



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Katedra hydrotechniky

Využití BIM pro malé vodní elektrárny

The use of BIM in small hydropower plants

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Petr Šimánek

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

Vedoucí bakalářské práce: Dr. Ing. Petr Nowak

Praha, 2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Šimánek	Jméno: Petr	Osobní číslo: 468265
Zadávající katedra: Katedra hydrotechniky		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Využití BIM pro malé vodní elektrárny	
Název bakalářské práce anglicky: The use of BIM in small hydropower plants	
Pokyny pro vypracování: Bakalářská práce je zaměřená na využití BIM v projekci, výstavbě a provozu malých vodních elektráren. Bude obsahovat rešerši, popis principu BIM, softwarové nástroje včetně legislativy. Dále naváže vytvořením BIM modelu MVE s příklady jeho využití.	
Seznam doporučené literatury: [1] MATÉJKA, Petr, Eduard HROMADA a Nataliya ANISIMOV. Základy implementace BIM na českém stavebním trhu. Praha: B. Kadeřábková FINECO, 2012. ISBN 978-80-86590-10-3. [2] CIMALA, Lukáš, Jakub NOVOTNÝ a Josef REMEŠ. Revit ve stavební praxi. Brno: Litera, 2014. ISBN 978-80-214-4966-4. [3] GABRIEL, Pavel, František ČIHÁK a Petr KALANDRA. Malé vodní elektrárny. Praha: České vysoké učení technické, 1998. ISBN 9788001018125. [4] BARNES, Peter a Nigel DAVIES. BIM in principle and in practice. Londýn: ICE Publishing, 2014. ISBN 978-0-7277-5863-7.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Dr. Ing. Petr Nowak	
Datum zadání bakalářské práce: 18.02.2020	Termín odevzdání bakalářské práce: 17.05.2020 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Využití BIM pro malé vodní elektrárny zpracoval samostatně za použití uvedené literatury a pramenů.

Dále prohlašuji, že nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne

.....
Jméno Příjmení

Poděkování

Děkuji Dr. Ing. Petru Nowakovi za jeho odborné vedení, užitečné rady, názory, vřelý přístup a poskytnutí projektové dokumentace pro zpracování bakalářské práce.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá informačním modelováním, tedy BIM a jeho možném využití při projektování a správě malých vodních elektráren a dalších hydrotechnických konstrukcích. Součástí práce je představení dnešních softwarových možností, důvodů, proč se touto problematikou zabývat a i seznámení s dopadem legislativních změn chystaných v rámci implementace BIM na českém stavebním trhu. Dále pak publikovat postup a poznatky získané při zpracovávání BIM modelu malé vodní elektrárny.

Klíčová slova:

BIM, malé vodní elektrárny, vodohospodářství, implementace

Summary

This bachelor thesis concerns building information modeling and its possible use in designing and managing small hydro power plants and other hydrotechnical constructions. This thesis introduces reader to the currently used software tools, reasons why BIM matters as well as the impacts of proposed legislative changes expected within the implementation of BIM to the czech construction market. Furthermore, this bachelor thesis focuses on the progression and findings acquired while working on a BIM model of a small hydropowerplant.

Key words:

BIM, small hydropowerplants, water management, implementation

Obsah

ÚVOD	10
1. PRINCIPY A DEFINICE BIM.....	11
1.1 LEVELY BIM	11
1.1.1 BIM level 0	11
1.1.2 BIM level 1	12
1.1.3 BIM level 2	12
1.1.4 BIM level 3	12
1.2 DIMENZE BIM A VÍCEROZMĚRNÉ MODELOVÁNÍ	13
1.2.1 3D BIM	13
1.2.2 4D BIM-čas	13
1.2.3 5D BIM-náklady	14
1.2.4 6D BIM - životní cyklus budovy	14
1.3 LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD).....	15
1.4 DEFINICE PARAMETRICKÉHO OBJEKTU	16
1.5 PROČ SE BIM ZABÝVAT?	17
1.5.1 Stav stavebnictví a digitalizace	17
1.5.2 Přínosy BIM dle jednotlivých účastníků stavby	20
1.5.3 Přínosy BIM v datech	21
1.6 FLOW-CHART BUDOVÁNÍ BIM MODELU	22
1.7 BIM A FACILITY MANAGEMENT	22
2 BIM SOFTWARE.....	24
2.1 BIM PLATFORMY	24
2.1.1 Allplan	24
2.1.2 Bentley Systems	24
2.1.3 Revit	25
2.1.4 Další sady nástrojů od Autodesku	25
2.1.5 Co není BIM Platforma	26
2.2 SOFTWARE PRO ZOBRAZENÍ A KONTROLU	27
2.2.1 Nástroje pro prohlížení modelů.....	27
2.2.2 Nástroje pro integraci modelů	27
2.2.3 Nástroje pro kontrolování modelů	28
2.3 INDUSTRY FOUNDATION CLASSES (IFC)	28
2.4 COMMON DATA ENVIRONMENT (CDE).....	29

