a zastřešení

Dočasné opláštění a zastřešení může být na stavbě hned z několika důvodů. Zřejmě nejčastějším z nich je uzavření prostoru před klimatickými vlivy, jako je déšť nebo vítr. V poslední době, kdy se ve stavebnictví zvyšuje požadavek na rychlost výstavby (realizace v zimních měsících), je aktuální otázka opatření proti mrazu a nízkým teplotám. Právě opláštění a zastřešení konstrukce je velice častým řešením, kdy se betonovaná konstrukce obalí a tento prostor je temperován až do vyvrání prvku.

Dalším důvodem k nasazení zastřešení na stavbě je bezpečnost pracovníků. Provizorní konstrukci lze umístit nad pěšími koridory nebo vstupy do stavby, kde hrozí pád předmětů do ohroženého prostoru.

1.4.6 Prvky BOZP a záchytné systémy

Mezi základní požadavky při realizaci stavebních projektů je jejich bezpečnost. Rizik na každé stavbě je několik, mezi nejčastější patří práce ve výškách a s ní související *ochrana volného okraje*. Toto riziko se řeší instalováním zábradlí, tedy prvkem kolektivní ochrany. Samotné zábradlí by mělo splňovat parametry dané v normě ČSN 74 3305 o ochranných zábradlích. Samotné zábradlí na stavbách je většinou složeno z ocelových sloupků a tří prken, kdy nejvyšší by mělo mít minimální výšku od podlahy 1,1 m a nejnižší pak slouží jako okopová hrana. Výrobci opět přicházejí se systémovým řešením, kdy celokovové zábradlí je na stavbu transportováno již v montovaných dílech a osazení takovýchto prvků na stavbě je velice snadné a efektivní. [12]

S velice zajímavým řešením přišla na trh společnost Doka. Ta vyvinula *ochranný štít Xclimb*, který je nasazován u projektů výškových budov. Štít chrání pracovníky ve vysokých výškách před povětrnostními vlivy, jedná se o hydraulicky šplhající systém.

Při realizaci monolitických konstrukcí nelze vždy použít systémů kolektivní ochrany. Např. při bednění stropu musí tesař použít bezpečnostní postroj pro práce ve výškách, zároveň se musí přikotvit k předem připravenému bodu, který se může řešit navrtáním nebo přišroubováním oka do již hotové konstrukce. Jako kotevní bod může sloužit i vyvážaná betonářská výztuž o větších profilech, v těchto situacích však nejprve musí být zpracován odborný posudek.

Se zajímavým řešením této problematiky přišla španělská společnost Alsina, která představila *systém Alsipercha*. Toto řešení má tvar šibenice a využívá systému bezpečnostních pásů z motorových vozidel. V případě pádu pracovníka se pás „zakousne“ a zabrání tak dalšímu pohybu. Systém se usazuje do předem vytvořených otvorů ve stěnách nebo sloupech a musí pokrýt celou půdorysnou plochu i s překryvy jednotlivých prvků.

Při realizaci stavebního projektu nelze opomenout ani *zajištění bezpečnosti okolí pod objektem*. Plochy a prostory, nad kterými se pracuje, musejí být zajištěny tak, aby nedošlo k ohrožení osob, které se na nich pohybují. Šířka ohroženého prostoru se měří od paty svislice, která je pomyslně spuštěna z vnější hrany volného okraje pracoviště umístěného ve výšce. Vymezené ochranné pásmo musí mít pro práci ve výšce od 3 do 10 m šířku nejméně 1,5 m. S narůstající výškou pracoviště roste také šířka ochranného pásma. [14]

K ochraně prostoru pod stavbou můžeme nasadit *záchytné systémy*, tedy např. již zmíněné přístřešky, nebo ochranné sítě. Sítě jsou většinou tvořeny rámem z ocelových prvků a dvojité propylenové sítě ve dvou vrstvách. Taková síť dokáže zachytit těleso o hmotnosti 100 kg letící z výšky až 7 m. [18] [12]

Záchytný systém Alsipercha



Záchytné sítě



Obrázek č. 5: Záchytné systémy na stavbě Neoriviera v Modřanech

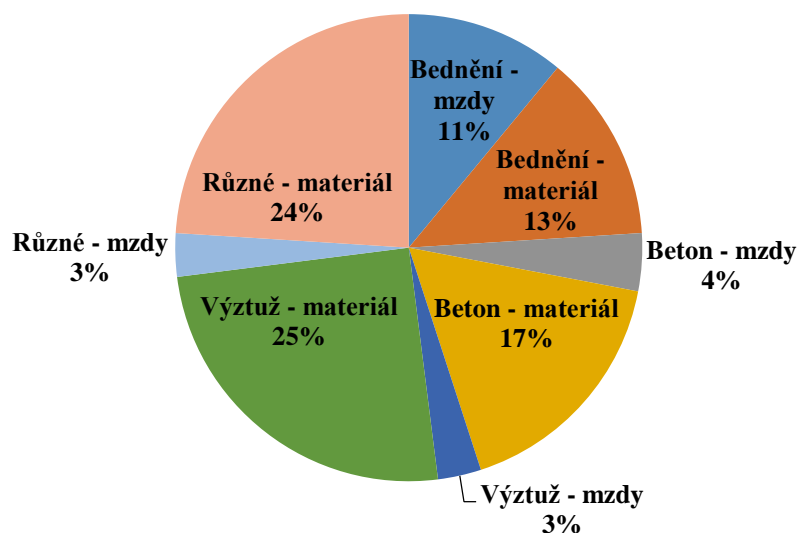
(zdroj: vlastní; vyfoceno 15.10.2017)

2 Realizace železobetonových monolitických konstrukcí

2.1 Úvod

Dočasné stavební konstrukce, které jsou stěžejním tématem této práce, se ve větším množství nejčastěji implementují do výstavbových projektů železobetonových monolitických konstrukcí. Dočasné konstrukce byly popsány v předchozí kapitole, nicméně je žádoucí se věnovat i stavebním procesům, které s pomocí dočasných konstrukcí vybudují konstrukci trvalou – železobetonový monolit. Technologické přestávky, vazby mezi procesy nebo pracovní prostor na staveništi přímo ovlivňují harmonogram projektu a tím působí i při výběru systémů dočasných konstrukcí.

Při výstavbě železobetonové monolitické konstrukce se neustále střídají následující procesy – bednění, armování (vyztužování), betonáž, odbedňování. Úkolem přípravařů a vedení stavby je optimalizovat tyto procesy tak, aby zajistili v co největší míře ekonomičnost daného projektu, jeho požadovanou kvalitu a výstavbu v požadovaném termínu.[3]



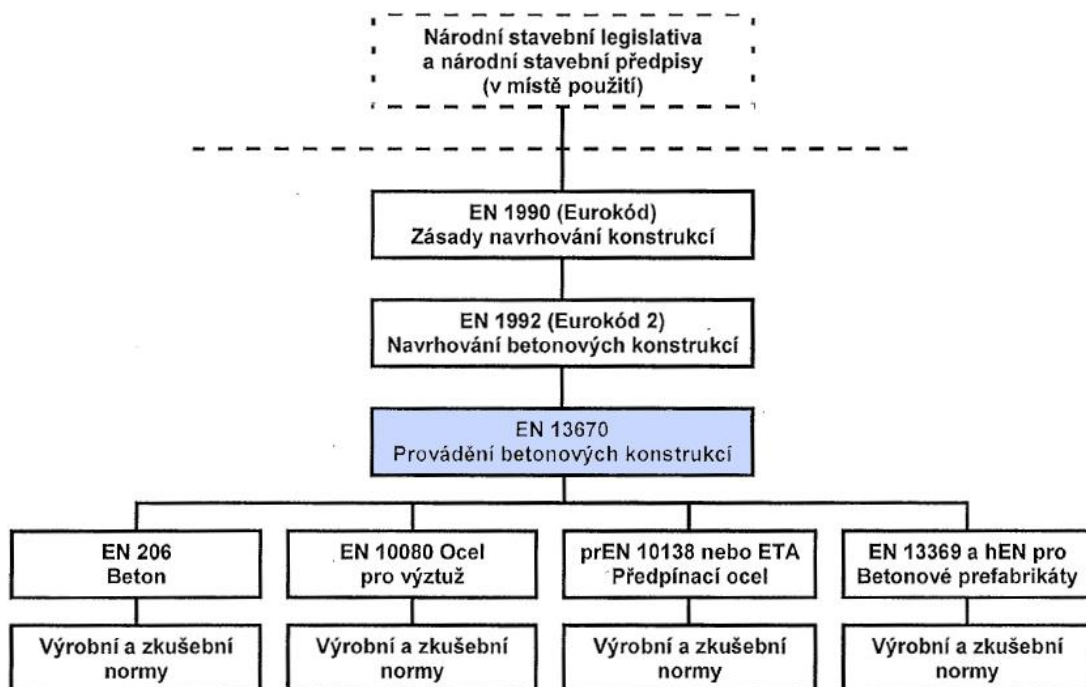
Graf č. 1: Podíly procesů na celkové ceně při výrobě železobetonového monolitu v roce 2000 v ČR

(zdroj: LADRA, Josef. *Technologie staveb 11: realizace železobetonové monolitické konstrukce budov.*; převzato 5.11.2017)

Pokud se podíváme na ceny realizování těchto konstrukcí, pak je zvýšený důraz na optimalizování na místě. V grafu č. 1 jsou uvedeny podíly jednotlivých procesů na celkové ceně díla při výrobě železobetonového monolitu. Tento údaj je uveden v publikaci Realizace železobetonové monolitické konstrukce z roku 2002. [3]

Z grafu je patrné, že vysoký podíl patří bednicím pracím. V případě správného výběru systému bednění a jeho efektivního využití může zhotovitel ušetřit až statisíce korun. I proto vznikla tato diplomová práce, aby se tímto problémem zabývala, neboť je zřejmé, že v této oblasti můžeme najít prostor ke zlepšení procesů návrhu a nasazení systémů.

V současné době se jen po hlavním městě Praze realizují desítky projektů, kde nosnou konstrukci budovy tvoří železobetonový monolit. Zhotovitel této konstrukce je většinou v pozici subdodavatele. Až po vybudování určitého prostoru mohou nastoupit do budovy i další subdodavatelé, kteří realizují dílo pro generálního dodavatele. V praxi generální dodavatel provádí většinou jen kontrolní a organizační činnost, spolu s technickým dozorem stavebníka. Je běžné, že betonáži jakékoliv konstrukce na stavbě musí předcházet svolení právě této osoby, která je ve smluvním vztahu přímo s investorem projektu. [2] [9]



Graf č. 2: Systém evropských norem jako podklad pro navrhování a provádění betonových konstrukcí

(zdroj: ČSN EN 13670 Provádění betonových konstrukcí. Převzato: 10.11.2017)

Zhotovitel železobetonové konstrukce se při realizaci musí řídit evropskou normou č. ČSN EN 13670 – Provádění betonových konstrukcí, která na 54 stranách popisuje např. jakým způsobem ukládat beton, předpínací výztuž nebo ošetřovat beton. Ve smlouvě o dílo mezi zhotovitelem konstrukce a objednatelem může být uveden jiný právní dokument, dle kterého se bude řídit samotná realizace, nebo mohou být v tomto dokumentu přímo specifikovány např. rozměrové tolerance a jiné. Další důležitou normou při výstavbě tohoto druhu konstrukce je č. ČSN EN 206 – Beton z června 2014 o specifikaci, vlastnostech a výrobě betonu. Pro lepší pochopení systému evropských legislativních dokumentů v této problematice je uveden graf č. 2. [9]

V dalších podkapitolách budou detailně popsány jednotlivé procesy bednění, vyztužování a betonáže. Nebude opomenuta ani organizace prací a s ní související staveništní doprava.

2.2 Bednění a odbedňování

2.2.1 Bednění

Jednotlivé systémy bednění byly popsány v kapitole 1.3. Nyní se budeme zabývat procesy, které počínají příjezdem prvků bednění na stavenišť. Pokud je na stavbě přítomen jeřáb, pak není nutné objednání nákladního automobilu s hydraulickou rukou. Vykládku materiálu zajistí tesařská četa, jednotlivé prvky budou uloženy na skládku v blízkosti zamýšleného prostoru pro sklad panelů. V tomto prostoru také proběhne předmontáž prvků, vzniklé panely pro stěnové bednění se nejčastěji ukládají do speciálních stojanů tak, aby byly ve svislé poloze. Stropní bednění je uloženo na paletách k tomu určených, na skládce může dále probíhat předmontáž bednicích stropních stolů.

Termín nástupu tesařské čety na bednění konstrukce má několik variant:

- *Bednicím pracím může předcházet úplné vyvázání konstrukce železáři.* Tato varianta je velmi používaná u nízkých konstrukcí, kdy výztuž nepotřebuje žádnou opěru v podobě bednění. Výhodná je z hlediska času, když železáři jsou zpravidla rychlejší, než tesaři. Další výhodou je také volnější pracovní prostor, neboť obě pracovní skupiny nejsou na sobě závislé a mohou pracovat ve svých

samostatných prostorech. Nevýhodná může být tato varianta u komplikovaných tvarů konstrukcí, kdy umístění vyvázané výztuže nemusí odpovídat nastraženému bednění. Stejný problém je u umístění otvorů v konstrukci. Velice častým problémem je pak nedodržení minimální či maximální velikosti krytí výztuže. V takových případech musejí opět nastoupit železáři a před zaklopením výztuž opravit. [2]

- *Bednění je nastraženo z jedné strany, až poté nastupuje železářská četa. Tato možnost je výhodná u masivních konstrukcí, nevýhodná je pro železáře z hlediska omezení pracovního prostoru a celková doba zhotovení konstrukce před betonáží je delší, nežli u první varianty.*



Obrázek č. 6: Ukládání bednění na předem vyvázanou armaturu - první varianta

(zdroj: vlastní – stavba Neoriviera, Etapa D. Vyfoceno: 10.11.2017)

Před osazením panelu bednění musí tesařská četa provést několik dílčích procesů. Nejprve si musí vytyčit polohu bednění, nejčastěji nataženým provázkem mezi body, které připravil geodet. Poté si zhotoví tzv. dorazy, které jsou tvořené nařezaným prutem výztuže, který se navrtává do podlahy a tvoří tak opěru pro bednění. Dále je žádoucí, aby bednicí panely byly zbaveny veškerých nečistot a byly ošetřeny separační vrstvou pro lepší odbednění, nejčastěji v podobě nástříků. Toto ošetřování by mělo probíhat mimo vyvázanou výztuž, neboť hrozí riziko omaštění výztuže. V takovém případě se snižuje spolupůsobení oceli s betonem. Samozřejmostí je, že v případě zvýšených

nároků na pohledovost výsledné konstrukce se zvyšují i nároky na kvalitu překližky a její ošetření.

Před každou betonáží je povinností tesařské čety i vedoucích pracovníků stavby kontrola nastraženého bednění, zejména pak umístění otvorů, polohy a svislosti bednění, spojů bednění, těsnost a čistota formy, čistota podkladu a provedení pracovních lávek, které jsou součástí bednění. U horizontálního bednění se pak důraz při kontrole musí klást na rozpětí podpěrných prvků – stojek, jejich správného dotažení a opatření proti ztrátě stability. Dobrou praxí je dále prověření těsnosti mezer mezi překližkami.

2.2.1 Odbedňování

Termín odbedňování konstrukce je závislý na termínu betonáže, dané technologické přestávce, klimatických jevech a dalších faktorech. Před odbedněním musí být zajištěna následující dvě pravidla: [2] [3]

- betonový prvek musí přenést veškerá zatížení, která na něj budou působit v průběhu dalších stavebních prací
- nesmí dojít k poškození povrchů úderu při odbedňování a dále nesmí vzniknout odchylky tvaru nad stanovenou toleranci

Odbedňování probíhá ve dvou fázích. Nejprve se bednění uvolní a pak se rozebere a odstraní. Uvolňování a rozebírání bednění se musí provádět tak, aby konstrukce nebyla vystavena nárazu, přetížení nebo poškození. Po celou dobu odbedňování musí být také zajištěna jeho stabilita. Při odbedňování trámů a průvlaků se nejprve uvolní boční stěny a zkontroluje se odbedněná část konstrukce. Pak se odstraní podpěrné sloupky a dna formy. Sloupky se odstraňují postupně symetricky od středu k podporám. Podpěrné sloupky odstraňujeme tak, aby se při rychlém uvolnění nepoškodil nosník. [8] [3]

Legislativa nikterak nenařizuje délku technologických přestávek po betonáží, zhotovitelé se mohou řídit německou normou DIN 1045 Beton und Stahlbetonbau, kde přestávky závisí na použitém typu cementu. V praxi je běžné, že v letních měsících se svislé konstrukce odbedňují hned další den po betonáží. Minimální pevnost svislé konstrukce před odbedněním by měla být alespoň 5 MPa. Před odbedněním

vodorovných konstrukcí by měla jejich pevnost být nejméně 70% z pevnosti po 28 dnech po betonáži.

Pevnost betonových prvků se na stavbě zkouší většinou nedestruktivními metodami, z nichž nejoblíbenější je Schmidtova metoda. Kladívko umístěné v pouzdru je vymršťeno pružinou proti povrchu betonu. Na základě velikosti odrazu kladívka od betonu se odvodí pevnost betonu v tlaku. [19]

Se zajímavým řešením přišla na trh společnost Doka. Ta představila svůj produkt Concremote, který má za úkol sledovat tvrdnutí betonu v reálném čase na základě vývoje hydratačního tepla betonu. Skládá se ze speciálního senzoru, který se vloží na zabetonovanou plochu. Senzor odesílá informace online do tabletu nebo počítače. Vedení stavby tak přesně ví, kdy mohou po betonáži nastoupit další čety, tento produkt maximálně optimalizuje dobu výstavby. [21]



Obrázek č. 7: Senzory Concremote (vlevo pro vodorovné a vpravo pro svislé konstrukce)

(zdroj: www.doka.com, . převzato: 19.11.2017)

2.3 Vyztužování

Základem pro veškeré armovací práce je výkres výztuže, který by měl zpracovat zkušený projektant – statik. Výkres by měl být opatřen výpisem jednotlivých položek výztuže, podle tohoto seznamu se pak řídí výroba v armovnách. Výkresy mohou mít až několik set položek, proto chodí výztuž z armovny na staveniště opatřená identifikačními cedulkami, které jsou shodné s výkresem. Je důležité, aby na jednom výkresu byly položky pouze pro danou konstrukci. V případě, že ve výkresu budou položky např. ze stropní konstrukce i svislých konstrukcí, dojde k problému při

objednání a dodání výztuže. Výztuž bude poté dodána na staveniště všechna najednou, což zvyšuje nároky na velikost skládky, ale i zvyšuje riziko krádeže nebo degradace ocele. V současné době je nejběžnější dodání výztuže na stavbu již v připravených délkách a tvarech, to samozřejmě snižuje pracnost na staveništi a urychluje dobu výstavby. [3]

Výztuž se na staveniště obvykle dopravuje pomocí nákladních automobilů nebo návěsů. Vykládku na staveništi většinou zabezpečuje věžový nebo mobilní jeřáb. Balíky výztuže se pokládají na volnou plochu opatřenou šterkem nebo geotextilií. Z důvodu znečištění není přípustné umístění materiálu přímo na půdu, v tomto případě se jako podklad používají dřevěné hranoly.

Ke spojování jednotlivých prutů na stavbě se nejčastěji používá vázací drát průměru 1,12 nebo 1,25 mm. Železáři k tomu využívají štípací kleště. Svislé konstrukce, především sloupy, si mohou železářské čety předvazovat na skládce staveniště. Již hotové formy se pak na místo usazení dopravují jeřábem, na místě se jen přiváží k vytrnování z předchozího podlaží.



Obrázek č. 8: Výztuž balkonu s distančními prvky a ISO-nosníky

(zdroj: vlastní – stavba Neoriviera, Etapa D. Vyfoceno: 10.11.2017)

K zajištění požadovaného krytí výztuže se využívají distanční tělíska, která mohou být plastová nebo betonová – výběr záleží na požadavcích samotného projektu, v případě zvýšené pohledovosti betonu se využívají prvky betonové. U svislých konstrukcí se často používají plastová kolečka, u vodorovných pak plastové lišty nebo betonové „hadi“.

Správnou distancí mezi horní a dolní výztuží vodorovného prvku zajišťují tzv. UTH profily, které nalezneme ve výkrese konstrukční výztuže většinou spolu se smykovou výztuží.

Pokud se podíváme na armování z hlediska vazby na ostatní procesy, pak opět musíme zmínit dvě varianty z kapitoly č. 2.2.1. Železářská četa může na konstrukci nastoupit jako první, nebo musí počkat, až tesaři nastraží jednu stranu bednění. Výhodné je optimalizovat nástup obou čet tak, aby se vzájemně nebrzdili a nepřekáželi si. Je zřejmé, že jiná situace bude u stropní konstrukce, kdy železáři nastupují až po úplném vybednění prostoru tesaři.

2.4 Betonáž a následné ošetřování

Základním předpokladem úspěšné a ekonomicky výhodné betonáže je umístění betonárky v blízkosti staveniště. Příznivé situování snižuje rizika spojená s přepravou čerstvého betonu, kterým je především doba mezi stykem cementu s vodou v betonárně a ukončením ukládky betonu do bednění na stavbě. Tento časový interval by neměl přesáhnout 90 minut, prodloužit ho může aplikování přísad - tzv. zpomalovačů tuhnutí betonu. Tento údaj je však závislý na použitém typu cementu a teplotě prostředí, jak uvádí následující tabulka. [8]

Čerstvý beton z cementu	Teplota prostředí [°C]	Čas dopravy [min]
nižší třídy než 42,5		
CEM I (portlandský)	0 až 25	90
CEM II (struskoportlandský)	>25	40
CEM III (vysokopeční)	< 0	45
třídy 42,5 a vyšší třídy		
CEM I (portlandský)	0 až 25	60
CEM II (struskoportlandský)	>25	30
CEM III (vysokopeční)	< 0	45

Tabulka č. 3: Maximální doba dopravy čerstvého betonu na stavbu

(zdroj: DOČKAL, Karel. *Technologie provádění betonových a železobetonových konstrukcí*; Převzato: 10.11.2017)

Primární dopravu, tj. transport mezi betonárnou a staveništěm, zajišťují nejčastěji autodomíchávače, který přepravují již hotový čerstvý beton a po dobu jízdy jej

promíchávají při 2 až 6 otáčkách bubnu za minutu. Tyto vozidla dokáží přepravit až 12 m³ betonu. Pro dopravu betonu na větší vzdálenosti se využívají automíchače, do kterých se plní jen suchá směs, do které se přidá voda až těsně před stavenišťem. Směs se poté míchá při 6 až 15 otáčkách za minutu. [3]

Po příjezdu vozidla by měla proběhnout kontrola a přejímka betonu vedoucím pracovníkem stavby. Nejprve by měly být porovnány údaje na dodacím listu s objednávkou, především druh a třída betonu, zpracovatelnost, přísady, příměsy a samozřejmě množství. Minimem by měla být vizuální kontrola konzistence betonu, v případě pochybností je nutností provedení zkoušky konzistence, v praxi nejběžnější je zkouška sednutí kužele.