3	IMPLEMENTACE A LEGISLATIVA.....	30
3.1	IMPLEMENTACE VE SVĚTĚ.....	30
3.1.1	USA.....	31
3.1.2	Velká Británie.....	32
3.1.3	Evropa.....	32
3.1.3.1	Finsko.....	33
3.1.3.2	Další skandinávské země.....	33
3.1.3.3	Německo.....	33
3.1.4	Asie.....	33
3.1.4.1	Čína.....	33
3.1.4.2	Singapur.....	33
3.1.4.3	Japonsko.....	34
3.2	IMPLEMENTACE BIM V ČR.....	34
3.2.1	Koncepce 2022.....	34
3.2.1.1	Rok 2018.....	34
3.2.1.2	Rok 2019.....	34
3.2.1.3	Rok 2020.....	35
3.2.1.4	Rok 2021.....	35
3.2.1.5	Rok 2022.....	35
3.2.2	Dopad na vodohospodářské stavby.....	35
3.2.3	Nadlimitní veřejné zakázky.....	36
3.2.4	Překážky implementace BIM.....	38
3.2.4.1	Cena softwaru.....	38
3.2.4.2	Zavedení nových pracovních postupů.....	38
3.2.4.3	Nedostatečné množství objektů v knihovnách.....	39
4	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	40
4.1	REVIT.....	40
4.1.1	Struktura platformy Revit.....	42
4.1.2	Stavební část modelu.....	42
4.1.2.1	Získání rodnin z internetu.....	43
4.1.2.2	Tvorba rodiny odpadní šachty.....	44
4.1.2.3	Export rodiny do DWG.....	45
4.1.2.4	Vykazování výměř.....	45
4.1.3	Mechanická část modelu.....	46
4.1.3.1	Peltonova turbína.....	46
4.1.3.2	Asynchronní generátor.....	47
4.1.3.3	Tvarovka dvojitý T-kus.....	48
4.1.4	Export do IFC.....	49

4.2	CIVIL 3D.....	50
4.2.1	<i>Zemní práce</i>	50
4.2.2	<i>Potrubí a liniové stavby</i>	51
4.2.3	<i>Tvorba nového katalogu</i>	52
4.3	NAVISWORK MANAGE.....	53
4.3.1	<i>Propojení modelu s harmonogramem</i>	53
4.3.2	<i>Detekce kolizí</i>	54
	ZÁVĚR	55
	BIBLIOGRAFIE	57
	SEZNAM OBRÁZKŮ	61
	SEZNAM TABULEK	62
	SEZNAM GRAFŮ	63
	SEZNAM PŘÍLOH	64
	SEZNAM ZKRATEK A CIZÍCH NÁZVŮ	65

ÚVOD

Bakalářská práce je zaměřená na využití informačního modelování (BIM) v projekci, výstavbě a provozu malých vodních elektráren. Pojem BIM je zejména v posledních letech velmi často skloňovaným pojmem v souvislosti s digitalizací stavebnictví a tzv. čtvrtou průmyslovou revolucí. Zkratku BIM (anglicky *Building Information Modeling* nebo *Building Information Management*) lze do češtiny přeložit jako informační modelování nebo spravování budovy.

Práce začíná rešerší, jejímž cílem je objasnit čtenáři definici informačního modelování, včetně některých klíčových pojmů a principů, se kterými se může setkat v rámci zadávání zakázek s využitím BIM. Tyto pojmy čtenáři umožní popsat obsah a propracovanost informačního modelu. Součástí rešerše je i uvedení hlavních důvodů, proč se problematikou zabývat a jaká pozitiva využívání této technologie přinese.

Tvorba a správa informačních modelů s sebou nese užívání softwarových nástrojů. Zde si práce klade za cíl nastínění některých softwarových řešení, a zvláště pak možnost, jak může probíhat spolupráce více subjektů na tvorbě BIM modelů, užívá-li každá strana jiný software. V rámci uplatnění BIM na malé vodní elektrárny a obecněji vodohospodářské stavby se v bakalářské práci objeví příklad použití technologie konkrétní vodohospodářskou firmou.

Součástí rešerše je popsání zemí, které si implementací BIM prošly, včetně uvedení konkrétních řešení, jakým je upraveno zadávání veřejných zakázek. Výčet bude obsahovat zejména ty země, které jsou v zavádění informačního modelování nejpokročilejší. V práci se dále objeví představení společného evropského řešení pro implementaci.

Jedním z dalších cílů bakalářské práce je popsání plánovaných změn stavebního zákona v České republice a povinnosti využití BIM pro všechny nadlimitní veřejné zakázky od roku 2022. Práce se bude zabírat postupem, jakým bude legislativa tvořena a přijímána a zahrne i dopad změn na vodohospodářské stavby.

Pro příklad tvorby konkrétního informačního modelu byla zvolena již zrealizovaná derivační malá vodní elektrárna u Janských Lázní. Dle rozsahu se jedná o poměrně malý a jednoduchý BIM projekt, ale díky faktu, že je elektrárna derivační, poslouží dobře pro nastínění propojení liniových a bodových BIM modelů. Na stavbě se zároveň podílejí prvky z různých oborů stavebního inženýrství, a proto lze na díle dobře ilustrovat koordinaci hydrotechnických, pozemních, TZB a dalších profesí. Vytvořené BIM modely budou použity pro tvorbu výkazů výměr, časového plánu výstavby, vizualizací a k dalším účelům.

1. PRINCIPY A DEFINICE BIM

BIM je proces vytváření a zároveň spravování dat o budově. BIM model obsahuje otevřenou databázi grafických a negrafických dat, která jsou navzájem propojená a je možné je třídit, zobrazovat, vykazovat atd. Mezi grafická data lze zařadit $2D^i$ a $3D^i$ geometrii stavby, dále i jednotlivé komponenty stavby, jako jsou např. sloupy, nosníky, stěny atd. Za příklad negrafických dat lze uvést fyzikální vlastnosti prvků, jednotkovou cenu, zatížení na konstrukci apod. [1]

Další důležitou vlastností je možnost obohacení digitálního modelu o časové údaje. Stejně jako každá reálná stavba prochází fázemi přípravy, realizace, provozu a likvidace, měl by i podrobný BIM model obsahovat časové parametry, které jednotlivé fáze popisují. BIM tedy v zásadě znamená i modelování životního cyklu budovy, včetně demolice, je-li to požadavkem stavebníka či provozovatele. [2]

BIM je často mylně chápán jako přechod z $2D^i$ na $3D^i$ dokumentaci. To je však polopravda, neboť součástí tvorby modelu není pouze vytvoření geometrie, ale i parametrizace jednotlivých stavebních prvků a vytvoření databáze informací. [2]