Po kontrole betonu může dojít k přepravě materiálu z vozidla do bednění (sekundární doprava). Tu zajišťují především následující prostředky, jejichž výběr závisí na celé řadě faktorů od množství ukládaného betonu až po velikost staveniště:

- *jeřáby se zavěšenou bádii* – koš na beton má kapacitu od 0,5 m³ do 2,0 m³
- *mobilní čerpadla na beton* – stavbyvedoucí si musí dát pozor na fakt, že všechny betony nejsou čerpatelné, největší čerpadla mají výškový a délkový dosah okolo 60m a jejich maximální výkon je 180 m³/hod. Použití čerpadel je ekonomicky výhodné pouze u větších objemů betonáží.
- *pásové dopravníky* – na horizontální přepravu zavlhlých a málo měkkých betonů
- *nádoby na ruční manipulaci* – kolečka a japonky pro menší objem betonu



Obrázek č. 9: Použití mobilního čerpadla Schwing S34X při betonáži základové desky

(zdroj: vlastní – stavba Neoriviera, Etapa A. Vyfoceno: 14.9.2017)

Samotné ukládání betonu do bednicí formy provádí tesařská četa nebo specializovaná firma na betonáž. Tento proces má několik pravidel. Beton by neměl padat z výšky větší než 1,5 m. Při betonáži vysokých prvků se beton ukládá v souvislých vodorovných vrstvách, před uložení další vrstvy musí být předchozí řádně zhutněna.

Technologie zhutňování betonu se provádí nejčastěji vibrováním, možné je však i propichování, dusání nebo vakuování. Volba technologie závisí nejen na tvaru konstrukce a hustotě jejího vyztužení, ale i na parametrech použitého zhutňovacího zařízení. Těmto parametrům musí odpovídat vhodná konzistence čerstvého betonu. Vibrování je ze všech možností nejúčinnější, rozlišujeme vibrátory ponorné (ideální pro betonáž stěn), povrchové (vibrační latě a desky – u plošných vodorovných konstrukcí) a méně časté vibrátory příložné, které se používají pro výrobu prefabrikátů a montují se na bednění. [8]

Choulostivým místem v každé betonované konstrukci jsou **pracovní spáry**. Ty by měly být aplikovány v co nejmenší míře. U vodorovných konstrukcí, které jsou namáhány ohybem, se betonáž přerušuje v 1/5 až 1/4 rozponu podpor, tedy v místě nejmenších momentů. Před pokračováním betonáže se spára musí důkladně vyčistit, nesmí zde být nesoudržné částice, časté je také aplikování adhezního můstku pro lepší soudržnost s novým betonem.

Velmi důležitým procesem je **ošetřování betonu**. Beton v raném stáří se musí ošetřovat a chránit zejména proto, aby se minimalizovalo plastické smršťování a aby se zajistila dostatečná pevnost povrchu. Cílem ošetření je zajistit dostatečnou trvanlivost povrchové vrstvy betonu a jeho ochranu před mrazem, škodlivými otřesy, nárazy a v neposlední řadě i před poškozením. Rizika spatřujeme v zimním i letním období.

Betonáž při nízkých nebo záporných teplotách: Betonováním za nízkých teplot se rozumí betonování při teplotě prostředí, jehož průměrná denní teplota v průběhu alespoň 3 dnů po sobě je nižší než +5°C, přičemž nejnižší denní nebo noční teplota neklesne pod 0° C. Konstrukce se musí neprodleně po ukončení betonáže přikrýt nebo ošetřovat tak, aby teplota povrchu neklesla pod + 5° C po dobu a) 72 hodin (např. zateplování teplovzdušnými fukary, přikrývání polystyrénovými rohožemi) nebo b) dokud její pevnost nedosáhne předepsané hodnoty - 5 MPa.

Betonáž v letním období: Za nejběžnější rizika při betonování v letním období lze označit především vysoké teploty okolí (zvýšený vývin hydratačního tepla), dále vítr a přímé oslunění, které vysouší povrch betonu. Rizikem je dále silný déšť, který má za následek vyplavování cementu z povrchu betonu. Nejčastějšími opatřeními jsou kropení konstrukce – tedy vlhčení po dobu 7 dnů od betonáže nebo zakrytí vybetonovaného prvku folií odolnou slunečnímu záření.

2.5 Zásady organizace výstavby

Klíčem k úspěšnému dokončení projektu v požadovaném termínu je organizace práce. Jejím cílem je maximalizace produktivity jednotlivých čt a minimalizace prostojů mezi pracemi. Tomu napomáhá vytvoření většího počtu pracovišť, mezi kterými se čety a materiál „harmonicky“ pohybují. Pro výstavbu železobetonového monolitu je typické rozestavění tzv. *do schodu*. Tento způsob je možné využít pouze u větších půdorysů, kde na jednom podlaží mohou probíhat práce na svislých i vodorovných konstrukcích zároveň. Stěnaři poté mohou plynule přejít na stěny o patro výše, stejně tak pracovníci bednicí stropní konstrukci. [3]

Je zřejmé, že problém nastává u menších půdorysů, kdy lze vytvořit pouze jedno pracoviště. V takovém případě se zvyšuje počet přesunů bednění, neboť po betonáži stěn se bednění musí dopravit zpět na skládku tak, aby nebránilo vybednění stropu. Výhodou je pak nasazení menšího počtu bednicích prvků i počtů tesařských čt.



Obrázek č. 10: Ukázka realizace monolitické konstrukce „do schodu“

(zdroj: vlastní – stavba Neoriviera, Etapa A. Vyfoceno: 8.11.2017)

2.6 Staveništní doprava

Základním mechanismem pro horizontální i vertikální přepravu materiálu u výstavby monolitické železobetonové konstrukce je jeřáb. Nejčastějším typem na stavbách je věžový jeřáb na základu s pevnou věží a vodorovným výložníkem. V praxi se však můžeme setkat i s jinými typy, např. jeřábem s pojezdem po kolejničích, s otočnou věží nebo se sklopným výložníkem.

Umístění jeřábu na staveništi vychází z prostorových možností, termínu nasazení (do jaké technologické etapy), organizace práce a tvaru budovy. Umístění je nejčastěji mimo realizovaný objekt, jeřáb musí být situován minimálně 500 mm od budovy, nutné je počítat také s lešením. V případě menší plochy staveniště může být jeřáb umístěn uvnitř budovy, zpravidla ve výtahové šachtě, nebo je provizorně vytvořen otvor, který se po demontáži mechanizace dobetonuje. U výškových budov se používá technologie šplhavého jeřábu, která využívá tzv. stoupací rám. Tento rám se pomocí hydraulických motorů zvedá po věži jeřábu.

Návrhem jeřábu nebo soustavy jeřábů se zabývá několik metod. Nejpoužívanějšími z nich jsou:

- metoda využívající ukazatel počtu obsluhovaných pracovníků (10-20 pracovníků / 1 jeřáb)
- metoda využívající ukazatel obestavěného prostoru realizovaného objektu za jednotku času (1000 m³ hrubého objemu, připadající na jeřáb v jedné směně za měsíc)
- metoda využívající ukazatel hmotnosti přemísťovaného materiálu za jednotku času (3000 až 6000 kN materiálu za měsíc)

V případě složitější situace se musí provést podrobný rozbor, který se většinou řídí časovou náročností klíčového procesu, tedy většinou přesunu a montáže bednění.

Návrh konkrétního jeřábu je vcelku jednoduchý. Je třeba si definovat požadovaný vodorovný a výškový dosah, maximální nosnost a nosnost na konci výložníku (zatěžovací křivka). Dalšími aspekty ovlivňující výběr je namáhání na základ jeřábu a podloží, montáž a demontáž nebo požadavky na transport komponentů. Největší jeřáby mají vodorovný dosah až 81 m a maximální nosnost až 100 tun. [22]

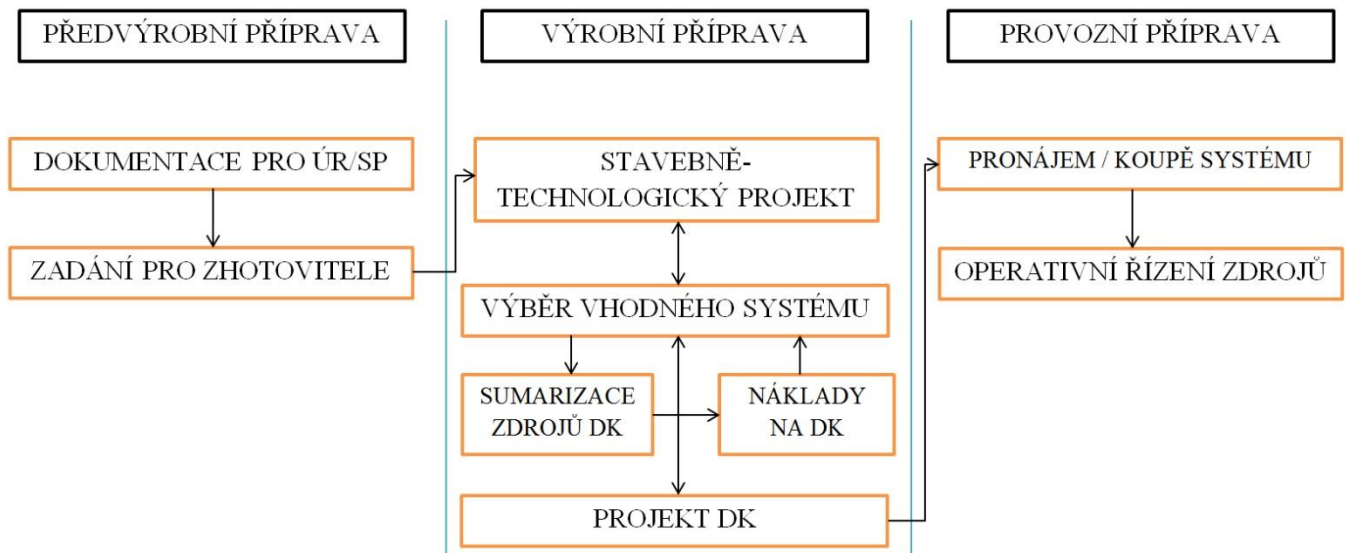
Počet jeřábů na stavbě také ovlivňuje nasazení stěnových systémů bednění. Stavební praxí a zkušenostmi je dáno a řídí se tím většina přípravářů monolitických železobetonových konstrukcí, že na jeden jeřáb připadá optimálně 20 – 25 m sady pro stěnové bednění. V případě menšího počtu bednění by jeřáb nebyl zcela využitý. Pokud by na stavbě bylo bednění pro 26 a více metrů stěnových systémů, pak za jednu směnu nedokáže jeřábník optimálně využít maximálního počtu prvků. Tím dochází k neefektivnímu využití pronajatého bednění a tedy prodražení stavby.

V případě nasazení dvou a více jeřábů lze využívat větší počet sad stěnových systémů bednění, opět nejlépe po 20-25 m. V takové situaci je samozřejmě nutností nasazení i většího počtu tesařských čet.

3 Proces výběru a nasazení systému dočasné konstrukce

3.1 Úvod

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, dočasné konstrukce, především proces bednění, má na výslednou cenu monolitické konstrukce značný vliv. Je tedy zřejmé, že správnému návrhu a nasazení těchto konstrukcí na stavbu se musí věnovat zkušení projektanti a přípraváři staveb.



Obrázek č. 11: Proces výběru a nasazení systému dočasné konstrukce

(zdroj: vlastní; vytvořeno 26.10.2017)

Jak si v dalším textu ukážeme, správný systém a jeho optimální počet nelze nasadit bez zvážení řady kritérií vztahujících se na konkrétní výstavbový projekt a jeho potřeby. Celý proces je znázorněn na obrázku č. 11, kde je období od zrodu investičního záměru, až do počátku samotné realizace výstavbového projektu, rozčleněno do tří hlavních fází: [15]

- **PŘEDVÝROBNÍ PŘÍPRAVA:** zahrnuje zpracování studie proveditelnosti, podnikatelského záměru, územně plánovací dokumentace a projektu pro stavební povolení, včetně zpracování nabídky

- *VÝROBNÍ PŘÍPRAVA*: zahrnuje zpracování realizační dokumentace zhotovitelem stavby, její součástí je stavebně-technologický projekt
- *PROVOZNÍ PŘÍPRAVA*: zahrnuje aktualizace výrobní přípravy těsně před realizací, dále objednávky, operativní plány, v průběhu stavby zahrnuje operativní evidenci skutečných stavů

Každý z jednotlivých dílčích procesů v uvedených fázích přípravy stavby bude dále přiblížen, neboť při správném návrhu systémů dočasných konstrukcí nelze zanedbat nebo pominout ani jeden z nich. Tato část textu tak vytvoří teoretický i praktický podklad pro nasazení softwarových nástrojů, které budou předmětem dalších kapitol. V nich se budeme převážně zabývat bedněním a jeho příslušenstvím, problematiku však lze zobecnit i pro další dočasné konstrukce, jako je pažení apod.

3.2 Předvýrobní příprava

Při optimalizaci výběru a nasazení dočasných konstrukcí jsou rozhodujícím parametrem náklady vyjádřené v peněžních jednotkách. Ty by měl projektant zohlednit již při počáteční architektonické studii, neboť v této fázi přípravy stavby se dají ušetřit nemalé prostředky, pokud se dodrží následující tři stěžejní zásady: [1]

- *JEDNODUCHÝ NÁVRH*. Projektant by se měl vyvarovat zbytečně složitým detailům, které zpomalují postup prací, prodlužují harmonogram výstavbového projektu a tím zvyšují celkové náklady. Investor by měl při zadání projektantovi klást důraz na použití rovných linií stavby a omezení zešikmených ploch nebo jiných složitě se bednících prvků.
- *STANDARDIZACE*. Projektant by měl mít přehled alespoň o základních systémech bednění a jeho používaných rozměrových modulech. V takovém případě je pak schopný navrhnout jednotlivé konstrukce monolitu, kde dojde k úsporám při procesu bednění.
- *OPAKOVATELNOST*. V případě možnosti použití dočasných konstrukcí několikrát v průběhu stavby se snižují náklady na mzdy pracovníků. Další výhodou je pak nasazení menšího počtu těchto konstrukcí, tedy ušetření na pronájmu / koupi prvků.

V této fázi přípravy také dochází ke zvolení zhotovitele stavby, který vyhrál výběrové řízení. Pro eliminaci zbytečných problémů během realizace stavebního díla je nutné, aby si stavebník se zhotovitelem jasně definovali požadavky na jakost stavby a byla vytvořena kvalitní a celistvá dokumentace, ze které bude zhotovitel vycházet ve stavebně-technologickém projektu. [1]

3.3 Výrobní příprava

Zhotovitel stavby, který získal zakázku od stavebníka (investora), zpracovává po podepsání smlouvy o uzavření budoucí smlouvy o dílo před samotnou realizací *stavebně-technologický projekt*, jenž se skládá z několika dokumentů, které popisují tři základní struktury projektování – strukturu *prostorovou*, *časovou* a *technologickou*. Jednotlivé struktury jsou vzájemně propojeny a dohromady tvoří systém výrobního procesu. Každý stavebně-technologický projekt by měl minimálně obsahovat: [15]

- *REALIZAČNÍ DOKUMENTACE*, která vychází z dokumentace pro stavební povolení. Žádný právní předpis nestanovuje její podobu. Tato dokumentace by měla odpovídat rozsahu stavebního díla a měla by umožňovat realizaci v požadované kvalitě, dle daného harmonogramu a rozpočtu.
- *DLOUHODOBÝ HARMONOGRAM*, který znázorňuje časovou i technologickou strukturu a je základním dokumentem při řízení stavby. U tohoto dokumentu najdeme obvykle na svislé ose jednotlivé dílčí stavební procesy, na vodorovné pak časové ohodnocení těchto procesů znázorněné na časové ose.
- *VÝROBNÍ KALKULACE*, jenž je základním nástrojem řízení stavební výroby. S její pomocí zjišťujeme potřebu výrobních vstupů na plánované práce v technických nebo finančních jednotkách. Výrobní kalkulaci tvoří rozpočtové položky, které navazují na výkaz výměr, dále přímé náklady na zabudovaný materiál a mzdy pracovníků, ostatní přímé náklady související s realizovanou pracovní operací, náklady na stroje a zařízení související s danou pracovní operací, výrobní režii a správní režii.
- *NASAZENÍ ZDROJŮ V ČASE*, jenž je většinou zobrazeno ve formě grafů běžných, nebo kumulativních. Grafy navazují na již zpracovaný harmonogram a stanovují potřebu materiálu, financí, pracovníků nebo strojů v průběhu realizace.

- *REALIZAČNÍ MODEL VÝSTAVBY*, jenž je nejčastěji vytvářen v podobě síťového grafu. Komplexní informace o realizaci stavby nám dodá také časoprostorový graf, který vykresluje všechny tři struktury výstavbového procesu.

Před realizací projektů, kde nosnou konstrukci tvoří monolitický skelet, se zpracovává v rámci výrobní přípravy také **projekt dočasných konstrukcí**, především projekt bednění [1], který by měl obsahovat:

- *Technická zpráva* (popis konstrukcí, technologické postupy montáže a demontáže, maximální zatížení působící na tyto konstrukce, přídavná zařízení, požadavky na BOZP)
- *Výkresy* (umístění a uložení konstrukcí dle podlaží / záběrů, detaily složitých částí, pracovních spár atd.)
- *Řešení speciálních prvků a konstrukcí* (zdvihací zařízení, hydraulika atd.)
- *Seznam a specifikace jednotlivých prvků* (jednotlivé systémy a jejich součásti, jejich počet)
- *Harmonogram nasazení* (u víceobrátkových systémů také postup jejich opětovného nasazení)

Projekt bednění předchází **proces výběru správného systému**, který kooperuje s **modelováním nasazení tohoto systému** v průběhu realizace stavebního díla. Z obrázku č. 4.1 je patrné, že tyto procesy jsou na sobě závislé a opomenutí jednoho z těchto procesů by bylo chybou.

V praxi to znamená, že systém s nižší pořizovací/nájemní cenou může být ve skutečnosti dražší, např. z důvodu jeho nižší obrátkovosti nebo vhodnosti nasazení na různé druhy konstrukcí v průběhu realizace stavebního díla. Je tedy zřejmé, že u procesu výběru systému nelze ihned zvolit jednoho kandidáta, ale více systémů, které budou předmětem modelování nasazení. Výsledkem modelování je pak porovnání jednotlivých modelů s různými systémy dle zvoleného parametru – většinou nákladů. Oba zmíněné procesy i postup při jejich řešení budou popsány v následujících dvou kapitolách.

3.3.1 Výběr vhodného systému dočasných konstrukcí

Na trhu se systémy dočasných konstrukcí je několik desítek výrobců, kteří přicházejí se svými řešeními, a rozhodování o nejvhodnějším z těchto systému pro zvolený výstavbový projekt může být značně komplikované. Základním požadavkem pro optimální výběr vhodného systému je vytvoření dostatečně široké datové základny, která bude sloužit jako podklad pro rozhodovací proces.

Datová základna může být ve formě tabulky v programu Microsoft Excel či jako databáze v programu Microsoft Access, nebo v jiných softwarových nástrojích na podobné bázi. Lze však využívat i specializované programy pro rozhodování a výběr vhodných dat dle zadaných kritérií. Tyto nástroje budou detailně popsány v kapitole č. 5.2.

Primárně je důležité zvolení vhodné struktury pro datovou základnu. Ta by měla být tvořena jednotlivými parametry přiřazenými k různým systémům dočasných konstrukcí. Parametry mohou být zvoleny dle určitých hledisek, které dokážou jednoznačně identifikovat popisovaný systém. [1]

Po vytvoření databáze systémů s přiřazenými parametry můžeme aplikovat zvolenou metodu rozhodovacího procesu. Tyto metody mohou být založeny na **jednoduchých matematických operacích**, které využívají subjektivního ohodnocení jednotlivých parametrů. Velmi často se využívá následující postup:

1. Výběr posuzovaných systémů dočasných konstrukcí
2. Definování parametrů (kritérií) pro každý systém
3. Ohodnocení váhy jednotlivých parametrů ($\{0,1\}$)
4. Ohodnocení nakolik daný systém splňuje parametr (např. bodovací stupnice 1-10)
5. Vyčíslení jednotlivých systémů dle vzorce $V_i = \sum x_i * y_i$ (1)
, kde V_i celkové ohodnocení posuzovaného systému
 x_i ohodnocení váhy parametrů
 y_i ohodnocení naplnění daného parametru
6. Porovnání bodování a vyhodnocení

Tato jednoduchá metoda a jí podobné mohou být velice efektivní v tom případě, že jednotlivé hodnotící procesy vytváří zkušený odborník s dostatečným citem. V opačném případě může být tento postup značně zkreslující a nemusí vést k nalezení optimálního systému dočasných konstrukcí.

Příklad: parametry sloužící k výběru vhodného systému bednění, které využívá program Exsys Corvid Expert Systém jsou znázorněny v tabulce č. 4. [6]

Tabulka č. 4: Faktory ovlivňující výběr systému bednění

Hlavní kritéria	Jednotlivé parametry	Možné varianty a dílčí parametry
1. Budova	Typ stropní konstrukce	stropy deskové, stropy trémové, žebírkové stropy
	Nosný systém	stěnový příčný, stěnový podélný, sloupový, kombinovaný
	Tvar budovy	jednoduchý tvar, komplikované řešení
2. Požadavky projektu	Povrchová úprava betonu	pohledový beton, konstrukční beton
	Rychlost výstavby	doba výstavby jednoho podlaží, rychlost uložení betonu u svislých konstrukcí
3. Místní podmínky	Cena a kvalita pracovních sil	náklady na mzdy, produktivita práce, zkušenosti
	Klimatické podmínky	teplé klima, studené klima
	Okolní zástavba	otevřený prostor, zastavěné městské území
4. Dodavatel systému, náklady a servis	Dostupný kapitál	pořizovací cena systému vč. dopravy a montáže, možnost opětovného použití, cena čištění a demontáže
	Zdvihací zařízení	manipulace ručně, jeřábem
	Poradenství a podpora dodavatele	cena, rychlost vyřízení, možnost mít technika na stavbě, prospekty, software dodavatele
	Vzdálenost pobočky dodavatele	cena dopravy, vzdálenost od skladu, skladové zásoby dodavatele

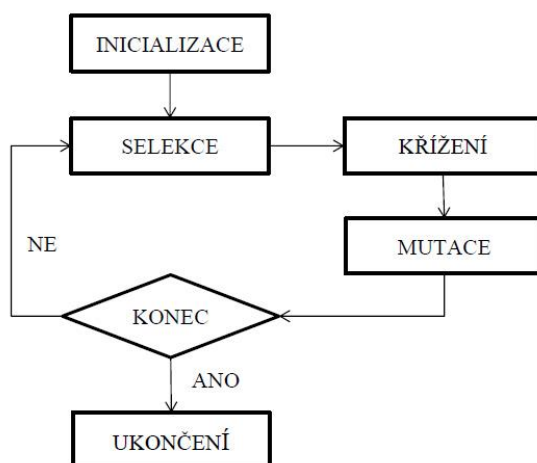
(zdroj: HANNA, Awad a Victor SANVIDO. An interactive knowledge based formwork selection system for buildings; Překlad: vlastní; Převzato 5.11.2017)

Složitější metody pro výběr vhodného systému dočasných konstrukcí využívají pokročilý matematický aparát. Těchto metod je hned několik, v poslední době jsou velmi oblíbené při řešení optimalizačních úloh tzv. *genetické algoritmy*.

Genetické algoritmy, stejně jako všechny postupy spadající do tzv. evolučních algoritmů, používají techniky napodobující evoluční procesy známé z biologie (přirozený výběr, křížení, dědičnost, mutace). Tato metoda je využívána v různých odvětvích, jako je ekonomie, elektrotechnika apod. Jednotlivé optimalizační úlohy jsou většinou napsány v programovacích jazycích, jako je C++ nebo Java.

Zobecněně můžeme popsat algoritmus následovně (znázorněn je na obr. 12):

1. Vytvoření nulté generace - inicializace (obvykle náhodně generována, lze zaznamenat i prvopočáteční řešení, ne vždy však musí řešení konvergovat).
2. Výběr vhodných jedinců z populace - selekce (operace výběru), volí se takoví jedinci, jež jsou relevantní k dalšímu řešení.
3. Generování nových jedinců - křížení, mutace.
4. Omezení počtu jedinců na velikost nastavené populace.
5. Vypočtení zdatnosti jedinců - fitness.
6. Ukončení cyklu - konec, pokud je splněna zastavovací podmínka, v opačném případě pokračuj bodem 2.



Obrázek č. 12: Zjednodušený průběh genetického algoritmu

(zdroj: *Genetické algoritmy – Mendelova univerzita v Brně*; dostupné z https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=21840; převzato 29.10.2017)

Při ukončení algoritmu se vybere jedinec s tzv. nejvyšší zdatností, ten pak reprezentuje nejlepší nalezené řešení. Genetický algoritmus svým pojetím popisuje postupnou tvorbu generací, dílčích řešení daného problému (každý jedinec je jedno možné řešení). Při evoluci v populaci se řešení zlepšuje (při vhodném navržení algoritmu a tím spojenou konvergencí řešení). [16]

3.3.2 Návrh dočasných konstrukcí

Po výběru systému dočasné konstrukce je nutné jej navrhnout pro daný výstavbový objekt. V případě, že výběr nejvhodnějšího systému není zcela zřejmý, je nutné návrh provést pro více systémů. Návrhem se rozumí alespoň částečné vypracování Projektu dočasných konstrukcí, jehož rámcový obsah byl uveden v kapitole 4.3.

Při návrhu skladby jednotlivých systémů je cílem minimalizace počtu kusů a tedy nákladů na pronájem / koupi. Základním podkladem pro návrh Projektu bednění jsou výkresy tvaru – tedy pohledy do bednění stropní konstrukce a půdorysné řezy svislými nosnými prvky podporujícími zakreslovaný strop. Pro návrh bednění svislých konstrukcí i stropu existují softwarové nástroje, které dokáží automaticky vytvořit skladbu prvků systému a jejich sumarizaci během pár sekund. Tyto nástroje nabízí výrobci dočasných konstrukcí. Po použití těchto programů nastává pro projektanta otázka, zda výsledné řešení je to optimální.

V případě složitějšího půdorysu, kde betonáž svislých konstrukcí je rozdělena na několik záběrů, může nastat situace, kdy program navrhne pro jeden rovinný záběr několik velkých dílců. Tyto dílce však již v dalších záběrech nebude lze použít a na stavbě tak budou po většinu času nevyužity.

Příklad: V příloze č.1 jsou uvedeny jednotlivé modulové díly stěnového rámového systému Peri Maximo. Pro větší variabilitu prvků na stavbě je vhodné použití 2ks dílů 120/270, nežli 1ks 240/270.

Je tedy zřejmé, že při optimalizování návrhu nelze spoléhat pouze na softwary výrobců, nicméně je nutností počítat i s využitím návrhu v rámci celého harmonogramu výstavbového projektu. Této problematice se budeme věnovat dále v kapitole č. 5.

3.3.3 Modelování nasazení dočasných konstrukcí v průběhu výstavby

Cílem této disciplíny je určení takového množství prvků dočasných konstrukcí v průběhu výstavby, jehož využití bude co nejvíce efektivní a s nejmenšími finančními náklady. Lze tedy obecně říci, že hledáme skladbu prvků, které budou vysoce obrátkové a s maximálním využitím. U systémů bednění se modelování provádí zvlášť pro vodorovné a svislé konstrukce.

Základním podkladem pro časové modelování nasazení dočasných konstrukcí je harmonogram, který se vytvoří v rámci výrobní přípravy a navazuje na harmonogram, který je předmětem smlouvy o dílo. Požadavkem pro optimální modelování je rozčlenění objektů na jednotlivé **záběry**, tento proces má několik kritérií, kterých by se měl zkušený přípravař držet: [1]

- jednotlivé záběry by měli mít podobnou pracnost (odchylky max. do 25-30%)
- objem prací na záběru by měl být dostačující pro všechny dílčí pracovní procesy (odbědňování, vyztužování, bednění, betonáž, ošetřování betonu) v rámci jedné směny
- velikost záběru musí poskytnout dostatečný pracovní prostor pro dílčí stavební procesy
- umístění záběru musí respektovat požadavky projektu – dilatační spáry, působení sil na konstrukci apod.
- velikost záběrů by měla korespondovat s použitým typem bednění, tj. uvažování modulových rozměrů

Cílem návrhu záběrů je možnost uplatnění tzv. proudové metody stavění, která zajišťuje rytmičnost a plynulost stavební výroby.

Po vytvoření záběrů lze přejít k samotnému modelování nasazení dočasných konstrukcí v průběhu výstavby – **dynamickému modelování**. Tento proces lze také nazvat řízení zdrojů procesů v průběhu času. Základním cílem tohoto procesu je minimalizace následující funkce:

$$Np = N_F + \sum_{k=1}^r (p_k \max * (T_{Kk} - T_{Zk}) * c_k * f_k) \quad (2)$$

, kde:

- N_p – náklady na prvky bednění konstrukcí stavby / záběru přepočítané na dobu nasazení na stavbě (Kč)
- N_F – fixní náklady na prvky bednění (cena za ztracené bednění, spotřební materiál – řezivo apod., prvky a přípravky – odbedňovací oleje apod.) (Kč)
- r – počet typů prvků bednění (nosníky, stabilizátory, pracovní lávky atd.)
- p_{kmax} – počet prvků bednění k-tého typu, které se nacházejí na stavbě (Ks)
- c_k – cena jednoho prvku bednění k-tého prvku (Kč/ks)
- f_k – koeficient vyjadřující poměrným číslem náklady na pronájem za jednotku času z ceny prvku k-tého typu (den^{-1})
- T_{Kk} – termín uvolnění prvků bednění k-tého typu ze stavby po demontáži v posledním záběru (datum)
- T_{Zk} – termín dodání prvků bednění k-tého typu na stavbu, tj. plánovaný termín začátku montáže prvků bednění v prvním záběru stavby (datum)

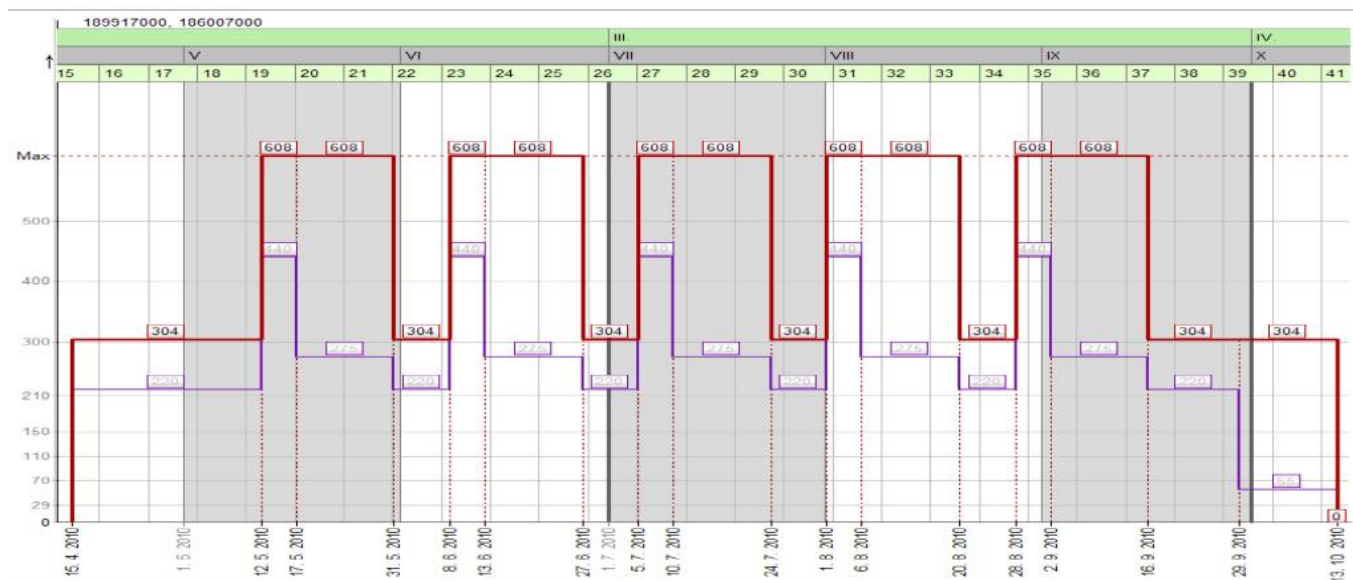
K řešení této úlohy lze přistoupit několika způsoby: [1]

- *empiricky, intuitivně* – u velmi jednoduchých staveb, na základě zkušeností
- *analytickými metodami* – výpočet nákladů na bednění v případě, že bednění je nasazováno postupně (bednění vždy předchází odbedňování), ideální pro proudovou metodu realizace výstavbového projektu monolitické konstrukce, jedná se o nejběžnější způsob v kombinaci s intuitivní metodou
- *výpočetními modely na základě počítačového experimentování a simulací* – složité dynamické modely, který analyzují data ze tří dokumentů stavebně-technologického projektu: časového plánu výstavby, projektu bednění a technologických vlastností betonu
- *kombinací metod*

V praxi nejběžnější metodou je analytická, kterou by měl zpracovávat zkušený přípravař. Využití počítačových simulací a experimentování lze využít u velmi složitých staveb, nevýhodou tohoto řešení jsou však vysoké požadavky na vstupní údaje, které mohou být i proměnné a celková časová náročnost tohoto procesu.

I z toho důvodu v současnosti na trhu chybí dostupný software, který by dokázal zahrnout a zpracovat potřebné informace, tj. harmonogram s vyznačenými dílčími procesy, k nimž by byli přiřazeny zdroje, které by se mohli v rámci časového plánu výstavby opakovat (přesouvat). K jednotlivým procesům by měl tento program dokázat přiřadit dvě technologické přestávky pro dílčí a celkové odbednění (zejména u bednění stropu). Program by měl dále umět vygenerovat histogramy (grafické zobrazení zdrojů v čase) pro zvolený časový interval.

Výše zmíněným procesem modelování nasazení bednění pomocí počítačové simulace a experimentování se ve své publikaci z roku 2013 *Časové modelovanie nasadenia debnenia do výstavby* zabývala doc. Ing. Renáta Bašková, Phd. ze Stavební fakulty Technické univerzity v Košicích. Ta, v rámci své práce, vytvořila matematický algoritmus, který byl podkladem pro vytvoření testovacího programu. Program umožňuje automatické výpočty nákladů na bednění a generování součtových grafů a histogramů pro variabilně zadávané vstupy do dynamického modelu. Prostředí tohoto zkušebního programu je předmětem přílohy č. 2. Na obrázku č. 13 je zobrazen výstup z programu v podobě histogramu pro dva vybrané prvky systému bednění současně (stropní desky a nosníky). [1]



Obrázek č. 13: Ukázka vygenerovaného histogramu z testovacího programu pro dynamické modelování (zdroj: BAŠKOVÁ, Renáta. *Časové modelovanie nasadenia debnenia do výstavby*. Technická univerzita v Košiciach; převzato 29.10.2017)

Přípraváři a projektanti, jak již bylo zmíněno, využívají nejčastěji **analytickou metodu optimalizace nákladů na prvky bednění**. Tato metoda neumožňuje nasazení bednění na více záběrech a neřeší čas nasazení bednění na stavbě. Použití je vhodné u optimalizace svislých konstrukcí a s pomocí běžných nástrojů pro projektování systémů bednění jako jsou DokaCAD nebo PeriCAD. Metoda bude použita i v kapitole č.5, kde budeme analyzovat optimálnost použití těchto programů.

Primárním cílem úlohy je minimalizovat následující funkci:

$$C_p = \sum_{k=1}^r (p_k \max * c_k) \quad (3)$$

Pro hodnotu $p_k \max$ dále platí:

$$p_k \max = \max \{p_{k1}; p_{k2}; \dots; p_{kz}\} \quad (4)$$

, kde:

C_p – cena prvků bednění pro skupinu záběrů (Kč)

r – počet typů prvků bednění (nosníky, stabilizátory, pracovní lávky atd.)

$p_k \max$ – počet prvků bednění v záběru, kde nabývá maximální hodnoty (Ks)

p_{ki} – počet prvků bednění k-tého typu v i-tom záběru (Ks)

c_k – cena jednoho prvku bednění k-tého typu (Kč/ks)

Optimum této metody je moment, kdy veškeré prvky bednění budou nasazovány ve všech záběrech. V případě, že se v analyzované soustavě budou vyskytovat nízkoobrátkové prvky, úlohou přípravaře je nahradit tento materiál jiným tak, aby byla možnost implementace do většího počtu záběrů.

3.4 Provozní příprava a operativní řízení stavby

Po výběru vhodného systému dočasných konstrukcí a určení jeho počtu na stavbě v průběhu celé realizace projektu přichází na řadu výběr dodavatele řešení a následná objednávka. Výběru vhodného dodavatele předchází důkladné zvážení řady kritérií, mezi hlavní patří cena pronájmu / koupi, poradenství nebo reference. Je však výhodné znát dodavatele dočasných konstrukcí již od raných fází projektu, především u složitých konstrukcí. Velké společnosti, jako jsou Doka, Meva nebo Peri, disponují

řadou odborníků, kteří dokáží pro danou konstrukci navrhnout ideální řešení, především z technického hlediska.

V průběhu realizace projektu je jednou z klíčových povinností vedoucích pracovníků stavby operativní řízení zdrojů. Tato činnost zahrnuje i prvky dočasných konstrukcí tak, aby jejich počet nebránil plynulé a rytmické výstavbě a zároveň neobsahoval velký počet máloobrátkových kusů. Praxí je dané, že vrácení těchto nadbytečných prvků dodavateli proběhne obvykle s velkým zpožděním a projekt tak vykazuje zbytečné náklady navíc. [15]

K již zmíněné rytmičnosti a plynulosti výstavby pomáhá operativní plánování, které může být ve formě podrobných časových plánů, obvykle zpracovávaných jednou měsíčně. U komplikovaných staveb nebo staveb s krátkou dobou výstavby se zpracovávají i týdenní plány. Výstupem operativního plánu je přehled úkolů v čase a k nim vyvážené potřeby – zdroje.

Povinností technicko-hospodářských pracovníků na stavbě je dále kontrola stavu a zacházení s prvky dočasných konstrukcí. Špatné skladování, manipulace nebo ošetřování může mít za následek znehodnocení prvků. I z toho důvodu by měla být pečlivě připravená skládka materiálu s vyznačenými místy pro sklad bednění (často se používají speciální stojany), pracovní lávky a jiný materiál. Tato plocha by měla být opatřena ideálně geotextilií a šterkem. Podstatné je také proškolení tesařů o správném zacházení s materiálem, skladování, jeho ošetřování a manipulaci.

4 Softwarová řešení pro optimalizaci návrhu a nasazení dočasných konstrukcí

4.1 Úvod

V minulé kapitole byl detailně popsán proces, jehož výsledkem je projekt dočasných konstrukcí, který se blíží optimu z hlediska časových, finančních a jakostních aspektů. Veškeré dílčí procesy, tedy výběr vhodného systému, návrh na požadovanou konstrukci a následné modelování nasazení v rámci harmonogramu výstavby, by se neobešly bez počítačové podpory. Právě ta je stěžejním tématem této kapitoly. Níže budou popsány a zhodnoceny softwarové nástroje, které by měli pomoci zainteresovaným osobám, ať už v projekčním nebo realizačním týmu, k úspěšnému dokončení výstavbového projektu hodnoceného z hlediska výše zmíněných aspektů. Ke každé oblasti softwarové podpory byla vybrána určitá kritéria, dle kterých byly jednotlivé nástroje posuzovány.

4.2 Výběr vhodného systému

Softwarové nástroje pro výběr vhodného systému dočasných konstrukcí jsou zcela závislé na datové základně, která by měla být co nejširší a nejaktuálnější. Až po jejím vytvoření můžeme aplikovat rozšíření, které nám pomohou s výběrem v případech, kdy není zřejmý jasný kandidát. Těchto nástrojů je na trhu hned několik, níže budou popsány dva z nich, každý z odlišné oblasti využití, dostupnosti a matematického aparátu. Nejprve bude představeno rozšíření Sanna, které je představitelem nástrojů pro vícekritériální analýzy. Aplikace Evolver využívá moderních genetických algoritmů a její využití má opodstatnění u velmi nejasných a složitých rozhodnutí, které však ve stavebnictví nastávají a mají značný dopad na ekonomický výsledek projektů.

Jednotlivé nástroje v této kapitole budou posuzovány dle následujících kritérií:

- *Základní funkce a další oblasti využití*
- *Uživatelská přívětivost*
- *Kompatibilita s ostatními softwary a požadavky na výpočetní techniku*
- *Dostupnost řešení*

4.2.1 Sanna 2014

Sanna 2014 je rozšíření pro program Microsoft Excel, jejím autorem je prof. Ing. Josef Jablonský, CSc. z Katedry ekonometrie na Vysoké škole ekonomické v Praze. Rozšíření uživateli pomáhá v rozhodovacím procesu pomocí vícekritériální analýzy. Sanna nabízí několik metod analýzy, pro účely výběru systému bednění je nejvhodnější metoda TOPSIS. Tato metoda je založena na minimalizaci vzdálenosti od ideální varianty a maximalizaci vzdálenosti od bazální varianty. Výhodou této metody je, že nestanovuje pouze nejlepší variantu, ale poskytuje úplné uspořádání variant podle hodnot relativního ukazatele R.U.V.

	max	max	min	max	min	max	
Výběr bedněr	únosnost	obrátkovost	cena	montáž	hmotnost	pohledovost	Test
systém 3	5	5	100000	9000	70	10	Nedominovaná
systém 4	10	60	20000	3000	40	8	Nedominovaná
systém 5	3	100	40000	5000	30	6	Nedominovaná
Váhy	0,07000	0,24000	0,33000	0,19000	0,09000	0,08000	

Obrázek č. 14: Ukázka rozšíření Sanna 2014 v aplikaci Microsoft Excel

(zdroj: vlastní; vytvořeno 8.10.)

1. Základní funkce a další oblasti využití

Prvotním krokem je zvolení hodnotících kritérií a porovnávaných systémů. Jak je patrné z obr. č. 14, dále je nutností u daných kritérií určit, zda jsou maximalizační, či minimalizační. Před spuštěním analýzy musí uživatel dále vyplnit jednotlivé parametry. Velice důležitou informací v modelu jsou váhy. Jejich hodnoty může uživatel určit sám dle zkušeností a odborného úsudku, nebo mu může pomoci jedna ze tří metod, které jsou přímo implementovány v programu. Výstup z programu je v podobě grafu, kde uživatel nalezne seřazené systémy dle jejich vhodnosti k použití, nebo v přehledné tabulce (příloha č. 3). Rozšíření je omezeno na 100 různých variant a 50 kritérií.

2. Uživatelská přívětivost

Ovládání aplikace je velice přehledné a jednoduché. Rozšíření využívá klasické

rozhraní programu Microsoft Excel. Lokalizace je v českém a anglickém jazyce. Rychlému použití pomáhá také přehledně zpracovaná nápověda.

3. Kompatibilita s ostatními softwary a požadavky na výpočetní techniku

Sanna 2014 je rozšíření pro Microsoft Excel, s ostatními softwary není kompatibilní.

4. Dostupnost řešení

Aplikace i se zkušebními daty je volně dostupná na webových stránkách autora.