Stěžejní vlastností každého BIM modelu je možnost sdílení dat, a to napříč různými profesemi. K digitálnímu modelu by tak měli mít přístup všichni, kteří se na stavbě podílejí, tak aby o případných změnách v projektu byli všichni včas obeznámeni a bylo možné zamezit kolizím apod. V širším významu tak BIM klade důraz na prohloubení spolupráce mezi jednotlivými účastníky stavby. V ideálním případě by celá stavba byla řízena z jednoho centrálního modelu. [2]

1.1 Levely BIM

Následující definice pojednává o jednotlivých levelech-stupních BIM tak, jak byla definována britskou vládou. Stupně dosahují hodnot 0 až 3 na základě míry spolupráce a schopnosti informačního modelu digitálně sdílet data. [3]

1.1.1 BIM level 0

Nejjednodušší stupeň neumožňuje takřka žádnou spolupráci. Jedná se o $2D^i$ CADⁱⁱⁱ výkresy, které jsou sdílené nejčastěji vytištěním v papírové podobě, popřípadě elektronicky jako PDF^{iv} dokumenty. [3]

1.1.2 BIM level 1

Kombinace 3Dⁱⁱ CADⁱⁱⁱ koncepčních modelů a klasických 2Dⁱ výkresů. Sdílení probíhá přes společné datové prostředí CDE^v, které je nejčastěji zřízené stavebníkem. Výměna dat probíhá elektronicky, např. sdílení CADⁱⁱⁱ výkresů. Podle skotské vládní organizace *Scottish Futures Trust* musí být splněno následující, aby projekt šlo klasifikovat jako BIM stupeň 1: [3]

- Mělo by být předem dohodnuto, jakou má každý účastník stavby roli a zodpovědnost.
- Měly by být přijaty pojmenovovací konvence.
- Měla by být zavedena opatření, která umožní tvorbu a správu prostorové koordinace projektu
- Mělo by být zavedeno společné datové prostředí (CDE^v), které umožní sdílení informací mezi účastníky stavby, viz 2.4
- Mělo by být přijato vhodné rozřídění informací, které podporuje CDE^v.

1.1.3 BIM level 2

Od předchozího stupně se odlišuje v tom, že výměna dat mezi jednotlivými softwary, popřípadě profesemi probíhá přes výměnné formáty jako IFC¹ nebo COBie². Z toho vyplývá, že všechny softwary používané během stavby musí umožňovat export dat do výměnného formátu. Účastníci stavby tak sice pořád pracují na vlastních 3Dⁱⁱ modelech, ale sdílení geometrických a negeometrických dat probíhá rovnou ze softwaru do softwaru. Tento stupeň BIM je povinný pro všechny státní zakázky ve Velké Británii od roku 2016. [3]

1.1.4 BIM level 3

Model umožňuje plnou spolupráci mezi všemi disciplínami, které probíhají v rámci jednoho modelu na centrálním úložišti. Všichni mají přístup a mohou upravovat centrální model. Tento stupeň je označován jako „Open BIM“ volný BIM. V praxi však tento stupeň spolupráce nebyl dosažen. Jeho hlavní nevýhodou je absolutní rozvolnění autorských práv a náročnost na hardware. [3]

¹ IFC-(Industry Foundation Classes) nejpoužívanější výměnný formát, který umožňuje export dat mezi různými softwary.

² COBie-(Construction Operations Building information Exchange) formát, který umožňuje výměnu dat o stavbě při realizační a provozní fázi životního cyklu budovy.

1.2 Dimenze BIM a vícerozměrné modelování

Na počátku informačního modelování stál přechod z klasické dvojrozměrné dokumentace na 3Dⁱⁱ. Původně softwary sloužily k přepracování dokumentace na trojrozměrné modely, které byly následně používány pro vizualizace [2]. Z dnešního pohledu se tedy nelze dívat na tyto modely jako na plnohodnotný BIM, neboť se jedná pouze o 3Dⁱⁱ geometrická data, která neobsahují další přidružené informace. S postupným nástupem BIM byly tyto softwary doplňovány o nástroje, jež nově umožňovaly model propojit s informacemi a pravidly, které nemají ryze geometrický charakter. V důsledku toho se začal objevovat termín dimenze BIM. Termín, na rozdíl od stupňů BIM, nepopisuje schopnost modelu digitálně sdílet informace, ale popisuje obsah dat v modelu a jejich jednotlivé napojení. [4]

Vícerozměrné modelování může být realizováno na základě 2 možných propojení: [2]

- 1) Propojení modelu s informacemi.
- 2) Propojení více modelů.

V následujícím textu nastíním jednotlivé dimenze, rozměry BIM a jaké přínosy jejich zavedením do modelu získáme. Zároveň je důležité zmínit, že na trhu nejspíš nenalezneme jednu aplikaci, která by umožnila efektivní implementaci všech níže popsaných bodů. Pro dosažení vyšších dimenzí BIM je nutná práce v různých programech na více informačních modelech, které následně propojíme do jednoho centrálního.

1.2.1 3D BIM

Informační model se skládá z jednotlivých BIM objektů, které mají vlastní geometrii a další negeometrické charakteristiky. Do modelu mohou být zaneseny informace o použitých materiálech, ale i pravidla, která nám ulehčí kontrolu nad projektem. Typickým příkladem takového pravidla by bylo nastavení maximálních rozměrů prefabrikovaných panelů, aby byl umožněn jejich transport na stavenišť. [2]

Dalším důležitým bodem je práce s geometrickými daty. Stěžejní je např. kontrola kolizí, kdy nám software, ve kterém model spravujeme, umožní odhalit překrývající se prvky. Další možností využití geometrických dat je vykazování, které umožňuje jednoduché kalkulace objemů a ploch pro rozpočtáře.