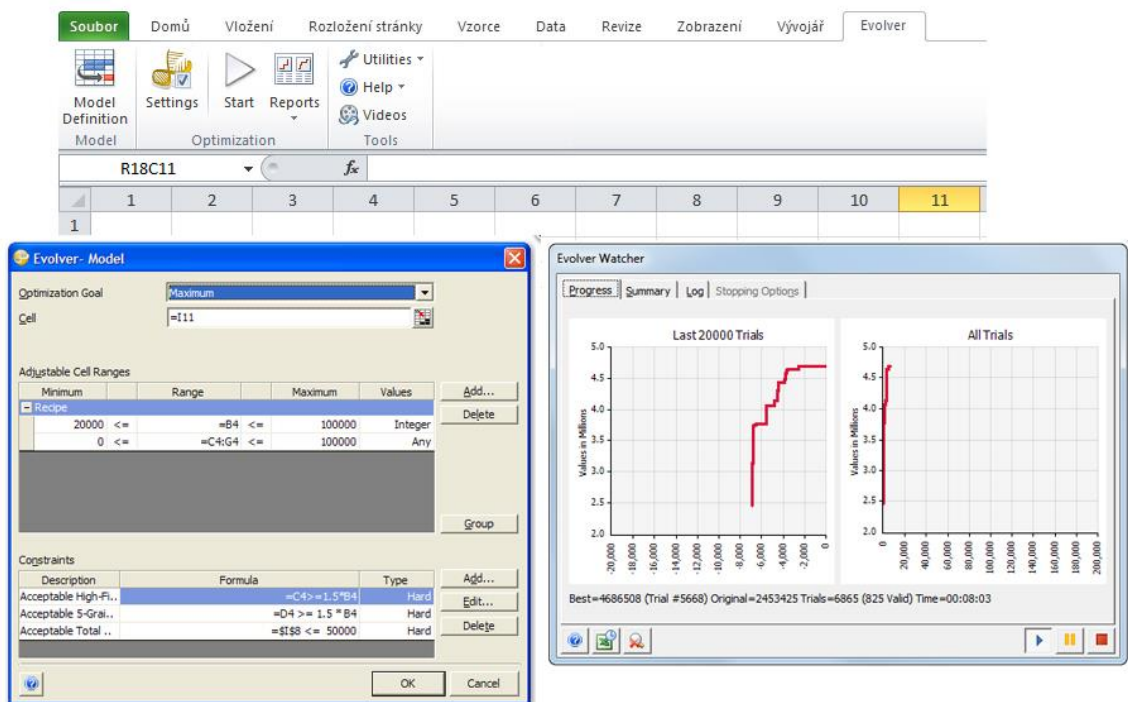
1.2.2 Palisade Evolver 7.5

Evolver v aktuální verzi 7.5 je rozšíření pro tabulkový software Microsoft Excel a Microsoft Project od společnosti Palisade. Dodavatel řešení nabízí samostatně, nebo v rámci balíčku Suite Decision Tools, kde vedle Evolveru, nástroje pro optimalizaci, zákazník nalezne i aplikace pro tvorbu rozhodovacích stromů nebo citlivostní analýzu. Samotný Evolver je založen na genetických algoritmech, které byly zmíněny v kapitole č. 4.3.1.

1. Základní funkce a další oblasti využití

Software uživateli pomáhá najít odpovědi při výběru různých systémů a produktů, které se podrobují zadaným kritériím. Uživatel do rozšíření zadává k různým buňkám proměnné, omezení a řídicí funkce, jak je vidět na obrázku č. 15. Proměnnými mohou být v našem případě různé typy systémů bednění, které jsou omezeny cenou, obrátkovostí, rychlostí montáže, skladovými zásobami půjčovny a dalšími kritérii. Řídicí funkce u podobných typů úloh obvykle minimalizuje náklady spojené s implementací daných systémů.

Evolver díky genetickým algoritmům dokáže optimalizovat i nelineární úlohy, jejichž ideální řešení nemusí ležet na lokálním maximu či minimu. Po nastavení modelu ke zkoumání uživatel zapne optimalizaci, při které program generuje stovky zkušebních řešení. Po spuštění se zobrazí souhrnné okno Evolver Progress, které ukazuje optimalizační stav a nejlepší dosaženou odpověď. Výsledky optimalizace si uživatel může zobrazit pomocí programu Evolver Watcher, nebo si je exportovat přímo do tabulky v Microsoft Excel.



Obrázek č. 15: Ukázka rozšíření Evolver 7.5 v aplikaci Microsoft Excel

(zdroj: vlastní; vytvořeno 8.10.)

Toto rozšíření může být využíváno nejen při výběru systémů, ale i při optimalizaci řízení zásob nebo pracovních sil. Využití nalézá také v oblasti financí, např. v úlohách pro maximalizaci nebo vyvážení portfolia.

2. Uživatelská přívětivost

Společnost Palisade nedodává toto rozšíření v českém jazyce. Průměrný uživatel jistě ocení, že může pracovat v dobře známém prostředí programu Microsoft Excel. Základní podklad pro modelování a optimalizování tak může vytvořit bez znalosti rozšíření Evolver. Rozšíření může být součástí i programu na plánování Microsoft Project. Problém při spuštění optimalizování může nastat u méně výkonných počítačů. Proces generování a optimalizování může trvat až jednu hodinu.

3. Kompatibilita s ostatními softwary a požadavky na výpočetní techniku

Jak již bylo zmíněno, Evolver 7.5 lze implementovat do softwaru Microsoft Excel 2003-2016 a také Microsoft Project 2003-2016. Rozšíření je také kompatibilní se všemi aplikacemi balíčku Suite Decision Tools. Pro bezproblémové spuštění by uživatel měl disponovat operačním systémem Microsoft XP nebo novějším.

4. Dostupnost řešení

Společnost Palisade nabízí toto řešení v přepočtu za 20.300 Kč za jednu profesionální licenci.

4.3 Projektování dočasných konstrukcí

Nasazení dočasných konstrukcí v optimálním počtu a termínu je základním předpokladem pro úspěšnou realizaci výstavbového projektu. Tomu předchází vytvoření projektu dočasných konstrukcí, který by měl zpracovat zkušený přípravař. Ač by se mohlo zdát, že tento úkol je poměrně snadný, díky softwarům s nástroji pro automatické návrhy, opak je pravdou.

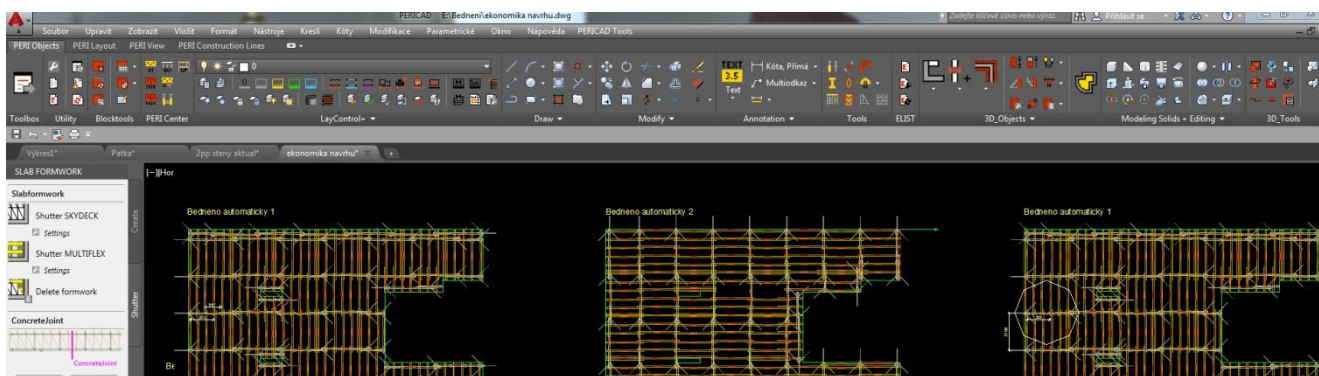
V této kapitole budou představeny dva nejvyžívanější softwary pro návrh bednění a lešení. Nejprve Peri CAD, profesionální řešení, jenž má konkurenci v nástroji na podobné bázi Doka CAD. Jako druhý program bude popsán Doka Tipos, který nachází uplatnění u rychlých návrhů, které jsou zpracovávány většinou ve fázi předvýrobní přípravy a u návrhů menších staveb. Obdobou tohoto programu je konkurenční Peri Elpos. V této kapitole se nesmělo zapomenout ani na webové aplikace, které pomáhají stavbyvedoucím přímo na staveništi a projektantům k rychlé kontrole navrženého řešení. V závěru kapitoly je nastíněna také možná implementace dočasných konstrukcí do 3D modelů BIM.

Jednotlivé nástroje v této kapitole budou posuzovány dle následujících kritérií:

- *Funkcionality a uživatelské prostředí*
- *Uživatelská přívětivost*
- *Oblasti využití*
- *Kompatibilita s ostatními softwary*
- *Nároky na výpočetní techniku*

4.3.1 Peri CAD

Peri CAD je software pro profesionální návrhy systémů bednění a lešení. Využívají jej přípraváři ve stavebních společnostech, ale i samotní technici dodavatele řešení, kteří se podílejí na návrhu složitých projektů. Peri CAD není klasickým programem, nýbrž rozšířením pro běžný CAD systém AutoCAD Architecture.



Obrázek č. 16: Uživatelské prostředí Autocad Architecture s rozšířením PERI CAD

(zdroj: vlastní; vytvořeno 8.10.)

1. Funkcionality a uživatelské prostředí

Ovládací prvky Peri CAD vychází z uspořádání základního softwaru AutoCAD Architecture. Na hlavním panelu uživatel nalezne čtyři základní záložky, z nichž nejpoužívanější je ta první – Objects. Pod ní se zobrazí několik desítek ikon, které by měli urychlit kreslení systémů dočasných konstrukcí v nejvyšší kvalitě a podrobnosti.

Přípravář může v softwaru aplikovat dva postupy bednění jakékoliv konstrukce. Návrh může být vypracován manuálně pomocí řady bloků, které nástroj nabízí, nebo automaticky. U svislých i vodorovných prvků dokáže program navrhnout funkční a staticky bezproblémové řešení během několika sekund. Tomuto procesu předchází výběr polygonu bedněné konstrukce, zadání klíčových vlastností (světlá výška místnosti, zatížení atd.) a zvolení systému k aplikaci. Program si dokáže poradit i se složitějšími detaily, v opačném případě vyzve uživatele k manuálnímu doplnění. Otázkou zdali je automatické řešení to nejlepší možné se budeme zabývat v kapitole č.5. Z hlediska ekonomiky návrhu vykazují tato řešení jisté nedostatky, které odhalí jen zkušený přípravář. Vzhledem k vysoké nájemní a prodejní ceně dočasných konstrukcí je analýza výsledného řešení nezbytná.

Velmi důležitou funkcí, využívanou obvykle u bednění stěn, jsou tzv. Cycles, neboli Záběry. Jedním z prvních úkolů přípravaře po otevření půdorysu konstrukce je právě její rozdělení do záběrů dle časových, prostorových a technologických požadavků projektu. Ke každému vytvořenému záběru se provede návrh bednění samostatně. Uživatel má možnost si zobrazit výpis použitých prvků pro jeden záběr nebo více záběrů v jediné tabulce. Lze generovat také výpis se sumarizací veškerých prvků použitých na všech záběrech. Tento přehled je závislý na harmonogramu, který je sestaven z informací o termínech začátků a konců bednění a odbednění prvků na jednotlivých záběrech.

Při návrhu složitých konstrukcí uživatel ocení pokročilé funkce z oblasti 3D kreslení. U návrhu dočasných konstrukcí pro běžné monolitické konstrukce jako jsou administrativní a bytové budovy se obvykle provádí design ve 2D.

2. Uživatelská přívětivost

Napojení na rozšířený CAD systém AutoCAD Architecture uživateli přináší řadu výhod. Odpadá tím zdlouhavé exportování mezi programy, koncovka souborů je velmi využívaná .dwg. Samotné prostředí programu je přehledné, jsou využívány klasické lišty a okna CAD systémů, v nichž se pokročilý uživatel snadno orientuje. Uživatel dále jistě ocení snadný export výpisu prvků do tabulkového programu Microsoft Excel na dvě kliknutí – prvním se označí vybedněná konstrukce, druhým se již otevře přehledná tabulka, která v sobě zahrnuje i cenu za pronájem / koupi prvku. Software dosud nebyl lokalizován do českého jazyka.

3. Oblasti využití

Jak již bylo zmíněno, jedná se o profesionální nástroj, který využívají zaškolení projektanti a přípravaři. Vzhledem k robustnosti řešení lze v PERI CAD navrhovat systémy dočasných konstrukcí pro menší obytné domy, ale i prostorové struktury pro mostní nebo tunelové konstrukce.

4. Kompatibilita s ostatními softwary

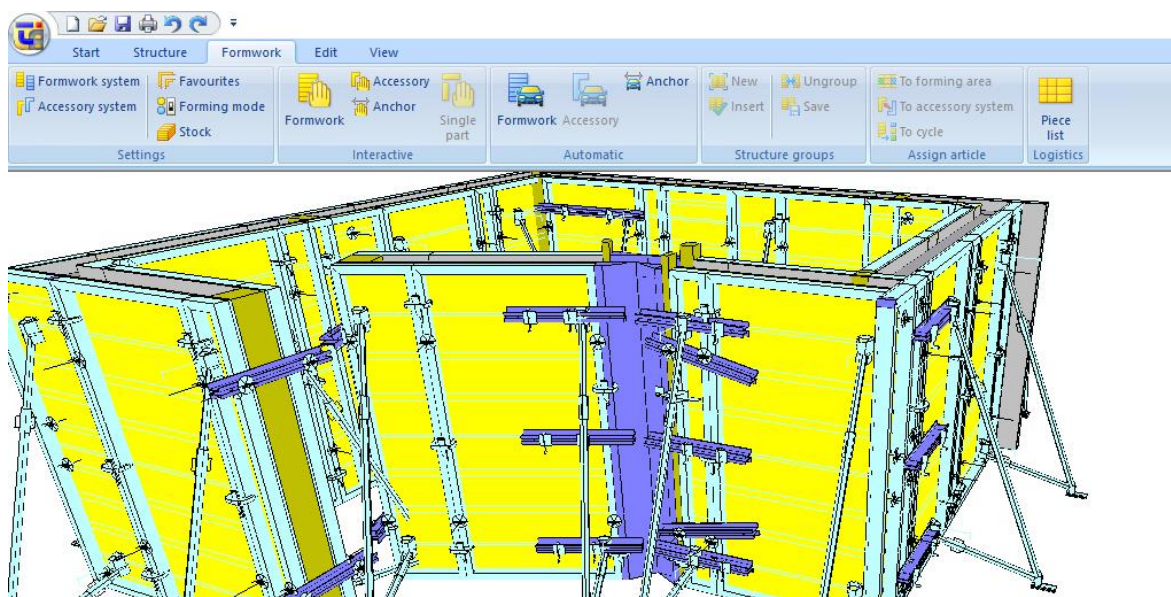
Vzhledem k dokonalému propojení s AutoCAD Architecture je Peri CAD plně kompatibilní i s jinými CAD systémy. Výkresy lze exportovat i do softwarů pro BIM modelování jako je např. Autodesk Revit.

5. Nároky na výpočetní techniku

Aktuální verzi Peri CAD lze implementovat pouze do AutoCAD Architecture 2012 a novějších. Pro plynulou práci s tímto softwarem by měla použít výpočetní technika obsahovat procesor s frekvencí alespoň 3GHz a RAM minimálně 4GB.

4.3.2 Doka Tipos 8

Software Tipos v aktuální verzi 8 od společnosti Doka je nástrojem pro rychlý návrh systémů bednění. S jeho pomocí lze sestavit funkční a staticky přesný projekt bednění. Oproti profesionální verzi Doka CAD 8 nemá několik funkcí, nicméně pro návrh menších staveb je bezproblémově využitelný. Často je také využíván jako podklad pro přeběžnou kalkulaci ceny bednicích systémů.



Obrázek č. 17: Ukázka softwarového nástroje Doka Tipos 8

(zdroj: vlastní; vytvořeno 8.10.)

1. Funkcionality a uživatelské prostředí

V základní nabídce programu je pět záložek, které jsou logicky seřazené dle postupu prací. Počátečním úkolem uživatele je vytvoření konstrukce, veškeré prvky jsou vytvářeny výhradně ve 2D prostředí. Jednotlivé prvky se zadávají pomocí formuláře, na ploše se zadává pouze natočení konstrukce. Veškeré výškové kóty se taktéž zadávají pomocí formulářů.

Velice snadno se v programu pracuje s jednotlivými záběry. Prvotní rozdělení konstrukce na záběry může uživatel vytvořit manuálně, nebo může použít asistované dělení dle zvoleného kritéria jako je stejná délka záběrů nebo dělení mimo rohy konstrukce. Samotný proces bednění je v plně automatickém režimu, výhodou je možnost manuálního zasahování do již vytvořeného bednění. Výstupem programu jsou, kromě výkresů bednění ve 2D, i pohledy obedněné konstrukce ve 3D a samozřejmostí je výpis všech prvků opatřený filtrem dle jednotlivých záběrů s vloženými cenami.

2. Uživatelská přívětivost

Prostředí tohoto softwaru je velmi přehledné a nový uživatel se v něm rychle zorientuje. Program v případě rozpracování více projektů nedokáže vytvářet záložky v jednom okně programu, uživatel tak musí přepínat mezi okny, což může být nekomfortní. Slabší stránkou softwaru je také vytváření konstrukce, tento proces je výhodný pouze u jednoduchých a pravidelných tvarů. Naopak zobrazení konstrukce v 3D pohledu je velice zdařilé. Ovládání programu není lokalizováno do českého jazyka, přeloženy jsou pouze jednotlivé prvky ve výpisu materiálu.

3. Oblasti využití

Program není využíván pro složité finální projekty bednění. Velmi užitečný je však u projektů menších domů nebo jako podklad pro tvorbu rozpočtů, kalkulací a nabídek. Program lze napojit na konkrétní sklad společnosti Doka, kam lze také automaticky odeslat poptávku navrženého materiálu.

4. Kompatibilita s ostatními softwary

Do softwaru lze importovat 2D výkresy z CAD systémů s koncovkou .dxf, pod stejnou koncovkou lze projekty i exportovat.

5. Nároky na výpočetní techniku

Doka Tipos 8 lze nainstalovat v operačním systému Windows XP a novějším. Pro plynulou práci s tímto softwarem by měla použitá výpočetní technika obsahovat procesor s frekvencí alespoň 2GHz a RAM minimálně 3GB.

4.3.3. Webové nástroje pro rychlý návrh a kontrolu

Velcí dodavatelé systémů dočasných konstrukcí, jako jsou Peri nebo Doka, nabízí svým zákazníkům a široké veřejnosti nástroje, které slouží k velmi rychlému návrhu těchto prvků nebo k jejich kontrole. Často tyto nástroje jsou využívány vedoucími pracovníky přímo na staveništi k ověření navrženého statického řešení před samotnou realizací, neboť v projektu může být fatální chyba. Tyto aplikace jsou obvykle volně zpřístupněny a lze je otevřít přímo ve webovém prohlížeči nebo na chytrém telefonu či tabletu.

1. Doka Tools

Skupina aplikací pod hlavičkou Doka Tools obsahuje nástroje k návrhu různých typů stropního a stěnového bednění, jejich optimalizace a kalkulačtor tlaku čerstvého betonu. Veškeré nástroje jsou dostupné v českém jazyce. Návrh bednění je omezen pouze na přímou stěnu a strop obdélníkového tvaru. Zajímavou pomůckou pro stavbyvedoucí mohou být optimalizátory systémů bednění. U stropního bednění tak lze velice rychle získat informaci o maximálních možných roztečích nosníků a stojek určených dle tloušťky stropu. Je zřejmé, že na stavbě se ne vždy pracovníci řídí projektem dočasných konstrukcí, přesto by soustava prvků měla být bezpečná a díky tomuto nástroji lze tento požadavek ověřit. V otázce bezpečnosti může být nápomocen také kalkulačtor tlaku čerstvého betonu. Dle něj lze ověřit, zda rychlost betonáže (m/hod) nepřekročí limitní hodnoty nastraženého bednění.



Obrázek č. 18: Optimalizace Dokaflex na Doka Tools

(dostupné z: <http://utiposweb01.doka.com/dokatoools>; vytvořeno 8.10.)

2. Aplikace Peri

Společnost Peri svým zákazníkům nabízí, stejně jako konkurenční Doka, aplikaci pro optimalizaci stropního bednění a výpočet čerstvého tlaku betonu. Navíc jsou na portálu Peri umístěny konfigurátory pro různé typy podpěrných věží, v kanceláři či na stavbě tak lze ověřit maximální možné zatížení do sloupku či stojky. Aplikace tohoto dodavatele nejsou přeloženy do českého jazyka.

4.3.4 BIM modelování dočasných konstrukcí

BIM modelování se pomalu stává standardem na větších tuzemských projektech a procento staveb využívajících tento nový přístup k vytváření a správě dat o budovách se bude do budoucna dramaticky zvyšovat. Z hlediska modelování dočasných konstrukcí v BIM se však naskytá otázka, zda se tento proces v konečném zúčtování vyplatí. Je zřejmé, že náklady na projekční a přípravnou činnost by neměly přesáhnout úspory vzniklé při realizaci v důsledku těchto činností. V tomto ohledu je nutné přiznat, že dočasné konstrukce typu bednění, nebo lešení se objevují v BIM modelech opravdu velmi zřídka.

Využití může být opodstatněné při modelování dočasných zastřešení většího formátu, či u jiných atypických konstrukcí. V těchto případech může projektant využít následující softwary:

Autodesk Revit – jedná se o základní BIM softwarový nástroj, který slouží k vytváření architektonických návrhů, detailních prováděcích výkresů, nebo rozvodů TZB apod., vše ve 3D. Revit je kompatibilní s AutoCAD Architecture, lze tak do něj vložit půdorys či řez objektu. Program dokáže generovat také přesné výkazy výměr. V programu nelze pracovat s časovou osou a jednotlivým konstrukcím tak nelze přiřadit status „dočasné“, nicméně návrh a vytvoření modelu takovéto konstrukce se provádí právě zde.

4D modelování – V BIM nástrojích pro 4D modelování (práce s 3D modelem na časové ose), jako jsou Autodesk Navisworks nebo Synchro, lze u jednotlivých konstrukcí zadat, zda jsou instalované, odstraňované, či dočasné. Lze k nim také přiřadit termíny začátků a konců jejich nasazení při realizaci.

4.4 Časové modelování nasazení systémů

V současné době máme na trhu řadu softwarů pro časové plánování stavebních projektů jako např. zahraniční Microsoft Project, Primavera P6 nebo tuzemský Contec. Všechny programy pracují na principu síťové analýzy. Tyto nástroje však neumožňují přiřadit zdroje, kterými jsou např. bednění, k termínům a ani zadávání záporné hodnoty přiřazení zdroje, což představuje komplikaci pro automatické sumarizování zdrojů – tedy prvků systémů dočasných konstrukcí. Čas nasazení zdroje (pracovního nebo materiálového) je limitovaný časem trvání daného procesu, ke kterému je daný zdroj přiřazený. Nelze tak do softwaru zadat informaci o částečném a plném odbednění konstrukce a tedy uvolnění prvků se zápornou hodnotou. Problém může nastat také v podrobnosti síťových grafů tvořených těmito programy. Procesy bednění, armování, betonáže a odbedňování mohou být agregovány do jednoho procesu, poté lze jen velmi těžko přiřazovat různé typy zdrojů.

Jak již bylo zmíněno v kapitole č. 4.3.3, v současné době na trhu chybí software, který by byl optimálně navržen pro sumarizaci a finanční ohodnocení prvků, které se na stavbě v rámci harmonogramu několikrát opakují s různými termíny nasazení a variabilními termíny demontáže. Metodiku takového softwaru navrhla doc. Ing. Renáta Bašková, Ph.D. ze Stavební fakulty Technické univerzity v Košicích. K uchopení této myšlenky a realizace samotného programu pro veřejnost však dosud nedošlo.

4.5 Nástroje pro správu dočasných konstrukcí na staveništi

Jedním z hlavních úkolů stavbyvedoucího v rámci výstavbového projektu je operativní řízení zdrojů. Jedním z takových zdrojů je i nasazení dočasných konstrukcí na stavbě, ty by měly být zapojeny pouze na nezbytně dlouhou dobu a s vysokou efektivností. V opačném případě se navyšují náklady na pronájem / koupi těchto prvků a dále se zvyšuje riziko poškození či krádeže na staveništi.

Další, neméně důležitou, úlohou vedoucích pracovníků stavby je kontrola těchto konstrukcí z hlediska bezpečnosti. Četnost kontrol montáží bednění, osazení pracovních lávek apod. by měl být uveden v plánu BOZP, nebo Kontrolním a zkušebním plánu stavby.

Pro obě činnosti, tedy řízení nasazení prvků dočasných konstrukcí a jejich controlling, máme na trhu k dispozici aplikace, které jsou velice užitečné a sofistikované. V rámci této kapitoly si popíšeme čtyři z nich. První tři aplikace – *myPERI*, *myDoka* a *XXX* – jsou primárně určeny pro správu dočasných konstrukcí na staveništi. Čtvrtá aplikace – *Autodesk BIM 360 Field* – je moderní nástroj, který pokrývá oblast kontrolování kvality a bezpečnosti přímo na staveništi, dále posouvá úroveň komunikace mezi zhotovitelem, dodavatelem a kontrolními orgány na zcela jinou úroveň. Zhotovitelé staveb na tuzemském trhu pomalu začínají implementovat standardy projektování a řízení výstavbových projektů v BIM, i proto je v této kapitole na tento program kladen velký důraz. Mezi nejprogresivnější společnosti v používání BIM 360 Field patří Skanska a.s. nebo STRABAG a.s.

Jednotlivé nástroje v této kapitole budou posuzovány dle následujících kritérií:

- *Primární a sekundární funkcionality*
- *Uživatelská přívětivost*
- *Uživatelské rozhraní*
- *Propojení s ostatními softwary*
- *Nároky na výpočetní techniku*

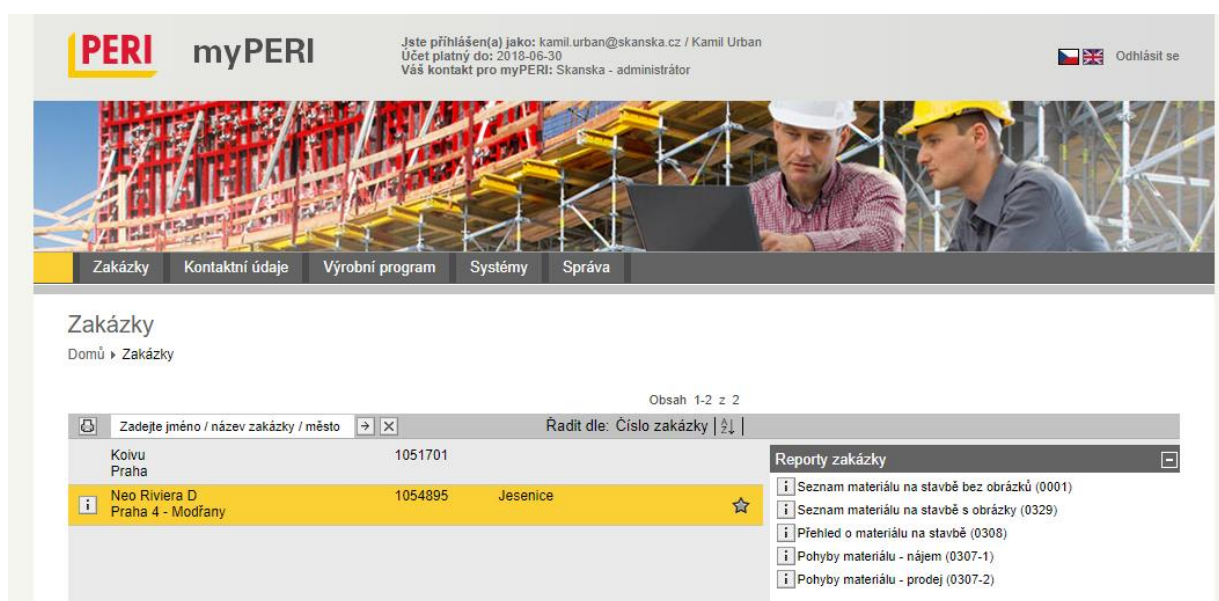
4.5.1 myPERI

Aplikaci *myPeri* dodává pro své zákazníky celosvětově působící společnost *Peri*. Zdarma jí mohou používat ti, kteří si zakoupili nebo pronajali u této společnosti systémy bednění nebo lešení. O daného zákazníka se vždy stará přidělený obchodní zástupce, který pomůže se založením účtu a spravuje jednotlivé zakázky. Aplikaci ocení jak stavbyvedoucí, tak i projektový manažeři řídící finanční stránku výstavbového projektu.

1. Primární a sekundární funkcionality

Základní položkou v menu aplikace jsou *ZAKÁZKY*, kde uživatel najde seznam všech výstavbových projektů, na kterých se vyskytují produkty od *Peri*. U větších zákazníků, jako je např. společnost *Skanska a.s.*, která mi umožnila otestovat tuto aplikaci, lze jednotlivým zaměstnancům přiřadit přístup pouze pro zakázky, na kterých pracují. Po

vybrání jednotlivé zakázky se zobrazí postranní menu s jednotlivými reporty. Stavbyvedoucí velmi ocení možnost zobrazit seznam materiálu na stavbě i s produktovými obrázky. Odpadá tak nutnost vytváření a aktualizování jednoduchých tabulek při každém pohybu materiálu. V aplikaci lze dále zobrazit report s veškerými pohyby materiálu od zahájení projektu, s možností filtrace informací podle vybraného data. Uživatel si také může prohlížet veškeré vydané dokumenty – faktury, výdejky, vratky. U vrátek je velice přínosná funkce, která přiřazuje k dokumentu fotografie. Pokud se tato možnost pečlivě využívá, odpadají pak možné spekulace o stavu a počtu vráceného zboží.



Obrázek č. 19: Prostředí aplikace myPeri

(zdroj: <https://my.peri.com/> - zákaznický účet spol. Skanska a.s.; vytvořeno 12.10.2017)

Doplňkovou – sekundární funkcí této aplikace je možnost zobrazení všech produktů z výrobního programu Peri. Ke každému výrobku je přiřazeno číslo, krátký popis, hmotnost a fotografie. Vedení stavby dále ocení přístup ke všem systémům Peri, včetně montážních návodů. Na staveništi se proto nemusí skladovat tištěné dokumenty.

2. Uživatelská přívětivost

Ovládání aplikace je jednoduché a rozmístění jednotlivých modulů je logické. Nevýhodou může pro uživatele být fakt, že jednotlivé reporty nelze otevřít přímo v rozhraní aplikace. V případě, že stavbyvedoucí si bude chtít rychle zobrazit např.

seznam materiálu na stavbě, musí vždy nechat vygenerovat soubor PDF. To celý proces značně prodlužuje.

3. Uživatelské rozhraní

myPeri je běžná internetová stránka, kterou lze zobrazit v jakémkoliv webovém prohlížeči na adrese my.peri.com. Stránka není responzivní, při prohlížení na mobilním telefonu proto může být ovládání nekomfortní.

4. Propojení s ostatními softwary

Aplikace není propojena s žádným uživatelsky dostupným řešením.

5. Nároky na výpočetní techniku

Jakýkoliv operační systém s webovým prohlížečem.

4.5.2 myDoka

Aplikaci myDoka nabízí pro své zákazníky společnost s celosvětovým působením Doka. Nástroj je vystaven na podobné bázi jako konkurenční myPeri, obě aplikace se však od sebe v několika směrech liší.

The screenshot shows the myDoka web application interface. At the top is a yellow navigation bar with the 'doka' logo and menu items: 'Projekty', 'Finance', 'Ke stažení', and 'Shrnutí'. Below the bar, the breadcrumb 'Projekty > 540031672' is visible. A secondary navigation bar contains icons and labels for 'Soupis podle data', 'Stvrzenky', 'Kontroling', and 'Projektová dokumentace'. The main content area is titled '540031672 Neoriviera D'. On the right side, there are two contact blocks for 'SKANSKA'. The first block is for the 'OBCHODNÍHO ZÁSTUPCE' (Commercial Representative) Petra Burešová, with contact details: 'Za Avii 868/1, 19600 Praha 9, Čakovice, Telefon +420 725 743 971, petra.buresova@doka.com'. The second block is for the 'TECHNICKÉHO PORADCE' (Technical Advisor) Tomáš Borovička, with contact details: 'Za Avii 868/1, 19600 Praha 9, Čakovice, Telefon +420 060 6643129, tomas.borovicka@doka.com'. The main content area is divided into three columns. The first column, 'SOUPIS PODLE DATA', includes links for 'Zůstatek na stavbě', 'Rezervace vratky', 'Dodací listy a vratky po dnech', 'Vyhodnocení dodávek a vratek', 'Otevřené objednávky', and 'Analýza projektu'. The second column, 'STVRZENKY', includes links for 'Dodací listy', 'Vratka', and 'Faktura za nákup / nájem'. The third column, 'KONTROLING', includes links for 'Přehled obrátu' and 'Otevřené účty'.

Obrázek č. 20: Prostředí aplikace myDoka

(zdroj: <https://mydoka.com/> - zákaznický účet spol. Skanska a.s.; vytvořeno 14.10.2017)

1. Primární a sekundární funkcionality

myDoka má základní menu rozděleno na čtyři hlavní části, na obr. č. 20 je zobrazeno prostředí první položky – *Projekty*. Zde je uživateli umožněno zobrazování podobných informací jako u aplikace od společnosti Peri, tedy materiál na stavbě, faktury, vratky, dodací listy k vybraným výstavbovým projektům.

Výhodou myDoka oproti konkurenci je možnost objednání vratky přímo z této aplikace. Objednávce předchází výběr jednotlivých prvků s množstvím k vrácení, uživatel se může řídit popisem produktů i jeho grafickým znázorněním. Objednávku lze jednoduše exportovat do formátu PDF, nebo excelovského XLS.

Zajímavou funkcionalitou je Analýza projektu. Zde si např. projektový manažer může zjistit, kolik prostředků v průběhu výstavby již bylo investováno do systémů dočasných konstrukcí. Jednotlivé hodnoty jsou rozděleny pro různé prvky zvlášť, lze tedy dohledat celkovou cenu za pronájem stropních nosníků nebo manipulačních plošin. V této části aplikace je umístěn i přehledný graf popisující stav zásob vyjádřený v peněžních jednotkách ležící na časové ose. Do aplikace myDoka lze také nahrávat jednotlivé soubory projektové dokumentace, kterou vytvořili projektanti společnosti Doka.

V ostatních třech položkách hlavního menu uživatel nalezne ucelené informace o zaslaných platbách, obratu projektu a systémech bednění a lešení Doka.

2. Uživatelská přívětivost

Pokud porovnáme tuto aplikaci s konkurenční od Peri, pak je zřejmé, že z hlediska uživatelské přívětivosti je na vyšší úrovni nástroj myDoka. Rozmístění jednotlivých modulů je velice přehledné a veškeré informace lze zobrazit přímo v rozhraní bez nutnosti generování externích souborů.

3. Uživatelské rozhraní

Opět se jedná o webovou stránku, která je dostupná z mydoka.com. Web využívá celou šířku monitoru a oproti myPeri vypadá moderněji. Šablona stránky není responzivní a při zobrazení na tabletech nebo mobilních telefonech tak může vykazovat uživatelskou nekomfortnost.

4. Propojení s ostatními softwary

Aplikace není propojena s žádným uživatelsky dostupným řešením

5. Nároky na výpočetní techniku

Jakýkoliv operační systém s webovým prohlížečem.

4.5.3 Zápůjční sklad Skanska

Alternativou ke dvěma výše zmíněným aplikacím je program ZapSklad, který začátkem října 2017 představila společnost Skanska a.s., konkrétně půjčovna bednění v závodě monolitické konstrukce. Provozovatelem tedy již není výrobce bednění a dočasných konstrukcí, ale pouze subjekt, který s těmito prvky obchoduje. V sortimentu půjčovny bednění se nachází produkty od více výrobců o různých skladových zásobách. Při vývoji tohoto programu tak byl základní požadavek na spolupráci a výměnu dat se skladovou evidencí. Zákazníky půjčovny jsou obvykle interní projektový manažeři, kteří si objednávají materiál pro své výstavbové projekty, nicméně sortiment je dostupný i pro externí osoby. V současné době je program stále vyvíjen, přesto je již aplikován na několika projektech a pomáhá stavbyvedoucím a projektovým manažerům se správou zásob dočasných konstrukcí na staveništi.



Obrázek č. 21: Hlavní strana programu Zapůjční sklad Skanska

(zdroj: interní systém Comsys společnosti. Skanska a.s.; vytvořeno 24.10.2017)

1. Primární a sekundární funkcionality

Na obrázku č. 21 je zobrazeno základní prostředí programu s hlavními agendami. Program eviduje zapůjčené zboží, počet dnů u odběratele včetně kalkulace pronájmu, opotřebení vráceného zboží. Řeší případné ztráty nebo odprodej zapůjčeného zboží. U vybraného zboží je možno evidovat výrobní čísla materiálu a kontrolovat jeho vrácení. Program je schopen vyhodnotit aktuální stav materiálu nebo pohyb na skladech včetně rezervace na zakázkách. Je možno sledovat historii pronájmů a zápůjček.

Zákazníci si mohou zboží objednat přímo z rozhraní pomocí funkce Akce, nebo jen materiál rezervovat u vybraného skladu. Další funkcí, kterou nelze najít u myDoka ani u myPERI, je dostupný ceník zboží k pronájmu / koupi. Samozřejmostí je souhrn veškerých dokumentů – faktur, výdejek, vratek a nabídek.

Stavbyvedoucí nejčastěji pracují s ikonou *Zakázky*. Po jejím otevření se zobrazí seznam zakázek dle jednotlivých výstavbových projektů. Materiál pro každý projekt je dále dělen do čtyř skupin – stěny, strop, BOZ a pracovní lávky. U jednotlivých prvků pak je přehledně znázorněno množství na stavbě, cena a pohyb. V programu lze také vytvářet pohodlně faktury pro daný měsíc.

2. Uživatelská přívětivost

Základní nabídka programu je přehledná, uživatel se může řídit velkými ikonami nebo textovým popisem. Stejně tomu je i při zobrazení některé z podnabídek. Jednotlivé tabulky jsou různě podbarvené a uživatel se v nich velice rychle zorientuje. Nedostatkem programu je nemožnost vygenerování PDF reportu, zakázky a jiných dokumentů. K vytvoření tohoto typu souboru musí zákazník nainstalovat virtuální PDF tiskárnu, což celý proces značně prodlužuje.

3. Uživatelské rozhraní

Jedná se o program, který lze nainstalovat z CD nebo webové stránky dodavatele řešení – společnosti Comsys. Skanska a.s. má tuto aplikaci implementovanou do svého firemního IT systému Citrix, který využívá virtuálního cloudového prostředí a lze se tak k němu připojit odkudkoliv a na jakémkoliv zařízení.

4. Propojení s ostatními softwary

ZapSklad umožňuje přenášení vybraných dat mezi další programy dodavatele řešení

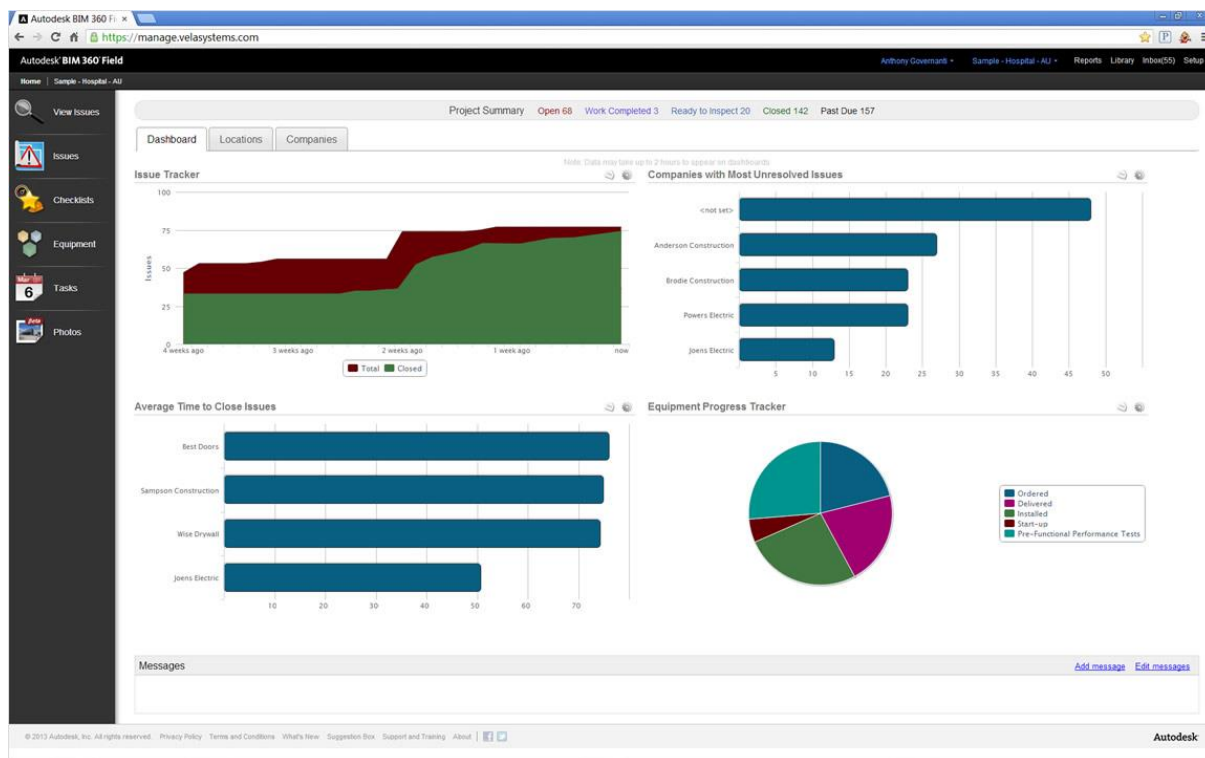
Comsys, tedy zejména ekonomické softwary.

5. Nároky na výpočetní techniku

Program pro svoji práci vyžaduje operační systém Windows.

4.5.4 Autodesk BIM 360 Field

BIM nástroje při projektování, realizaci a správě budov jsou stále častěji nasazovány a právě jim patří budoucnost ve stavebnictví. Program BIM 360 Field doplňuje ostatní BIM nástroje společnosti Autodesk a je určen k použití přímo na staveništi. Běžnou praxí se stalo používání tohoto nástroje ve společnosti Skanska a.s., která mi umožnila otestovat toto řešení jak v kanceláři, tak i přímo na stavbě za použití tabletu.



Obrázek č. 22: Hlavní stránka aplikace Autodesk BIM 360 Field

(zdroj: <https://bim360field.autodesk.com>.; vytvořeno 18.10.2017)

Obecně se dá o této aplikaci říci, že posouvá spolupráci různých profesí na stavbě na zcela jinou úroveň, tím zvyšuje efektivnost prací a jiných segmentů při výstavbě. Software je velmi vhodný pro řízení kvality, kontroly, stavebního dozoru, nebo

předávání materiálu. Z hlediska dočasných konstrukcí může být tento program používán pro kontrolu bezpečnosti jednotlivých prvků. V praxi tedy může kontrolovat stavbu pracovník BOZP, stavbyvedoucí nebo technický dozor stavebníka za použití tabletu s tímto softwarem. V případě požadavku na změnu stávající konstrukce označí dané místo s poznámkou a fotografií na výkresu, který je nahraný v programu. Tato vložená skutečnost se ihned zobrazí zhotoviteli konstrukce a ten může okamžitě reagovat. Je zřejmé, že s použitím tohoto programu se zlepšuje komunikace a efektivnost na staveništi.

V programu lze přidělit tzv. role jednotlivým uživatelům s různými stupni přístupů. Většinou je na stavbě přítomen jeden správce BIM, který systém spravuje a vytváří funkce pro ostatní uživatele, tyto funkce si popíšeme v dalším textu.

Dle sdělení obchodního zástupce společnosti Autodesk je cena této aplikace pro komerční využití stanovena na 7598 Kč bez DPH za tříměsíční pronájem.

1. Primární a sekundární funkcionality

Základní funkce programu jsou rozřazeny do hlavního menu, které je umístěné v levé části rozhraní. Základním prvkem jsou *Issues*. Jedná se o seznam vad a nedodělků, ke kterým je přiřazena poloha (uživatel do výkresu zadává tzv. PIN), typ a označení konstrukce, fotografie a zhotovitel. *Issues* můžou vytvářet kontrolní orgány. Zhotovitel po odstranění vad by měl místo vyfotografovat a uzavřít *Issues*. Na hlavní stránce programu nalezneme statistiky s průměrným časem na odstranění vad nebo přehled zhotovitelů s nejvíce přidělenými *Issues*.

Další položkou v hlavním menu je *Checklist*. Za pomoci správce programu si uživatelé mohou nadefinovat kontrolní formuláře, které budou na stavbě využívat. Běžně se zde používá Kontrolní a zkušební plán (dále jen KZP), výhodou je možnost vložení elektronického podpisu, poznámek a fotografií.