1.2.2 4D BIM-čas

Zavedením časových dat do informačního modelu získáme tzv. 4D^{vi} BIM. Tato data přiřazujeme jednotlivým stavebním prvkům modelu tak, aby bylo možné jejich propojení s harmonogramem a definování důležitých milníků. [2]

Dalším důležitým přínosem je časová simulace stavebních prací, díky které můžeme lépe koordinovat stavbu a zároveň získáváme možnost odhalení logistických kolizí. Ty mohou být odhaleny již v rané fázi návrhu, což může ušetřit čas a finanční náklady. Prostor pro zpětnou vazbu tak získávají i jednotliví subdodavatelé, kteří mohou upozornit na problém v časovém plánu a navrhnout efektivnější řešení. [4]

1.2.3 5D BIM-náklady

Zavedením parametrů nákladů do modelu získáváme tzv. 5D^{vii} BIM [2]. Do modelu mohou být zaneseny informace o ceně prvku a nákladech spojených s instalací. To dává projektantovi možnost získat automatický feedback na vývoj ceny během návrhu nebo při provádění změn v projektu. Zároveň dostáváme nástroj, který umožňuje „hlídání“ nákladů během projekce tak, aby byl dodržen určitý rozpočet. [4]

Je důležité si uvědomit, že přesnost takovýchto odhadů ceny bude pouze tak kvalitní jako vstupní údaje, které do modelu vložíme. Většina cenových parametrů v BIM softwarech funguje na principu ceny za měrnou jednotku, což nemusí v případě složitějších konstrukcí nejlépe zhodnotit cenu provedení. Příkladem může být složité bednění zakřivených ploch pilířů u jezů či vodních elektráren, jejichž zhotovení bude jistě dražší než bednění svislých ploch. V takovémto případě budeme buď nuceni určit jiný cenový parametr pro zakřivené plochy, nebo uvést cenu za provedení pilíře jako celku.

Pojmem 5D^{vii} BIM můžeme popsat pouze model, který obsahuje časové i cenové údaje zároveň. V případě, že do modelu dříve zavedeme nákladové údaje, bude dosahovat pouze rozměru 4D^{vi}.

1.2.4 6D BIM - životní cyklus budovy

Na rozdíl od předchozích dimenzí, které byly převážně soustředěny na realizační část projektu, slouží 6D^{viii} BIM zejména provozovateli nebo vlastníkovu stavby při spravování a provozu projektu viz 1.7 [2]. Příkladem dat, která mohou být zanesena do modelu, jsou informace jako: datum instalace, doba, po které je třeba provést revizi, sériová čísla strojařských součástí či odkaz na výrobce, bude-li nutné někdy v budoucnu prvek vyměnit.

Zanesením takovýchto údajů do rané fáze projektu nám dává prostor zefektivnit návrh nikoliv pouze z hlediska realizace, ale i budoucího užívání stavby. Důležitou připomínkou u 6D^{viii} informačního modelu je dopředu definovat, jaké údaje mají být do projektu zaneseny, a to nejlépe na základě dialogu mezi budoucím správcem díla a projektantem [4]. Zbytečné zahlcování modelu daty se projeví jednak na ceně, ale i na datové náročnosti modelu. [2]

1.3 Level of Development (LOD)

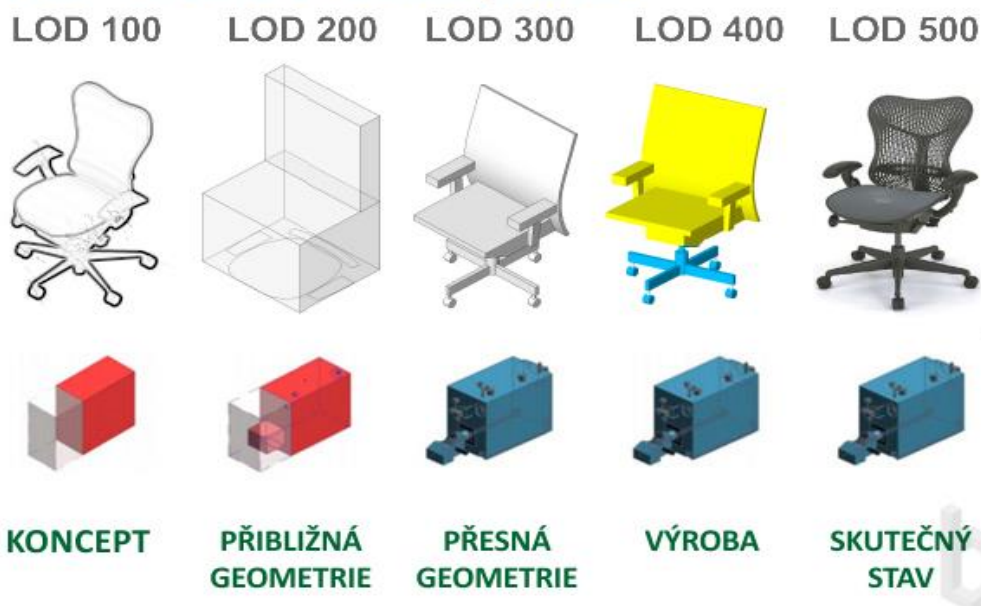
LOD^{ix} je koncept, který popisuje obsah a spolehlivost informací v různých fázích návrhu. Koncept *LOD^{ix}* byl zaveden americkou organizací *USA AIA^x*, obdobou naší komory architektů (ČKA). *LOD^{ix}* nám popisuje, jak se v průběhu návrhu vyvíjela geometrie a přiřazené informace prvku. *USA AIA^x* zavedla 5 stupňů *LOD^{ix}*, jejichž význam popisuje následující tabulka a obrázek přejeté z webu *tzb-info.cz*³ [5]

Tabulka 1 LOD stupně dle britského a amerického značení a odpovídající fáze projektu, dostupná na <https://www.tzb-info.cz/bim-informacni-model-budovy/20352-co-znamená-pojem-lod-v-bim>

UK	USA	Fáze projektu	Popis
LOD 1	LOD 100	Příprava	Model popisuje pouze základní funkční požadavky objektu a jeho zastavěnou plochu. Stavbu zde reprezentuje pouze 2D objekt nebo předpokládaný objem prvku.
LOD 2	LOD 200	Studie	Model obsahuje základní rozměry ploch a objemů, orientace ke světovým stranám a osazením do terénu. Ekvivalent dokumentace je dokumentace pro umístění stavby (DUR).
LOD 3	LOD 300	Rozpracovaný návrh	Model obsahuje návrh konstrukcí a vnitřního prostředí, jejich přibližný tvar, velikost, umístění, orientaci atd. Ekvivalent dokumentace je dokumentace pro stavební povolení (DSP).
LOD 4	LOD 350	Finální návrh	Model obsahuje jednotlivé prvky, které mají konkrétní rozměry a zkoordinované profese. Ekvivalent dokumentace je dokumentace pro provedení stavby (DPS).
LOD 5	LOD 400 LOD 500	Realizace	Model obsahuje konkrétní návrh konstrukcí a vnitřního prostředí. Každý prvek obsahuje technická data od výrobců a dodavatelů. Ekvivalent dokumentace je dílenská dokumentace. Tato podrobnost se využívá ojediněle. Například ve chvíli, kdy výstupem dokumentace má být vizualizace.
LOD 6	-	Užívání	Model obsahuje konkrétní zrealizované konstrukce dle skutečného stavu. Takto zpracovaný model je vhodné využívat pro samotnou údržbu a provoz skutečného objektu. Ekvivalent dokumentace je dokumentace skutečného provedení stavby (DSPS).
LOD 7	-	Optimalizace	Model je využíván pro optimalizaci nákladů spojené s provozem a údržbou daného objektu. Grafická data se již nemění.

³ Více informací na <https://www.tzb-info.cz/bim-informacni-model-budovy/20352-co-znamená-pojem-lod-v-bim>

LOD - Level Of Development



Obrázek 1 Znárodnění vývoje LOD na BIM objektu židle, VACÍK, Lukáš. BIMfo.cz [online]. [cit. 8.5.2020].

Dostupný na WWW: <https://www.bimfo.cz/Aktuality/Jak-zvolit-uroven-LOD.aspx>

Z obrázku 1 vyplývá, že LOD^x můžeme chápat jako jakési měřítko pokroku projektu. Je důležité si uvědomit, že časový rozdíl, který případný projektant stráví při tvorbě modelu LOD^x 100 a LOD^x 500, se významně promítne do financí, a proto není žádoucí požadovat celý projekt stavby ve vysokém LOD^x . Jako vhodnější řešení se nabízí požadování pouze dílčích prvků ve vysokém LOD^x . [5]

Je nutné podotknout, že LOD^x není v České republice nijak právně upraven a jeho přesná definice není pevně stanovena. I přes tento fakt je ale vhodné, aby LOD^x bylo stanoveno na základě dialogu mezi stavebníkem a projektantem, a to nejlépe pro každý projektový stupeň zvlášť. [6]

1.4 Definice parametrického objektu

Každý BIM model je poskládán z velkého množství různých BIM objektů, což je zásadní rozdíl oproti klasické 2D dokumentaci [2]. Pokud určitému BIM objektu přiřadíme další parametry, které nám umožní popsat chování objektu v modelu, získáme parametrický BIM objekt. Zde jsou vyjmenovaná pravidla, která by měl každý parametrický objekt splňovat: [7]

- Objekt je tvořen geometrickými daty, která mají přiřazená různá pravidla.

- Geometrie objektu se mění ve všech pohledech automaticky. Změním-li např. rozměr objektu v řezu, projeví se změna ve všech ostatních pohledech včetně 3Dⁱⁱ zobrazení.
- Objekt automaticky mění geometrii ostatních prvků, ke kterým je asociován. Pokud bude např. v modelu použit objekt „okno“, automaticky si v modelu stěny vytvoří otvor, ve kterém bude osazen.
- Objekt může být definován určitou strukturou. Např. stěna bude složena ze subkomponentů, například z cihel. V případě, že změníme hmotnost cihly, změní se i hmotnost stěny.
- Přiřazená pravidla dokáží identifikovat „špatné“ změny objektu, které znemožňují proveditelnost z hlediska rozměrů, výroby, dopravy atd.
- Objekty umožňují přiřazení nebo naopak export určitých parametrů např. materiálu, objemu, ceny atd.

1.5 Proč se BIM zabývat?

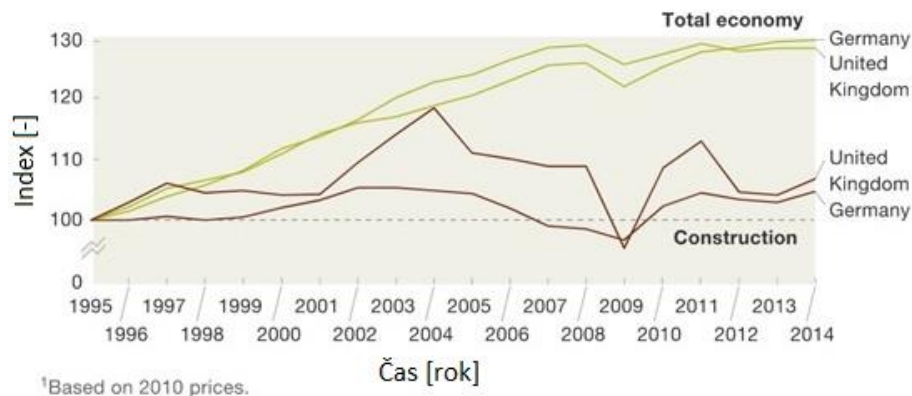
1.5.1 Stav stavebnictví a digitalizace

Stavebnictví zaměstnává v zemích Evropské unie přes 18 milionů lidí a tvoří celkem 9 % HDP⁴. Většina firem podnikajících v tomto odvětví spadá do skupiny malých a středních podniků. Na evropském trhu působí přes 3 miliony stavebních firem. [8]