Další funkcí aplikace jsou tzv. *Tasks*, neboli úkoly. Uživatelé si zde mohou definovat plány na příští dny i měsíce a následně potvrzovat jejich plnění. Vedení stavby dále často využívá položku *Daily Updates*. Zde můžou být umístěny informace o denních dodávkách / vratkách materiálu či jiných vzniklých skutečnostech. Touto položkou lze

částečně nahradit i stavební deník. Ten je však v praxi stále používán v klasické papírové podobě. V této položce se také nachází předpověď počasí ke zvolenému dnu.

Pátou položkou v menu jsou *PDF - Lokace*. Je zde nahrána projektová dokumentace stavby, ke každému výkresu jsou správcem přiděleny tzv. lokace s přiřazením různých typů konstrukcí. Uživatelé poté mohou vybrat položku, např.: stěna 08, 3NP, a dále s ní pracovat. Na šesté položce menu je seznam všech nahraných *fotografií* v průběhu využívání programu na staveništi. Není výjimkou uložení více než tisíce fotek během výstavby. Jednotlivé fotografie má uživatel možnost filtrovat dle času, lokace, nebo autora.

Poslední položkou jsou *Reporty*. Zde software nabízí možnost vytvoření souboru PDF pro zvolené Issues nebo Checklist. Dokument je vygenerován dle zvolené šablony, kterou má uživatel možnost editovat.

2. Uživatelská přívětivost

Autodesk dosud nenabízí aplikaci v české verzi, pro uživatele bez znalosti anglického jazyka to může být zpočátku komplikace. Po zaškolení trvajícím okolo 60 minut je uživatel schopný ovládat aplikaci bez jakýchkoliv problémů. Samotné prostředí aplikace při zobrazení na stolním počítači, notebooku, tabletu či mobilním telefonu je velmi intuitivní a přehledné.

3. Uživatelské rozhraní

Autodesk BIM 360 Field je postaven na web-cloud technologii. Jedná se tedy o internetovou aplikaci, která lze zobrazit na různých zařízeních bez nutnosti instalace. Pro počítačové operační systémy se tak aplikace spouští jako webová stránka po přihlášení uživatele na adrese bim360field.autodesk.com. V případě použití tabletu nebo chytrého mobilního telefonu je nutností stažení této aplikace v Google Play pro operační systém Android nebo App Store pro iOS. Na všech zařízeních lze používat tento nástroj i v režimu offline, po připojení k internetu se pak data automaticky spárují.

4. Propojení s ostatními softwary

Autodesk BIM 360 Field vychází z řady cloudových aplikací Autodesk BIM 360, které zahrnují i aplikaci Glue pro detekci kolizí v BIM modelech a další. Se všemi těmito nástroji je Field kompatibilní. Dále lze u této aplikace měnit data se softwary z řady

Autodesk AEC Collection, která obsahuje především nástroje pro BIM modelování Revit a Navisworks Manage nebo CAD systémy jako je např. AutoCAD.

5. Nároky na výpočetní techniku

Jakýkoliv operační systém s webovým prohlížečem nebo zařízení se systémem Android nebo iOS.

4.6 Závěr

V předchozím textu byly popsány a zhodnoceny softwarové nástroje, které pomáhají svým uživatelům s různými činnostmi v segmentu dočasných konstrukcí. Pro přehlednost všech údajů a zhodnocených kritérií daných softwarů uvádím tabulku č.5.

Tabulka č. 5: Přehled zkoumaných softwarů s jednotlivými parametry

	VÝROBNÍ PŘÍPRAVA PROJEKTU				PROVOZNÍ PŘÍPRAVA PROJEKTU				
	Výběr vhodného systému	Projektivování dočasných konstrukcí	Doka Elpos	Doka Tools	Applikace Peri	myPeri	myDoka	ZapSklad (Skanska)	BIM 360 Field
Primární funkce	Sanna 2014 rozhodování pomocí vícekritériální analýzy	Peri CAD profesionální návrh bednění, lešení a podpěrných věží	rychlý návrh bednění s výpisem prvků bednění	Optimalizace a návrh stropního a stěnového bednění, kalkulátor tisku čerstvého betonu	Applikace Peri Optimalizace stropního bednění, kalkulátor tisku čerstvého betonu, konfigurator	správa prvků na staveništi, dokumentace systémů, seznam dokumentů, finanční přehled	správa prvků na staveništi, dokumentace systémů, seznam dokumentů, finanční přehled, rezervace prvků	správa prvků na staveništi, dokumentace systémů, seznam dokumentů, rezervace prvků	řízení kvality, bezpečnosti, komunikace na stavbě, správa dokumentů
Oblasti využití	stavebnictví, finance, průmysl	malé i velké objekty, dopravní stavby	menší pozemní objekty	kontrola navržených řešení v kanceláři i staveništi	kontrola navržených řešení v kanceláři i staveništi	stavbyvedoucí, projektový manažer	stavbyvedoucí, projektový manažer	stavbyvedoucí, projektový manažer	stavbyvedoucí, TDS a jiné orgány
Rozhraní	rozšíření pro MS Excel a MS Project	rozšíření pro AutoCAD Architecture	samostatný software	webová aplikace, aplikace pro iOS a Android	webová aplikace	webová aplikace	samostatný software	samostatný software	webová aplikace, aplikace pro iOS a Android
Uživ. přívětivost	výborná	výborná	dobrá	výborná	výborná	dobrá	výborná	dobrá	výborná
Kompatibilita	-	většina CAD systémů, Revit	CAD systémy s koncovkou .dxf	-	-	-	-	-	ostatní produkty spol. Autodesk
Nároky na VT	minimální	vyšoké	zvýšené	minimální	minimální	minimální	minimální	minimální	zvýšené
Česká lokalizace	ano	ne	částečně	ano	ne	ano	ano	ano	ne
Dostupnost	volně přístupný odkaz ke stažení	nutnost kontaktovat obchodního zástupce společnosti	30 dní zdarma k otestování, poté nutnost kontaktovat obchodního zástupce	volně přístupný na webu dodavatele, Google Play a AppStore	volně přístupný na webu	pouze pro zákazníky Peri	pouze pro zákazníky Doka	interní software společnosti Skanska, jinak objednávkový formulář	objednávka po konzultaci s dodavatelem řešení
Cena za 1 licenci	zdarma	24.000 Kč s DPH	9.000 Kč s DPH	zdarma	zdarma	-	19.500 Kč s DPH	19.500 Kč s DPH	9.189 Kč s DPH

5 Posouzení softwaru navržených řešení systémů dočasných konstrukcí

5.1 Úvod

Po konzultaci s několika přípraváři, kteří denně pracují s profesionálními programy na návrh bednění Peri CAD a Doka CAD, vyplynulo, že velice pokročilý automatický režim návrhu využívají jen ojediněle. Dodavatelé těchto softwarů však lákají své zákazníky právě na tento režim, který dokáže objednat jakoukoliv konstrukci během pár sekund. Důvod je zřejmý. Výkres bednění vytvořený „automatickou“ lze využít a navržené řešení jistě bude funkční a staticky nezávadné, problém však může nastat z hlediska ekonomických aspektů. Cílem dodavatelů řešení není minimalizovat počet prvků bednění na stavbě, ba naopak. Tímto se zvyšují požadavky na odbornost a zkušenosti přípravářů, kteří vhodnou optimalizací návrhu bednění mohou projektu ušetřit nemalé finanční prostředky.

Cílem této kapitoly je posoudit navržené řešení stěnového a stropního bednění automatickým režimem a určit do jaké míry lze tento návrh optimalizovat a tím ušetřit. Stropní bednění bude navrženo v programu Peri CAD, stěnové pak v konkurenčním nástroji Doka Tipos. Pro názornost bude pracováno s reálnými částkami za prodej/pronájem prvků bednění. Konstrukce v obou případech je smyšlená a vytvořená pouze jako podklad pro ukázkou principů optimalizace.

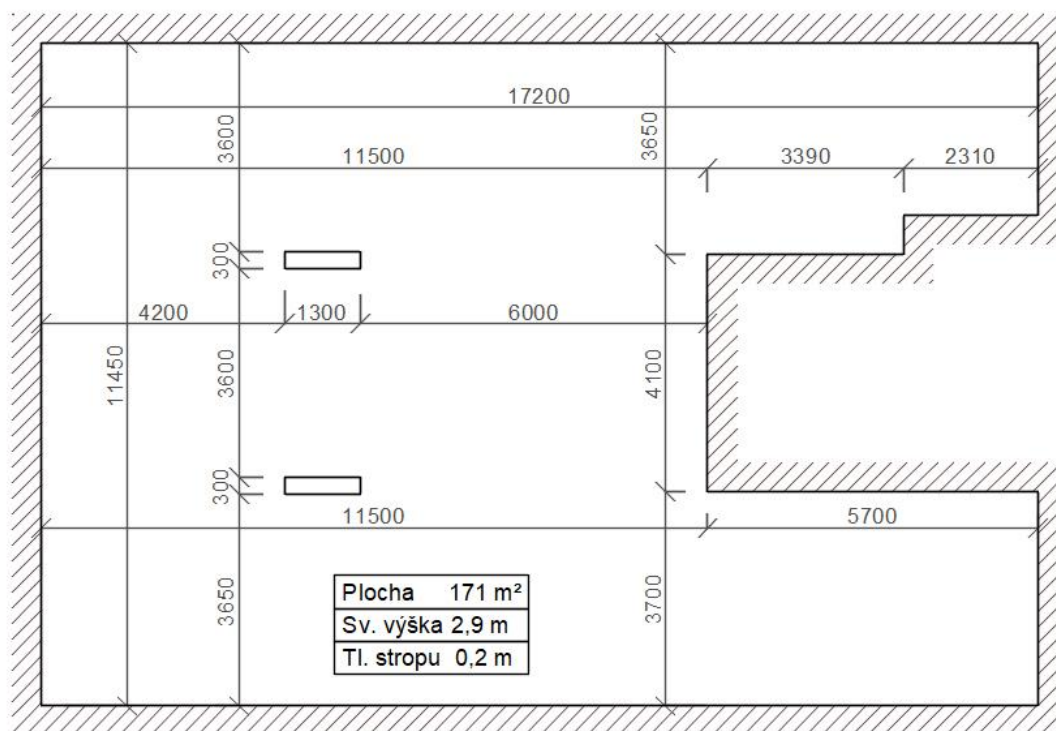
5.2 Příklad č. 1: Optimalizace stropního bednění

Zadání: vybednění stropu tl. 0,2 m o ploše 171 m², světlá výška místnosti je 2,9m, uvnitř místnosti jsou umístěny dva sloupy o půdorysné ploše 1,3 x 0,3 m

Použitý software: Peri CAD (rozšíření v softwaru AutoCAD Architecture)

Použitý systém bednění:

stropní bednění MULTIFLEX s plnostěnnými nosníky VT 20K, stropní stojkou Peri PEP 20-300 a třívrstvou překližkou 2500x500x21 mm



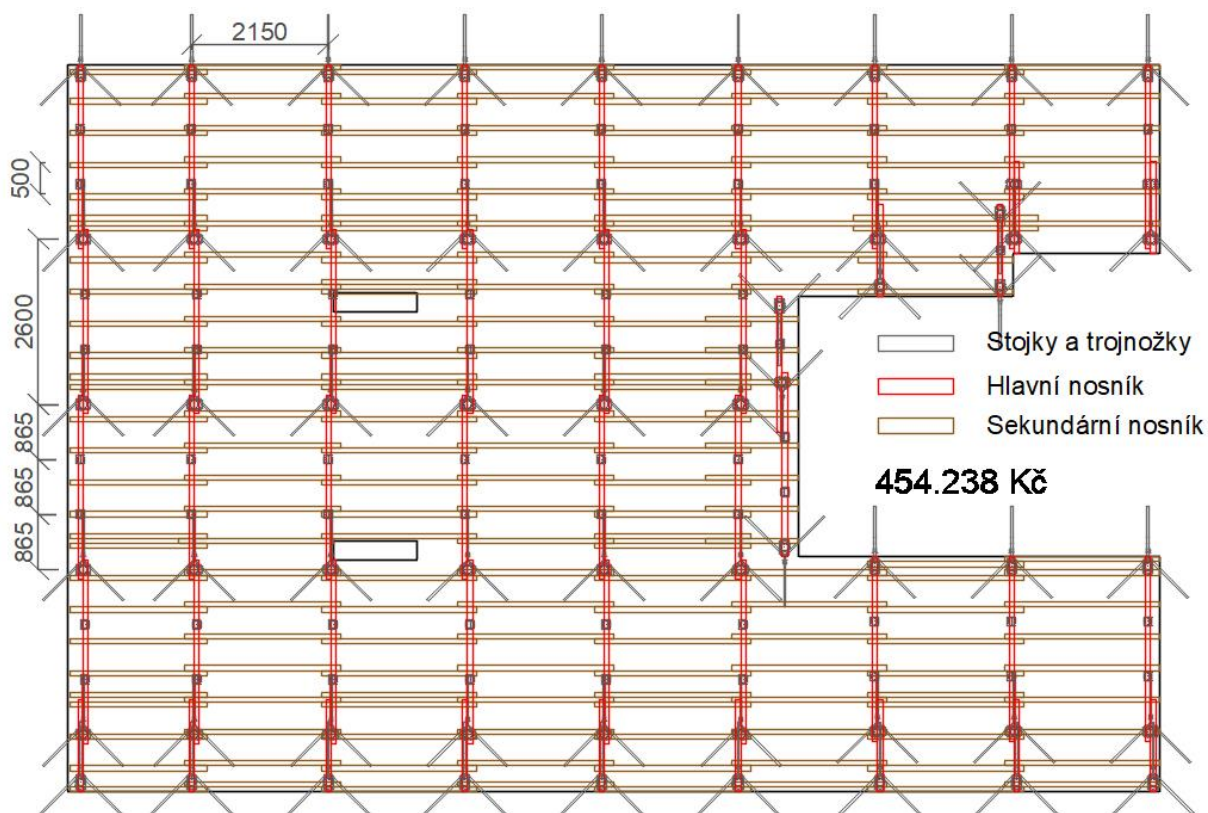
Obrázek č. 23: Zadání pro vytvoření stropního bednění

Prvním krokem v Peri CAD je zvolení polygonu k obednění a výběr systému bednění. Z polygonu je nutné odebrat oba sloupy. Poté musíme určit orientaci hlavních nosníků, v našem případě není odpověď zcela zřejmá, proto je nutné provést návrh pro obě varianty.

Tento proces trvá pouze několik sekund, pro obě varianty si můžeme vygenerovat tabulku s množstvím použitých prvků a jejich prodejní cenou. Pro optimální návrh je však nutné se také zamyslet nad umístěním betonářských desek – překližek, tento krok se provádí manuálně. Cílem je minimalizovat jejich řezání, vzhledem k vysoké prodejní nebo nájemní ceně. Tímto postupem lze ušetřit značné finanční prostředky v případě realizace objektu o několika konstantních půdorysech. V našem případě se však zabýváme bedněním samostatného stropu, v němž nebude výrazný rozdíl.

Po vygenerování sumarizace množství prvků s jejich cenovým ohodnocením pro podélný i příčný systém lze vybrat finální variantu. V příloze č. 4 je uvedena sumarizační tabulka, z které vyplývá, že výhodnější variantou je systém s příčným směrem hlavních nosníků. Celková prodejní cena za řešení je 454.238 Kč oproti 549.280 za podélný systém. V našem případě jsme tedy jen správným zvolením směru

hlavních nosníků ušetřili 95.042 Kč (17,3 %). V příloze č. 5 je umístěn výkres první varianty s podélným směrem hlavních nosníků.



Obrázek č. 24: Výkres vybedněného stropu automatickým režimem s příčným směrem hlavních nosníků

Nyní můžeme přejít k posouzení výhodnější varianty z daných hledisek. Nejprve ověříme, že navržené řešení automatickým režimem je funkční z hlediska plně vybedněného prostoru a ověříme složitější detaily kolem rohů a sloupů. Peri CAD si v tomto případě poradilo bez problémů.

Klíčovým procesem je posouzení návrhu z hlediska statiky. Únosnost jednotlivých prvků by měla být maximálně využita, samozřejmě s ohledem na vzniklá zatížení a bezpečnostní součinitele. Peri CAD pro náš případ navrhl rozteče hlavních nosníků 2,15 m, příčných nosníků 0,5 m a rozteč stojek 0,865 m při tloušťce desky 200 mm.

Pro ověření provedeme jednoduchý výpočet zatížení jedné stojky PEP 20-300 dle statických tabulek přímo od dodavatele Peri. Výpočet zatížení se řídí harmonizovanou normou ČSN EN 12812 o podpěrných lešeních a požadavcích na provedení a obecný návrh.

Vlastní hmotnost	$Q_1 =$	0,4 kN/m ²	tabulková návrhová hodnota
Zatížení betonem	$Q_{2,b} = 24,5 \text{ kN/m}^3 * d =$	4,9 kN/m ²	d = tloušťka desky = 0,2m návrhová hodnota
Nahodilé zatížení betonáží	$Q_4 = 0,1 * Q_{2,b} =$	0,75 kN/m ²	$0,75 \text{ kN/m}^2 \leq Q_4 \leq 1,75 \text{ kN/m}^2$ návrhová hodnota
Nahodilé provozní zatížení	$Q_{2,p} =$	0,75 kN/m ²	tabulková návrhová hodnota
Celkové zatížení	$Q = Q_1 + Q_{2,b} + Q_4 + Q_{2,p} =$	6,8 kN/m²	návrhová hodnota

Zatěžovací plocha jedné stojky se rovná součinu rozteči hlavních nosníků a rozteči samotných stojek:

$$ZP_1 = 2,15 * 0,865 = \mathbf{1,860 \text{ m}^2}$$

Celkové zatížení stojky v návrhové hodnotě:

$$F_{Ed, stojka,1} = Q * ZP_1 = 6,8 * 1,860 = \mathbf{12,648 \text{ kN}}$$

Využití únosnosti stojky (únosnost $F_{Rd, stojka}$ je 20 kN):

$$X = F_{Ed, stojka,1} / F_{Rd, stojka} * 100 = 12,648 / 20,0 * 100 = \mathbf{63,2 \%}$$

Využití stojek na pouhých 63% je z hlediska vysoké pořizovací ceny (262.328 Kč za 121 kusů) značně ekonomicky neefektivní. Řešením by mohlo být zvýšení rozteči stojek z 0,865 m na 1,3 m. V tomto případě by hlavní nosníky byly podporovány na obou krajích a jednou stojkou přesně uprostřed rozpětí.

Tím by se zvýšila zatěžovací šířka:

$$ZP_2 = 2,15 * 1,30 = \mathbf{2,795 \text{ m}^2}$$

Celkové zatížení stojky v návrhové hodnotě pro optimalizovanou variantu:

$$F_{Ed, stojka,2} = Q * ZP_2 = 6,8 * 2,795 = \mathbf{19,006 \text{ kN}}$$

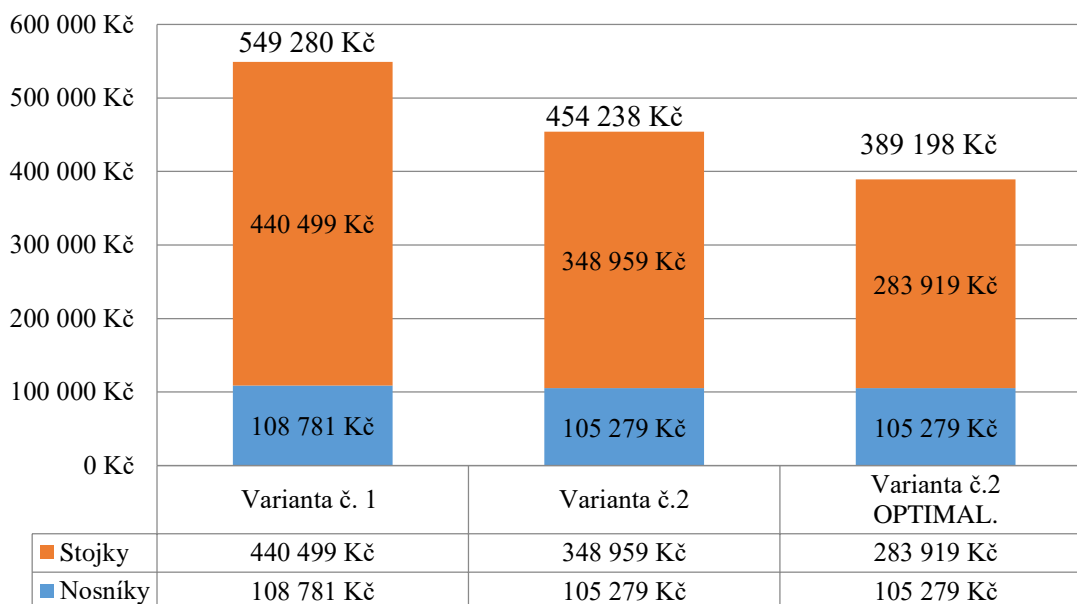
Podmínka $F_{Ed, stojka,2} \leq F_{Rd, stojka}$

$$19,006 \text{ kN} < 20,0 \text{ kN} \quad (\text{využití stojky na 95\%)} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

Tímto jsme ověřili, že lze pozměnit původní návrh vytvořený automatickým režimem softwaru Peri CAD změnou rozteči stojek podporujících hlavní nosníky a tím tak zefektivnit dané řešení. Pro kontrolu jsou dále nové hodnoty rozteči stojek zaneseny do tabulky pro výpočet zatížení stojek a nosníků od společnosti Meva, která nabízí své stropní bednění Mevaflex. Tento systém je téměř totožný se systémem Multiflex. I v této tabulce optimalizované řešení vyhovělo. Tabulka je předmětem přílohy č. 6.

Optimalizací tak bude odebráno 30 ks stojek, celkový počet se tím změní na 91 ks. V příloze č. 7 je uvedena sumarizační tabulka prvků pro optimalizovanou variantu, z ní vyplývá, že celková prodejní cena za toto řešení je 389.198 Kč.

Porovnání cen stropního bednění



Graf č. 3: Porovnání cen tří variant navrženého stropního bednění

Jednoduchou úvahou bylo na ukázkovém příkladu ušetřeno 65.050 Kč, oproti variantě č.1 dokonce 160.082 Kč. Z grafu je patrné, že převážnou část celkové částky tvoří náklady na nákup stropních stojek. Pokud uvážíme, že vybedněná plocha byla pouhých 171 m², pak je zřejmé, že částky by u reálných objektů byly znatelně vyšší.

5.3 Příklad č. 2: Optimalizace stěnového bednění

Zadání: vybednění všech stěn objektu o zastavěné ploše 87 m², celková délka stěn 120,14 m, tloušťka obvodových stěn 250cm, tloušťka vnitřních stěn 180 cm, světlá výška místnosti 260 cm, na stavbě je umístěn 1 jeřáb, betonáž záběrů je postupná - bednění je umístěno vždy po odbednění z předcházejícího záběru

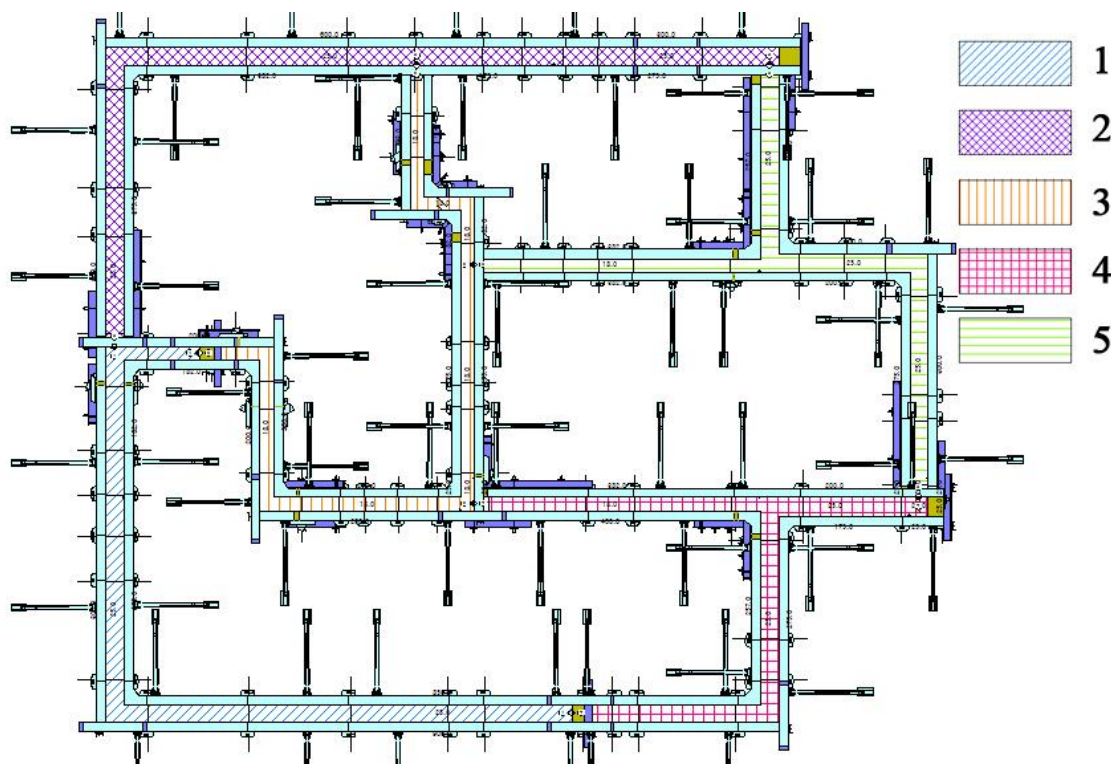
Použitý software: Doka Tipos

Použitý systém bednění: stěnový rámový systém Framax Xlife

Základním krokem přípraváře po přijetí zadaného půdorysu je rozčlenění stěn do jednotlivých záběrů. K tomu potřebuje informace o počtu jeřábů na staveništi, tento údaj vychází z předem zanalyzovaných požadavků časové, prostorové a technologické struktury. Z dlouholeté zkušenosti s měřením výkonů na stavbách vyplývá, že jeden jeřáb dokáže plnohodnotně obstarat maximálně 22-25 m² bednění. Dle vyjádření vedoucího půjčovny bednění ve společnosti Skanska a.s., Petra Kabelíka, se tímto údajem řídí, při návrhu stěnového bednění, drtivá část dodavatelů monolitických konstrukcí. Dalším klíčovou informací při návrhu záběrů je celková délka řešených stěn. Z těchto dvou údajů lze určit počet záběrů dle následujícího vzorce:

$$\text{POČET ZÁBĚRŮ} = \frac{\text{CELKOVÁ DÉLKA STĚN}}{\text{SADA BEDNĚNÍ DLE VÝKONU JEŘÁBU}} = \frac{120,14}{25} = 4,805 \rightarrow 5 \text{ záběrů}$$

Získaný údaj již můžeme zanést do programu Doka Tipos, zde můžeme využít nástroj k automatickému vytvoření záběrů dle určitých požadavků, ke kterým se přidává váha důležitosti. U našeho případu jsme zvolili dva hlavní požadavky: všechny záběry musí mít podobnou délku a musejí se skládat z jedné části. Po tomto zadání software vygeneruje návrh záběrů, které jsou pro přehlednost barevně odděleny.



Obrázek č. 25: Návrh stěnového bednění dle jednotlivých záběrů – Doka Tipos

Vzniklé řešení je funkční, po krátkém posouzení již lze přejít k automatickému režimu bednění. Nejprve je nutné vybrat preferovaný systém. Ze zadání vyplývá, že byl zvolen těžký rámový systém Doka Framax Xlife, který lze přenášet pouze jeřábem. V programu musí uživatel vybednit každý záběr zvlášť, po dokončení procesu lze automatickým režimem do návrhu umístit také příslušenství bednění jako např. stabilizátory nebo spínací tyče. Řešení je předmětem obrázku č. 25.

Pro účely optimalizace navrženého řešení z ekonomického hlediska je nejdůležitějším výstupem tabulka se sumarizací použitého materiálu včetně rozdělení dle jednotlivých záběrů. Tabulka je umístěna v příloze č. 8. Ukázkový příklad byl proveden ve zkušební verzi programu Doka Tipos, tato verze neumožňuje uživateli generování tabulek v Microsoft Excel a nepracuje také s nákupními / nájemními cenami.

V případě, že by projekt vytvářel nezkušený přípravář, mohlo by se stát, že řešení vygenerované automatickým režimem by bral za finální. Z tabulky v příloze č. 8 by u všech prvků vybral počet, který je využit u daného záběru v největším množství a je vyznačen červenou barvou. Tento soupis by pravděpodobně odeslal projektovému manažerovi, který by sadu bednění objednal u dodavatele systému.

Je zřejmé, že tento přístup by byl chybou. Cílem optimalizačního procesu je zvýšení obrátkovosti málo využitých prvků. Přípravář by měl nejprve tyto prvky identifikovat a následně se pokusit o jejich záměnu za variabilnější položky, které lze nasadit ve větším počtu záběrů.

POČET KUSŮ PRVKŮ	šířka prvku	1	2	3	4	5	MAX
Vnitřní roh Framax Xlife 2,7	0,15	2	1	5	3	3	5
Rámový prvek Framax Xlife 1,35x2,7m	1,35	10	10	2	10	6	10
Vyrovnávací hranol Framax 5x12x2,7m	0,05	0	0	2	0	2	2
Rámový prvek Framax Xlife 0,6x2,7m	0,6	2	2	6	2	6	6
Rámový prvek Framax Xlife 0,55x2,7m	0,55	5	5	6	5	5	6
Univerzální prvek Framax Xlife 0,9x2,7m	0,9	2	3	7	3	1	7
Rámový prvek Framax Xlife 0,9x2,7m	0,9	4	4	4	1	3	4
Rámový prvek Framax Xlife 0,45x2,7m	0,45	3	4	5	0	4	5
Rámový prvek Framax Xlife 0,3x2,7m	0,3	0	1	6	3	4	6
Metřů běžných bednění pro každý záběr		24,5	24,7	24,4	22,4	21,6	35,2

Tabulka č. 6: Sumarizace použitých prvků v jednotlivých záběrech

Z tabulky č.6 vyplývá, že největší počet prvků je využit v záběru č.3. Tato informace je dána počtem rohů u jednotlivých záběrů. Dá se obecně tvrdit, že nejsložitější záběr obsahuje nejvíce prvků. Pro optimalizaci v našem případě nebudeme uvažovat příslušenství k bednění, ale pouze rámové položky Framax Xlife.

Tabulka č. 6 nám vytvořila podklad pro optimalizaci. Optimálním řešením je stav, kdy veškeré položky jsou použity ve všech záběrech. V našem případě se tedy budeme zabývat položkou Framax Xlife 1,35x2,7m, jejíž maximum není v záběru č.3. Tento bednicí prvek lze nahradit dvěma prvky o šířce 0,45 a 0,9 m. Postupnou optimalizací lze získat následující řešení:

POČET KUSŮ PRVKŮ	šířka prvku	ZÁBĚRY					MAX
		1	2	3	4	5	
Vnitřní roh Framax Xlife 2,7	0,15	2	1	5	3	3	5
Rámový prvek Framax Xlife 1,35x2,7m	1,35	5	6	2	6	5	6
Vyrovňovací hranol Framax 5x12x2,7m	0,05	0	0	2	0	2	2
Rámový prvek Framax Xlife 0,6x2,7m	0,6	2	2	6	2	6	6
Rámový prvek Framax Xlife 0,55x2,7m	0,55	5	5	6	5	5	6
Univerzální prvek Framax Xlife 0,9x2,7m	0,9	7	7	7	7	2	7
Rámový prvek Framax Xlife 0,9x2,7m	0,9	4	4	4	1	3	4
Rámový prvek Framax Xlife 0,45x2,7m	0,45	8	8	5	4	5	8
Rámový prvek Framax Xlife 0,3x2,7m	0,3	0	1	6	3	4	6
Metrů běžných bednění pro každý záběr		24,5	24,7	24,4	22,4	21,6	31,15

Tabulka č. 7: Sumarizace použitých prvků v jednotlivých záběrech po optimalizaci

Z obou tabulek je patrné, že vhodnou záměnou systémových dílů jsme ušetřili stavbě 4 m² stěnového bednění. Z původní tabulky ubyly 4 ks Framax Xlife 1,35 x 2,7m, v optimalizované tabulce naopak přibyly 3 ks Framax Xlife 0,45 x 2,7 m. Následující tabulka uvádí ušetřené finanční jednotky za nákup a také měsíční nájemné prvků stěnového bednění. Ceny jsou převzaty z katalogu půjčovny bednění Skanska.

Prvek	ks	Prodejní cena	Celkem prodej	Měsíční nájem (6%)
Framax Xlife 1,35 x 2,7m	4	26 700 Kč	106 800 Kč	6 408 Kč
Framax Xlife 0,45 x 2,7 m	3	17 510 Kč	52 530 Kč	3 152 Kč
Ušetřeno			54 270 Kč	3 256 Kč

Tabulka č. 8: Přehled ušetřených nákladů na bednění

Závěr

V rámci zefektivňování realizace železobetonové monolitické konstrukce z hlediska ekonomických aspektů je jedním z klíčových faktorů správný návrh a nasazení dočasných konstrukcí. Základem hospodárného a bezpečného návrhu je Projekt dočasných konstrukcí zpracovaný v rámci stavebně-technologické přípravy stavby. Klíčovou položkou je Projekt bednění. Měsíční nájemné systémů bednění se na stavbách běžně pohybuje v řádu stovek tisíc korun. Celkové náklady na bednicí práce tvoří 1/3 z celkové ceny železobetonového monolitu. Je zřejmé, že takto významná položka v rozpočtu stavby může značně pozitivně, či negativně ovlivnit výsledné hodnocení projektu. Zhotovitelé monolitických konstrukcí proto musí této problematice věnovat zvýšenou pozornost.

Projekt dočasných konstrukcí musí vycházet z kvalitně zpracovaného harmonogramu a technologických a prostorových požadavků stavby. Jedním z klíčových faktorů může být počet jeřábů, třída betonu s danými technologickými přestávkami či požadavky na pohledovost konstrukce. Je ekonomicky výhodné, aby tímto způsobem uvažoval již architekt v předvýrobní fázi stavby, který by měl znát modulové rozměry systémů bednění. Tvarem konstrukce nebo opakovatelností jednotlivých podlaží může při realizaci ušetřit značné finanční prostředky.

K situacím, které byly popsány v úvodu této práce, kdy se na staveništích nachází málo využitě prvky systémového bednění a jiných dočasných konstrukcí, může dojít při špatně provedeném projektu nezkušeným příprávkem. Každému finálnímu návrhu by měl předcházet model nasazení prvků, který odhalí tyto položky a lze je poté při finální optimalizaci nahradit prvky variabilnějšími. Návrhu systému bednění předchází jeho výběr. Optimálně by tento proces měl vycházet z vícekriteriální analýzy, která pracuje se základnou dat s různými systémy bednění. Tento a následný proces, samotný návrh, lze komfortně vytvářet s využitím softwarových nástrojů.

V této práci bylo popsáno a zhodnoceno celkem deset softwarů a aplikací s různými formami využití, celkový přehled je předmětem tabulky č.5. Rozšíření pro Microsoft Excel Sanna 2014 a Palisade Evolver 7.5 využívají vícekriteriální analýzu, resp.

genetické algoritmy a pomáhají přípravářům při výběru správného systému. Na trhu dosud chybí software pro časové plánování, který by dokázal plnohodnotně pracovat s opakujícími se zdroji, kterými jsou prvky dočasných konstrukcí. Požadavkem pro takový nástroj by byla možnost zadávání částečného a úplného odebrání prvků – zdrojů z konstrukce.

Softwary pro návrh bednění a lešení dodávají přímo výrobci těchto systémů, v této práci byly posouzeny produkty od předních společností na trhu Peri a Doka, konkrétně profesionální nástroj Peri CAD a software pro rychlé využití Doka Tipos 8. Všechny tyto programy mají velmi pokročilý režim automatického návrhu bednění. Pro zadanou konstrukci lze vytvořit návrh bednění velice rychle, výsledek je funkční a bezpečný. Lze však spatřit nedokonalost z ekonomického hlediska. Většina projektů v rámci automatického návrhu je lehce předdimenzována, tuto domněnku jsme ověřili v poslední kapitole. Právě tato skutečnost může být problémem u méně zkušených přípravářů, kteří nedokáží automatický návrh dostatečně optimalizovat. Dle vypracovaného projektu bednění stavbyvedoucí objedná sadu bednění, která se později ukáže jako neefektivní. Dle zkušenosti na stavbách železobetonových monolitů je zřejmé, že vrácení nevyužitých systémových prvků nastane vždy později, než situace vyžaduje. Tímto přicházejí výstavbové projekty o desetitisíce korun měsíčně. Samozřejmě, tento fakt dodavatelům bednění vyhovuje.

V práci jsou dále popsány aplikace, které se implementují přímo na staveništi. Pomáhají stavbyvedoucím spravovat dočasné konstrukce, řídit jejich počet a také kontrolovat kvalitu. Vedle aplikací od společností Peri, Doka a Skanska je detailně popsáno také cloudové řešení Autodesk BIM 360 Field. Tento nástroj se pomalu začíná nasazovat na tuzemských projektech, velmi vhodný je pro pracovníky BOZP, kteří s vedením stavby kontrolují dočasné konstrukce.

V poslední kapitole jsme se zabývali otázkou, do jaké míry lze použít automatické návrhy bednění a jakým způsobem můžeme tyto výstupy optimalizovat. Byly vytvořeny dva ukázkové případy. U první varianty bylo na půdorys rodinného domu navrženo stropní bednění Multiflex programem Peri CAD. Již orientace hlavních nosníků ušetřila projektu 17,3 % z nákupní ceny systému. U výhodnější varianty jsme ověřili, že zatížení při betonáži na stropní stojky je pouhých 63,2% z jejich maximální únosnosti. Takto

navržené bednění by uneslo až o 10 cm vyšší stropní desku. Dle statického výpočtu bylo zjištěno, že lze odebrat jednu středovou stojku pod každým hlavním nosníkem VT 20K. Po optimalizaci návrhu jsme tímto krokem ušetřili 65.050 Kč, v porovnání s první variantou s podélně orientovanými hlavními nosníky, 160.082 Kč. Celková nákupní cena optimalizovaného systému byla 389.198 Kč.

V druhém případě bylo navrženo programem Doka Tipos stěnové rámové bednění Doka Framax Xlife na objektu o zastavěné ploše 87 m². Nejprve byla konstrukce rozdělena do záběrů dle technologických a prostorových požadavků zadání příkladu. Klíčovým kritériem bylo nasazení jednoho věžového jeřábu. Ze zkušeností a výkonnostních tabulek vyplývá, že na jeden jeřáb lze nasadit optimálně 20-25 m² sady bednění. Software dokázal vytvořit záběry dle požadavků velmi sofistikovaně. Ke každému záběru poté vytvořil automaticky stěnové bednění. Jedním z výstupů byla sumarizační tabulka s počtem využitých prvků dle jednotlivých záběrů. Pokud bychom na stavenišťe objednali jednotlivé prvky pro záběr, ve kterém jsou využity v největším množství, pak by bylo nasazení těchto prvků značně neekonomické. Při optimalizaci jsme se řídili nejsložitějším záběrem, který vykazuje největší počet použitých prvků. Řešením, kdy jsme dokázali vhodně kombinovat velikosti rámových prvků, jsme stavbě ušetřili 4 m² stěnového bednění. Dle reálných nákupních cen jsme optimalizací ušetřili 54.270 Kč.

Zkušenosti přípraváři využívají manuálního nebo poloautomatického režimu návrhu systémů bednění, přesto i pro ně může být leckdy těžkým úkolem zoptimalizovat projekt tak, aby všechny prvky systémového bednění vykazovali vysokou obrátkovost a zdržovali se minimální dobu na skládce dočasných konstrukcí.

Seznam pramenů a odborné literatury

Knižní publikace

- [1] BAŠKOVÁ, Renáta. *Časové modelovanie nasadenia debnenia do výstavby*. Technická univerzita v Košiciach, 2013. ISBN 978-80-553-1245-3.
- [2] BAŠKOVÁ, Renáta. *Realizácia betónových konštrukcií*. Martin: Stavebný trh, 2008. ISBN 978-80-969877-4-0.
- [3] LADRA, Josef. *Technologie staveb 11: realizace železobetonové monolitické konstrukce budov*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02487-3.
- [4] *Temporary Structure Design*. John Wiley & Sons, 2014. ISBN 111890558X.
- [5] ROBERT T. RATAY. *Temporary structures in construction. Third edition*. New York: McGraw-Hill Professional Publishing, 2012. ISBN 9780071753074.
- [6] HANNA, Awad a Victor SANVIDO. *An interactive knowledge based formwork selection system for buildings*. 1989
- [7] MUSIL, František. *Systémová bednění: Učebnice pro výuku současných postupů bednění základních prvků betonových konstrukcí*. 2009. PERI.
- [8] DOČKAL, Karel. *Technologie provádění betonových a železobetonových konstrukcí*. Brno, 2005.

Normy a legislativní dokumenty

- [9] ČSN EN 13670 (73 2400) *Provádění betonových konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [10] ČSN 73 8101: LEŠENÍ. *Společná ustanovení*. 2005.
- [11] ČSN EN 12811-1: *Dočasné stavební konstrukce - Část 1: Pracovní lešení - Požadavky na provedení a obecný návrh*. 2004.
- [12] ČSN EN 1263-1: *Záchytné sítě - Část 1: Bezpečnostní požadavky, zkušební postupy*
- [13] ČSN EN 12812: *Podpěrná lešení - Požadavky na provedení a obecný návrh*. 2009.
- [14] Nařízení vlády č. 362/2005 Sb., o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky.