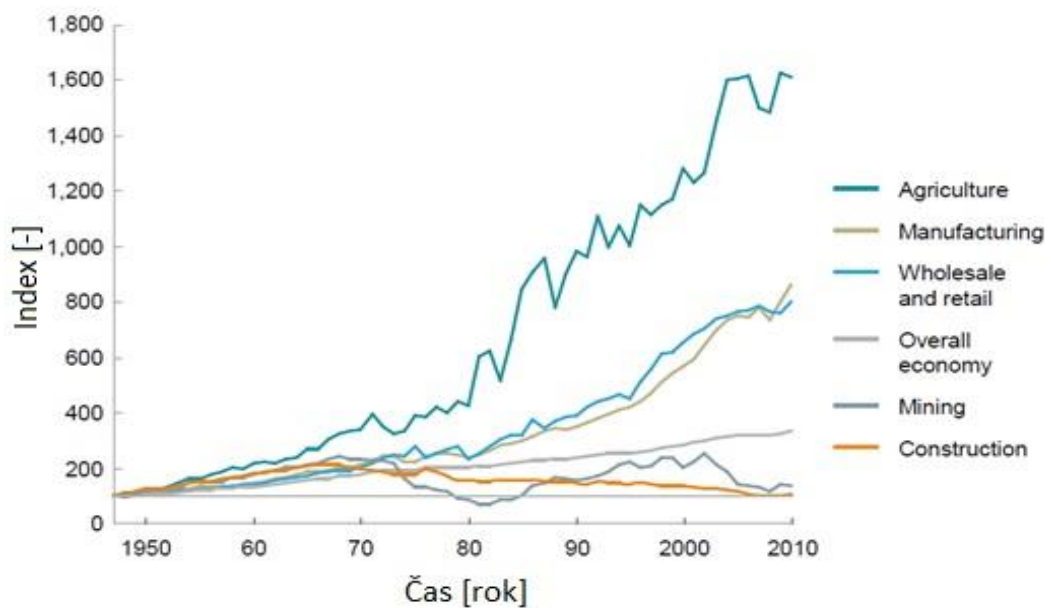
Klíčovým úkolem tohoto odvětví bude v budoucnu efektivně řešit problémy spojené s urbanizací, stárnoucí infrastrukturou, klimatickými změnami atd. Zároveň platí, že v souvislosti se zvyšováním produktivity, stavebnictví zažívá nejen v Evropě dlouhodobou stagnaci [8]. Tuto skutečnost si lze ilustrovat na 2 následujících grafech zveřejněných organizací *McKinsey Global Institute*. Grafy byly vytvořeny z dat poskytnutých organizací *OECD*⁵.

⁴ HDP-hrubý domácí produkt

⁵ OECD-(anglicky Organisation for Economic Co-operation and Development), Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj



Graf 1 Vývoj produktivity práce za odpracovanou hodinu. Srovnání růstu celkové ekonomiky (zeleně) a stavebnictví (červeně) ve Spojeném království a Německu. Index 100 = hodnota v roce 1995. MC GRAW HILL, Construction. www.mckinsey.com [online]. [cit. 15.5.2020]. Dostupný na WWW: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Capital%20Projects%20and%20Infrastructure/Our%20Insights/Reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/MGI-Reinventing-Construction-Executive-summary.ashx>



Graf 2 Vývoj produktivity práce za odpracovanou hodinu. Srovnání více hospodářských odvětví USA se stavebnictvím (Construction). Index 100 = hodnota v roce 1947, MC GRAW HILL, Construction. www.mckinsey.com [online]. [cit. 15.5.2020]. Dostupný na WWW: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Capital%20Projects%20and%20Infrastructure/Our%20Insights/Reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/MGI-Reinventing-Construction-Executive-summary.ashx>

Z obou grafů je patrné, že produktivita práce za odpracovanou hodinu ve stavebnictví dlouhodobě stagnuje. Jedním z možných vysvětlení může být i relativní nízká míra digitalizace. Dnes se samozřejmě i ve stavebnictví využívají pokročilé softwary pro návrh, ale v případě realizace a správy neprošlo stavebnictví výraznou digitalizací.

Z grafu 3 vyplývá, že stavebnictví (*Construction*) patří k jedněm z nejméně digitalizovaných odvětví. Odvětví, která si prošla digitalizací, jako jsou výrobní průmysl (*Advanced manufacturing*) a velkoobchod (*Wholesale trade*) viz graf 3 zaznamenala v 90. letech překotný růst produktivity práce viz graf 2.

McKinsey Global Institute industry digitization index; 2015 or latest available data

Relatively low digitization  Relatively high digitization

● Digital leaders within relatively undigitized sectors



¹Based on a set of metrics to assess digitization of assets (8 metrics), usage (11 metrics), and labor (8 metrics).

²Information and communications technology.