Internetové zdroje

- [15] JARSKÝ, Čeněk. *Multimediální učebnice: Příprava a realizace staveb* [online]. Praha, 2004 [cit. 2017-11-07]. Dostupné z:
<http://technologie.fsv.cvut.cz/aitom/podklady/online-priprava-demo/>
- [16] Genetické algoritmy. *Mendelova univerzita v Brně* [online]. [cit. 2017-11-20]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=21840
- [17] JEŘICHOVÁ, Zuzana. Pažení [online]. [cit. 2017-10-22]. Dostupné z:
<http://technologie.fsv.cvut.cz/aitom/podklady/online-zakladani/textjama31.html>
- [18] SCASERF: *Dodavatel systémů lešení a bednění* [online]. [cit. 2017-11-02]. Dostupné z: <http://www.scaserv.cz/cz/produkty/>
- [19] Schmidtovo kladívko. Ebeton. [online]. [cit. 2018-01-06]. Dostupné z:
<http://www.ebeton.cz/pojmy/schmidtovo-kladivko>

Webové stránky dodavatelů dočasných konstrukcí a softwarových nástrojů

- [20] PERI: dodavatel systémů bednění a lešení [online]. Dostupné z:
<https://www.peri.cz/>
- [21] DOKA: Výrobce systémů bednění [online]. Dostupné také z:
<https://www.doka.com/cz/>
- [22] Liebherr: Dodavatel věžových jeřábů. E-BETON [online]. [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com>

Seznam tabulek, grafů a obrázků

Tabulky

Tabulka č. 1: Rozdělení lešení dle únosnosti podlah.....	13
Tabulka č. 2: Rozdělení bednění a jejich konstrukční řešení	16
Tabulka č. 3: Maximální doba dopravy čerstvého betonu na stavbu.....	32
Tabulka č. 4: Faktory ovlivňující výběr systému bednění.....	43
Tabulka č. 5: Přehled zkoumaných softwarů s jednotlivými parametry.....	73
Tabulka č. 6: Sumarizace použitých prvků v jednotlivých záběrech	80
Tabulka č. 7: Sumarizace použitých prvků v jednotlivých záběrech po optimalizaci....	81
Tabulka č. 8: Přehled ušetřených nákladů na bednění.....	81

Grafy

Graf č. 1: Podíly procesů na celkové ceně při výrobě železobetonového monolitu v roce 2000 v ČR	25
Graf č. 2: Systém evropských norem jako podklad pro navrhování a provádění betonových konstrukcí	26
Graf č. 3: Porovnání cen tří variant navrženého stropního bednění	78






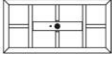





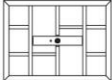






















Obrázky

Obrázek č. 1: Rozdělení lešení dle účelu využití.....	12
Obrázek č. 2: Systémové stěnové bednění.....	17
Obrázek č. 3: Překládané systémy od Peri.....	19
Obrázek č. 4: Systémy pracovních plošin od společnosti Doka	22
Obrázek č. 5: Záchytné systémy na stavbě Neoriviera v Modřanech.....	24
Obrázek č. 6: Ukládání bednění na předem vyvázanou armaturu - první varianta.....	28
Obrázek č. 7: Senzory Concremate (vlevo pro vodorovné a vpravo pro svislé konstrukce).....	30
Obrázek č. 8: Výztuž balkonu s distančními prvky a ISO-nosníky.....	31

Obrázek č. 9: Použití mobilního čerpadla Schwing S34X při betonáži základové desky	33
Obrázek č. 10: Ukázka realizace monolitické konstrukce „do schodu“	35
Obrázek č. 11: Proces výběru a nasazení systému dočasné konstrukce	38
Obrázek č. 12: Zjednodušený průběh genetického algoritmu	44
Obrázek č. 13: Ukázka vygenerovaného histogramu z testovacího programu pro dynamické modelování	48
Obrázek č. 14: Ukázka rozšíření Sanna 2014 v aplikaci Microsoft Excel	52
Obrázek č. 15: Ukázka rozšíření Evolver 7.5 v aplikaci Microsoft Excel.....	54
Obrázek č. 16: Uživatelské prostředí Autocad Architecture s rozšířením PERI CAD..	56
Obrázek č. 17: Ukázka softwarového nástroje Doka Tipos 8.....	58
Obrázek č. 18: Optimalizace Dokaflex na Doka Tools	60
Obrázek č. 19: Prostředí aplikace myPeri.....	64
Obrázek č. 20: Prostředí aplikace myDoka	65
Obrázek č. 21: Hlavní strana programu Zapůjční sklad Skanska	67
Obrázek č. 22: Hlavní stránka aplikace Autodesk BIM 360 Field	69
Obrázek č. 23: Zadání pro vytvoření stropního bednění	75
Obrázek č. 24: Výkres vybedněného stropu automatickým režimem s příčným směrem hlavních nosníků	76
Obrázek č. 25: Návrh stěnového bednění dle jednotlivých záběrů – Doka Tipos.....	79

Přílohy

Příloha č.1 – Modulové varianty dílců stěnového bednění Peri Maximo

výška	šířka					
	240	120	90	60	45	30
30						
60						
90						
120						
270						
330						

(zdroj: Produktový katalog Peri Maximo; převzato dne 10.11.2017)

Příloha č.2 – Prostředí testovacího programu na dynamické modelování nasazení systémů bednění

Kód položky	Název	Merná jednotka	Cena	Názov záberu >	zaber 1	tp 1	tp 2	zaber 2	tp 1	tp 2	zaber 3	tp 1	tp 2	zaber 3	
				Začiatok >	18	14	28	18	14	28	18	14	28	18	
				Trvanie [dni] >	3.5.2010	17.5.2010	31.5.2010	30.5.2010	13.6.2010	27.6.2010	26.6.2010	10		10	
				Koniec >	912.00	301 (33%)	0 (0%)	912.00	301 (33%)	0 (0%)	912.00	301 (33%)	0 (0%)	912.00	301 (33%)
586088000	Doka stropná podpera Eurex 20 350	ks													
186081000	Dokadur-3 S panel 21 250/50cm	ks			429.00	0 (0%)	0 (0%)	429.00	0 (0%)	0 (0%)	429.00	0 (0%)	0 (0%)	429.00	0 (0%)
186007000	Doska Doka 3-SD 21mm 100/50cm	ks			220.00	55 (25%)	0 (0%)	220.00	55 (25%)	0 (0%)	220.00	55 (25%)	0 (0%)	220.00	55 (25%)
186008000	Doska Doka 3-SD 21mm 150/50cm	ks			15.00	5 (33.3%)	0 (0%)	15.00	5 (33.3%)	0 (0%)	15.00	5 (33.3%)	0 (0%)	15.00	5 (33.3%)
186011000	Doska Doka 3-SD 21mm 250/50cm	ks			610.00	153 (25.1%)	0 (0%)	610.00	153 (25.1%)	0 (0%)	610.00	153 (25.1%)	0 (0%)	610.00	153 (25.1%)
189910000	Drevený debn. nosník H20 P 2.65m zosilnený	ks			1574.00	551 (35%)	0 (0%)	1574.00	551 (35%)	0 (0%)	1574.00	551 (35%)	0 (0%)	1574.00	551 (35%)
189917000	Drevený debn. nosník H20 P 3.90m zosilnený	ks			304.00	304 (100%)	0 (0%)	304.00	304 (100%)	0 (0%)	304.00	304 (100%)	0 (0%)	304.00	304 (100%)
586149000	Nástavec k prievlakovej klieštine 60cm	ks			512.00	512 (100%)	0 (0%)	512.00	512 (100%)	0 (0%)	512.00	512 (100%)	0 (0%)	512.00	512 (100%)
586155000	Oporná trojnožka	ks			560.00	185 (33%)	0 (0%)	560.00	185 (33%)	0 (0%)	560.00	185 (33%)	0 (0%)	560.00	185 (33%)
582528000	Perový čap 16mm pozinkovaný	ks			912.00	301 (33%)	0 (0%)	912.00	301 (33%)	0 (0%)	912.00	301 (33%)	0 (0%)	912.00	301 (33%)
586176000	Pridržovacia hlavica H20	ks			352.00	116 (33%)	0 (0%)	352.00	116 (33%)	0 (0%)	352.00	116 (33%)	0 (0%)	352.00	116 (33%)
586148000	Prievlaková klieština 20	ks			880.00	880 (100%)	0 (0%)	880.00	880 (100%)	0 (0%)	880.00	880 (100%)	0 (0%)	880.00	880 (100%)
586174000	Spúšťacia hlavica H20	ks			560.00	185 (33%)	0 (0%)	560.00	185 (33%)	0 (0%)	560.00	185 (33%)	0 (0%)	560.00	185 (33%)
996000101	bauseitige Kanthölzer	ks			625.00	625 (100%)	0 (0%)	625.00	625 (100%)	0 (0%)	625.00	625 (100%)	0 (0%)	625.00	625 (100%)

(zdroj: BAŠKOVÁ, Renáta. Časové modelovanie nasadenia debnenia do výstavby. Technická univerzita v Košiciach, 2013; prevzaté dne 16.11.2017)

Příloha č.3 – Výstup z Microsoft Excel s rozšířením Sanna 2014

Metoda TOPSIS

Aktuální úloha pro 3 varianty a 6 kritérií
dne 29. 12. 2017 - 17:48:42

Vstupní data:

	MAX	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
Výběr bednět	únosnost	obrátkovost	cena	montáž	hmotnost	pohledovost
systém 3	5	5	100000	9000	70	10
systém 4	10	60	20000	3000	40	8
systém 5	3	100	40000	5000	30	6
Váhy	0,07000	0,24000	0,33000	0,19000	0,09000	0,08000

Upravená vstupní data:

	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX
Výběr bednět	únosnost	obrátkovost	cena	montáž	hmotnost	pohledovost
systém 3	5	5	0	9000	0	10
systém 4	10	60	80000	3000	30	8
systém 5	3	100	60000	5000	40	6
Váhy	0,07000	0,24000	0,33000	0,19000	0,09000	0,08000

Normalizovaná kritériální matice R:

	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX
Výběr bednět	únosnost	obrátkovost	cena	montáž	hmotnost	pohledovost
systém 3	0,43193	0,04284	0,00000	0,83925	0,00000	0,70711
systém 4	0,86387	0,51402	0,80000	0,27975	0,60000	0,56569
systém 5	0,25916	0,85671	0,60000	0,46625	0,80000	0,42426
Váhy	0,07000	0,24000	0,33000	0,19000	0,09000	0,08000

Normalizovaná kritériální matice R:

	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX
Výběr bednět	únosnost	obrátkovost	cena	montáž	hmotnost	pohledovost
systém 3	0,43193	0,04284	0,00000	0,83925	0,00000	0,70711
systém 4	0,86387	0,51402	0,80000	0,27975	0,60000	0,56569
systém 5	0,25916	0,85671	0,60000	0,46625	0,80000	0,42426
Váhy	0,07000	0,24000	0,33000	0,19000	0,09000	0,08000

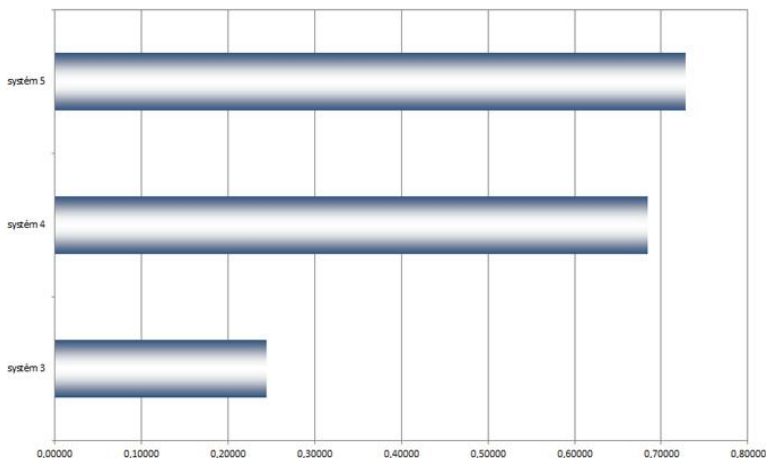
Vážená kritériální matice W:

	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	di+	di-	ci
Výběr bednět	únosnost	obrátkovost	cena	montáž	hmotnost	pohledovost			
systém 3	0,03024	0,01028	0,00000	0,15946	0,00000	0,05657	0,33756	0,10936	0,24469
systém 4	0,06047	0,12337	0,26400	0,05315	0,05400	0,04525	0,13608	0,29550	0,68470
systém 5	0,01814	0,20561	0,19800	0,08859	0,07200	0,03394	0,10809	0,28948	0,72813
Váhy	0,07000	0,24000	0,33000	0,19000	0,09000	0,08000			
Ideální	0,06047	0,20561	0,26400	0,15946	0,07200	0,05657			
Bazální	0,01814	0,01028	0,00000	0,05315	0,00000	0,03394			

KONEČNÉ SEŘAZENÍ:

Pořadí	Varianta	R.U.V
1	systém 5	0,72813
2	systém 4	0,68470
3	systém 3	0,24469

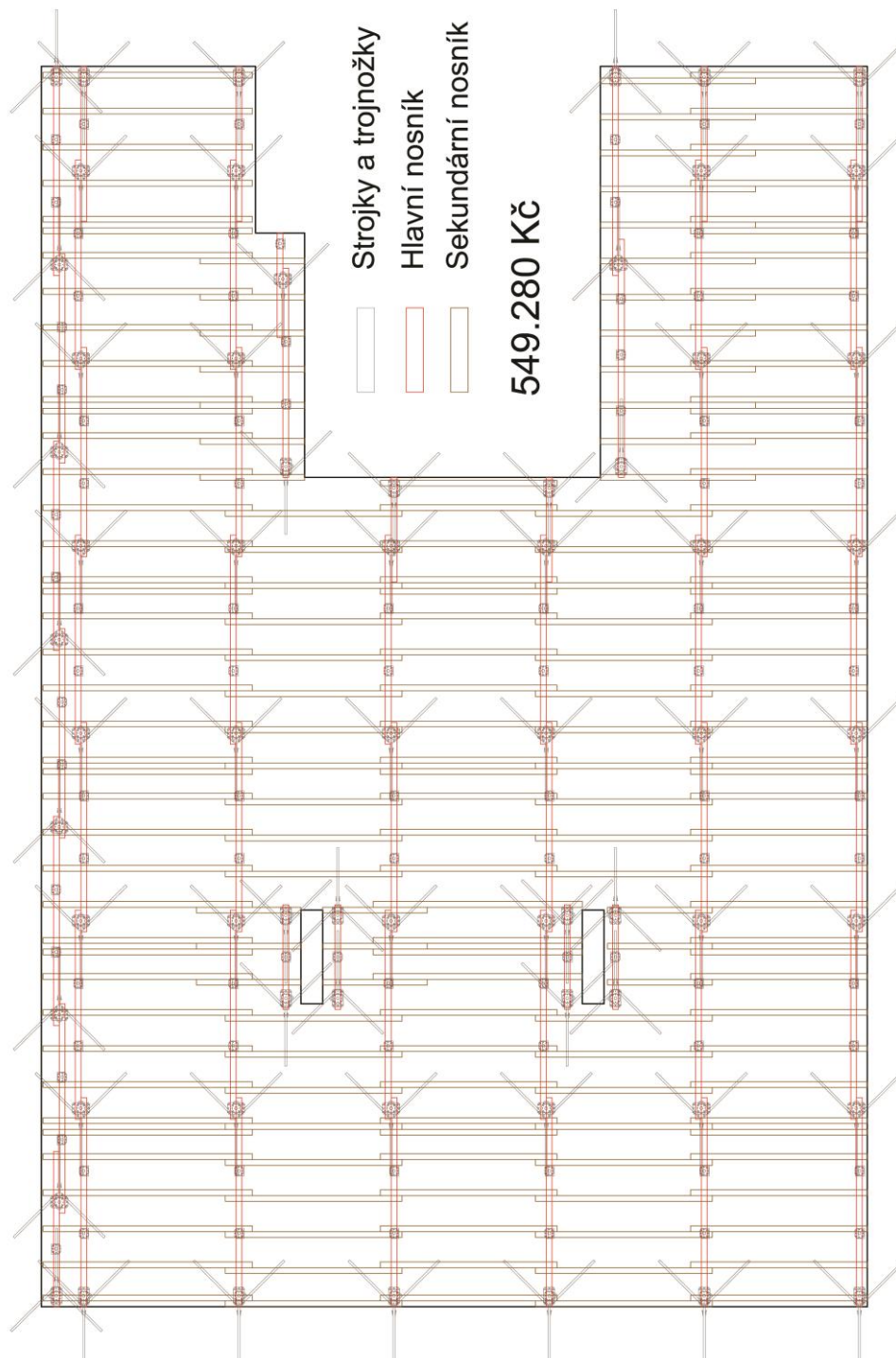
GRAF HODNOT R.U.V. Z LISTU TOPSIS-1



Příloha č.4 – Tabulka sumarizace prvků pro variantu č.1 a 2 stropního bednění

AUTOMATICKY VYBEDNĚNO Č.1 - PODÉLNÝ SYSTÉM										
Plánované	Oprava	suma	Mn	Popis	Bod #	Hmotnost [kg]	Celkový [kg]	Cena j. [Kč]	Celkový [Kč]	
23	0	23	KS	PLNOST.NOSNÍK VT 20K L=1,45M	374990	8,56	196,88	290,00	6 670,00	
17	0	17	KS	PLNOST.NOSNÍK VT 20K L=2,15M	374905	12,70	215,90	411,00	6 987,00	
105	0	105	KS	PLNOST.NOSNÍK VT 20K L=2,45M	374910	14,46	1 518,30	463,00	48 615,00	
85	0	85	KS	PLNOST.NOSNÍK VT 20K L=2,90M	374920	17,11	1 454,35	540,00	45 900,00	
1	0	1	KS	PLNOST.NOSNÍK VT 20K L=3,30M	374930	19,47	19,47	609,00	609,00	
158	0	158	KS	STROPNÍ STOJKA PEP 20-300	403058	16,10	2 543,80	2 168,00	342 544,00	
65	0	65	KS	UNIVERZÁLNÍ TROJNOŽKA	328000	9,17	596,05	1 141,00	74 165,00	
65	0	65	KS	KŘÍŽOVÁ HLAVA 20/24 S	328680	3,19	207,35	366,00	23 790,00	
Celková hmotnost:						6 752,10				
Celková cena:						549 280 Kč				
AUTOMATICKY VYBEDNĚNO Č.2 - PŘÍČNÝ SYSTÉM										
Plánované	Oprava	suma	Mn	Popis	Bod #	Hmotnost [kg]	Celkový [kg]	Cena j. [Kč]	Celkový [Kč]	
21	0	21	KS	PLNOST.NOSNÍK VT 20K L=1,45M	374990	8,56	179,76	290,00	6 090,00	
29	0	29	KS	PLNOST.NOSNÍK VT 20K L=2,15M	374905	12,70	368,30	411,00	11 919,00	
150	0	150	KS	PLNOST.NOSNÍK VT 20K L=2,45M	374910	14,46	2 169,00	463,00	69 450,00	
33	0	33	KS	PLNOST.NOSNÍK VT 20K L=2,90M	374920	17,11	564,63	540,00	17 820,00	
121	0	121	KS	STROPNÍ STOJKA PEP 20-300	403058	16,10	1 948,10	2 168,00	262 328,00	
57	0	57	KS	UNIVERZÁLNÍ TROJNOŽKA	328000	9,17	522,69	1 141,00	65 037,00	
59	0	59	KS	KŘÍŽOVÁ HLAVA 20/24 S	328680	3,19	188,21	366,00	21 594,00	
Celková hmotnost:						5 940,69				
Celková cena:						454 238 Kč				

Bedněno automaticky č.1 - podélný systém



Příloha č.6 – Tabulka pro výpočet zatížení nosníků a stojek stropního bednění

MevaFlex - návrh stropního bednění		
0,20	Tloušťka stropní desky d_D [m]	
5,20 KN/m ²	Vlastní váha stropní desky	
1,50 KN/m ²	Nahodilé zatížení	
0,30 KN/m ²	Vlastní váha bednění	
7,00 KN/m²	Celkem	
e	Spodní nosník jednoduchý/ dvojitý E/D	
20	Max. nosnost stojky [kN]	
0,50	Rozteč horních nosníků [m]	
2,15	Rozteč dolních nosníků [m]	<input type="text" value="2,15"/>
2,50	maximální dovolená rozteč	
1,30	Rozteč stojek [m]	
1,33	maximální dovolená rozteč	
2,10	Tloušťka překližky [cm]	
Překližka D=21MM		
0,18 [kN/cm²]	Napětí v tahu za ohybu σ	dovolené 0,65 kN/cm²
0,01 [kN/cm²]	Smykové napětí τ	0,09 kN/cm²
0,038 [cm]	Průhyb	0,100 cm
Horní nosník		
2,02 [kNm]	Ohybový moment v horním nosníku	dovolené 5,00 kNm
3,76 [kN]	Smyková síla v horním nosníku	11,00 kN
0,17 [cm]	Průhyb horního nosníku	0,43 cm
Dolní nosník		
3,18 [kNm]	Ohybový moment v dolním nosníku	dovolené 5,00 kNm
9,78 [kN]	Smyková síla v dolním nosníku	11,00 kN
0,10 [cm]	Průhyb dolního nosníku	0,26 cm
19,57 [kN]	Síla do stojky	20,00 kN
2,80 [m²]	Plocha pro stojku	
0,36	Stojek / m ²	

Příloha č.7 – Tabulka sumarizace prvků stropního bednění pro optimalizovanou variantu č.2

AUTOMATICKY VYBEDNĚNO Č.2 - PŘÍČNÝ SYSTÉM										
Plánované	Oprava	suma	Mn	Popis	Bod #	Hmotnost [kg]	Celkový [kg]	Cena j. [Kč]	Celkový [Kč]	
21	0	21	KS	PLNOST.NOSNIK VT 20K L=1,45M	374990	8,56	179,76	290,00	6 090,00	
29	0	29	KS	PLNOST.NOSNIK VT 20K L=2,15M	374905	12,70	368,30	411,00	11 919,00	
150	0	150	KS	PLNOST.NOSNIK VT 20K L=2,45M	374910	14,46	2 169,00	463,00	69 450,00	
33	0	33	KS	PLNOST.NOSNIK VT 20K L=2,90M	374920	17,11	564,63	540,00	17 820,00	
91	0	91	KS	STROPNÍ STOJKA PEP 20-300	403058	16,10	1 465,10	2 168,00	197 288,00	
57	0	57	KS	UNIVERZÁLNÍ TROJNOŽKA	328000	9,17	522,69	1 141,00	65 037,00	
59	0	59	KS	KŘÍŽOVÁ HLAVA 20/24 S	328680	3,19	188,21	366,00	21 594,00	
				Celková hmotnost:		5 457,69				
				Celková cena:		389 198 Kč				

Příloha č.8 – Tabulka se sumarizací stěnového bednění – Doka Tipos

Cycle quantities

Article no.	Designation	Wt./pcs.	1	2	3	4	5
588150000	Upínací kolejnice Framax 0,90m	10,6	6	5	14	9	10
588130500	Vnitřní roh Framax Xlife 2,70m	97	2	1	5	3	3
588100500	Rámový prvek Framax Xlife 1,35x2,70m	210	10	10	2	10	6
176024000	Vyrovnávací hranol Framax 5x12cm 2,70m	7,8	0	0	2	0	2
588104500	Rámový prvek Framax Xlife 0,60x2,70m	91,5	2	2	6	2	6
581823000	Kotevní tyč 15,0mm pozinkovaná 1,00m	1,43	24	30	10	24	22
588151000	Rohová upínací kolejnice Framax	12,75	0	0	6	2	2
588105500	Rámový prvek Framax Xlife 0,55x2,70m	87	5	5	6	5	5
189311000	Dřevěný hranol (výkon stavby)	0	0	1	0	1	2
588152000	Napínací svorka Framax	1,49	2	12	26	20	32
588122500	Univerzální prvek Framax Xlife 0,90x2,70m	148	2	3	7	3	1
588102500	Rámový prvek Framax Xlife 0,90x2,70m	126,5	4	4	4	1	3
588149000	Jeřábové oko Framax	10,55	0	0	0	0	0
588169000	Uni upínač Framax	5,75	5	0	22	4	6
580365000	Opěra bednění 340 IB	24,3	12	14	14	16	16
588143000	Čelní kotva Framax	1,5	8	4	0	4	0
588153400	Rychloupínač RU Framax	3,3	53	60	64	48	55
588106500	Rámový prvek Framax Xlife 0,45x2,70m	77,7	3	4	5	0	4
996000001		0	4	1	9	3	3
588244500	Hlava opěry EB	3,05	24	28	28	32	32
588621000	Transportní trn Framax	1,89	0	0	0	0	0
581822000	Kotevní tyč 15,0mm pozinkovaná 0,75m	1,1	4	0	28	6	10
583002000	Univerzální svorka Framax 10-25cm	0,69	0	0	6	0	0
588158000	Univerzální svorka Framax 10-16cm	0,6	8	4	20	4	4
588148000	Upínací kolejnice Framax 1,50m	16,8	0	3	0	3	6
588168000	Upínač pro vyrovnání Framax	5,3	0	0	2	0	0
588108500	Rámový prvek Framax Xlife 0,30x2,70m	61,5	0	1	6	3	4
581966000	Kotevní matka s podložkou 15,0	1,08	72	68	102	68	68