Graf 3 – Míra digitalize v jednotlivých odvětvích a jednotlivých oblastech odvětví. Stavebnictví (*Construction*). Míra digitalizace je znázorněna na barevné škále, kde zelená představuje digitalizovanou část odvětví a červená nedigitalizovanou. MCKINSEY&COMPANY. mckinsey.com [online]. [cit. 19.4.2020]. Dostupný na WWW: <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/imagining-constructions-digital-future>

1.5.2 Přínosy BIM dle jednotlivých účastníků stavby

Výčet bodů v tabulce 2 byl převzat z koncepce „Koncepce zavádění metody BIM v České republice“ od Ministerstva průmyslu a obchodu. Autoři zde popsali přínosy pro jednotlivé stavební profese. Společné přínosy, které se promítnou více obory, jsou označeny stejnou barvou. [9]

Tabulka 2 MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. Přínosy BIM pro jednotlivé stavební profese [online]. [cit. 15.4.2020]. Dostupný na WWW: <https://www.mpo.cz/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/koncepce-zavadeni-metody-bim-v-cr-schvalena-vladou--232136/>

Účastník	Využití/Přínos
Stavebník (Investor)	→ možnost kontroly projektu a jeho nákladů ve všech jeho fázích
	→ rychlejší zpracování požadavků a změn
	→ informace zásadní pro rozhodování jsou k dispozici v dřívějších fázích
	→ snadnější komunikace s ostatními účastníky
	→ možnost zlepšit kvalitu staveb díky SW validaci parametrů a vlastností použitých stavebních materiálů, konstrukcí a výrobků a jejich souladu s platnými normami
Hlavní projektant (Architekt, Inženýr, Technik)	→ pohodlnější nástroje pro práci
	→ snadnější modifikace návrhu na základě požadavků stavebníka, statika atd.
	→ snadnější vytváření variant
	→ rychlé vizualizace (není třeba znovu vytvářet 3D model)
	→ rychlá odezva od statika k možnostem konstrukce
	→ rychlé energetické analýzy
	→ plynulý přechod od koncepčního modelu ke specifickému
→ eliminace rizika konstrukčních kolizí	
Projektant stavební části	→ snadnější komunikace s projektantem / hlavním projektantem nad jedním modelem
	→ snadnější zpracování změn
	→ snadnější komunikace se stavebníkem
Projektant TZB	→ snadnější komunikace s projektantem / hlavním projektantem, statikem a projektantem stavební části nad jedním modelem
	→ snadnější zpracování změn
	→ snadnější komunikace se stavebníkem
	→ úspora při vytváření analytického modelu
	→ možnost variantního řešení
→ možnost energetických simulací	
Statik	→ snadnější komunikace s projektantem / hlavním projektantem a projektantem stavební části nad jedním modelem
	→ snadnější zpracování změn
	→ snadnější komunikace se stavebníkem
	→ úspora při vytváření analytického modelu
Technický a autorský dozor	→ snadnější kontrola skutečného stavu podle modelu BIM
	→ snadnější komunikace s ostatními účastníky
	→ lepší možnost zaznamenání požadavků na úpravy a změny
	→ snížení rizika špatného přenosu informací
Rozpočtář	→ úspora času díky automaticky generovaným podkladům pro vytvoření soupisu stavebních prací, dodávek a služeb, včetně změnových řízení
	→ neustálý přístup k aktuálním informacím – přesnější ocenění
	→ možnost rychlé tvorby nákladových variant pro rozhodování
	→ přehlednější evidence dat pro finanční controlling (plán x skutečnost)
	→ rychlá klasifikace jednotlivých stavebních prvků díky jejich snazší vizualizaci v modelu
Zhotovitel	→ přístup k vždy aktuální dokumentaci
	→ snadnější komunikace s projektanty jednotlivých profesí nad jedním modelem

	→ kontrola dodržování časového a finančního plánu
	→ zmenšení počtu řešení kolizí zjištěných až při provádění stavby · možnost
	→ snadnější a přehlednější rozpis dodávek a prací realizovaných podzhotoviteli, jejich koordinace a kontrola
	→ zpřesnění objednávání materiálu a tím nižší produkce odpadu
Facility manager	→ aktuální model budovy naplněný informacemi o jednotlivých stavebních výrobcích a prvcích včetně dodavatele a informací o jejich údržbě
	→ jednoduché vykazování stavebních výrobků a prvků, atd.
	→ možnost rozšíření modelu o specifická data pro FM
	→ zjednodušené rozhodování při provozu, údržbě a změnách dokončené stavby
Veřejná správa	→ všechny přínosy, které platí pro stavebníka
	→ možnost automatické kontroly souladu návrhu s požadavky závazných předpisů (při použití validátorů modelu)
	→ efektivnější využití veřejných finančních prostředků
	→ snížení rizika překročení nákladů u veřejných zakázek na stavební práce
	→ zvýšení transparentnosti stavebních projektů
	→ možnost jednodušší simulace energetické náročnosti stavby a optimalizace energetické účinnosti
	→ možnost propojení různých registrů státní správy souvisejících s výstavbou pro lepší plánování infrastruktury
	→ jednodušší a důvěryhodnější komunikace a prezentace záměrů při veřejných projednáních
→ podpora rozvoje datové základny národní infrastruktury pro prostorové informace	
Certifikace budovy	→ úspora při vytváření analytického modelu
	→ možnost automatické kontroly některých aspektů modelu
	→ jednodušší kvantifikace a efektivnější posuzování některých aspektů konceptu udržitelné výstavby

1.5.3 Přínosy BIM v datech

Následující data vychází ze studie organizace *CIFE^{xi}*, která patří pod Stanfordskou univerzitu. Studie zkoumala mezi lety 2006 a 2007 vlivy *VDC^{xii}* a BIM na severoamerickém a světovém stavebním trhu⁶. [10]

- Přesnost odhadu celkové ceny projektu při použití BIM činí 97 %.
- 74 % respondentů ze západní Evropy uvedlo, že zavedení BIM vedlo k výrazně lepším výsledkům (u respondentů ze severní Ameriky toto číslo činí 63 %).
- 80 % času nutného pro kalkulaci ceny projektu je ušetřeno.
- 10 % financí bylo ušetřeno díky zamezení kolizí a podobným chybám.
- Čas nutný k výstavbě se snížil o 7 %.
- Na stavbách bylo snížené množství odpadu o 37 %.
- Až 40 % náhlých změn během stavby je zamezeno.
- 24 % dodavatelů snížilo objem financí vyhrazených pro rezervy v případě, že byla použita BIM technologie.

⁶ Více informací na: <https://stacks.stanford.edu/file/druid:bc641nk6928/TR171.pdf>

- 30 % respondentů zaznamenalo snížení rizika při spolupráci více firem na jednom projektu.
- 33 % respondentů zaznamenalo snížení množství víceprací o 10 % nebo více.

1.6 Flow-chart budování BIM modelu

Následující podkapitola se bude věnovat popisu tvorby informačního modelu $5D^{vii}$ BIM, tzn., že model zahrnuje informace o nákladech a času (viz 1.2.2, 1.2.3). Proces můžeme rozdělit do 4 fází dle pokroku a obsahu dat v informačním modelu. [11]

První fáze zahrnuje shromažďování a zadávání dat do $3D^{ii}$ modelu. Proces začíná při schůzkách se stavebníkem, kde jsou formovány základní požadavky projektu. Na základě projektových požadavků je vytvořen $3D^{ii}$ model, na jehož tvorbě spolupracují architekti, stavební inženýři, statici a specialisté TZB^{xiii} apod. Každý prvek $3D^{ii}$ modelu obsahuje grafické a negrafické informace. V této fázi bylo dosaženo BIM $3D^{ii}$. [11]

Druhá fáze začíná v momentě, kdy stavebník schválí návrh vytvořený v první fázi. Do informačního modelu jsou zanášeny informace o ceně jednotlivých prvků, nejčastěji formou ceny za měrnou jednotku. Následně je na základě zadaných údajů vygenerován odhad ceny projektu. V této fázi bylo dosaženo BIM $4D^{vi}$. [11]

Třetí fáze začíná v případě, že stavebník schválí provedení BIM $4D^{vi}$. Nyní je nutné rozčlenit stavbu na jednotlivé dílčí výkony, doplněné o další údaje, které mohou ovlivnit časový plán výstavby. Příkladem může být zásobování materiálem, požadavky na počet dělníků na staveništi apod. [11]

Ve **čtvrté fázi** pracujeme s plnohodnotným $5D^{vii}$ BIM modelem, který je propojený se všemi potřebnými daty. Nyní můžeme vytvářet položkové rozpočty, harmonogram atd. [11]

1.7 BIM a Facility management

Na tvorbě BIM modelů by se v ideálním případě měli společně podílet specialisté z různých oborů. Vzhledem ke skutečnosti, že celkové náklady vynaložené na provoz díla představují až 80 % celkového finančního objemu utracených v rámci projektu, je vhodné již do návrhu zapojit specialisty z oboru *facility managementu*^{xxiii}, neboli profese, které budou po realizaci projekt spravovat. Ti mají s BIM možnost upřesnit parametry a informace, které budou do informačního modelu zavedeny, aby bylo model následně možné využít pro *facility management*^{xxiii}. [12]

V poslední době se k účelům správy nemovitostí uplatňuje formát *COBie*², který na rozdíl od *IFC*¹ obsahuje pouze tabulkový seznam BIM objektů a k nim výběr přiřazených parametrů,

např. BIM objekt: generátor a k němu přiřazené parametry jako datum revize, výrobní číslo, životnost apod. [12]

Zásadním problémem, který se pojí s používáním BIM a *facility managementu*^{xxiii} je následná editace BIM prvků v informačním modelu. V případě, že potřebujeme upravit určitý BIM objekt, můžeme tuto úpravu často provést pouze v programu, ve kterém byl objekt vytvořen. Programy, které slouží k propojení BIM modelů z různých platform častěji poskytují velmi limitované možnosti, jak upravovat geometrii objektů, natož jejich parametry, což znemožňuje zaznamenávání změn v BIM modelu realizovaného díla.

Možností, jak udržovat stále aktuální BIM model, by byla post-realizační spolupráce mezi *facility managementem*^{xxiii} a projekční firmou. Správce by se např. zavázal k placení paušálního ročního příspěvku projekční firmě, která by průběžně informační model aktualizovala. Otázkou je, zdali by o takovou to službu byl zájem a jestli by dávala ekonomicky smysl.

Dalším možným řešením by mohlo být zřízení externích pracovišť, která budou disponovat dostatečným množstvím programových licencí umožňující efektivní editaci BIM modelů. Provozovatel stavby by tak platil pracovišti poplatky za udržování aktualizovaného BIM modelu. Takováto pracoviště by mohla fungovat v rámci různých organizací jako např. povodí.

Další možností je dopředu specifikovat, v jakých platformách má být BIM model vyhotoven, a po realizaci díla nakoupit licence zvolených programů. Toto řešení však může být velice nákladné, a proto se zřejmě neuplatní na malé projekty.

2 BIM SOFTWARE

2.1 BIM Platformy

BIM platformy tvoří sady aplikací a nástrojů, které generují datové modely obsahující grafická i negrafická data, jež mohou být dále upravovány pravidly. Pro platformy je zásadní, aby umožňovaly systému vzájemně si poskytovat data a efektivně spolupracovat. Typicky obsahují *BIM nástroje*⁷ jako např. *renderování*⁸ vizualizování, generování výkresů, export do textových formátů, kontrola kolizí apod. Mezi takovéto nástroje spadají i aplikace 3. stran. Platformy jsou společně s nástroji, *knihovnamí*⁹ a servery sdružovány v tzv. *BIM prostředí*¹⁰. [7]

Na trhu se můžeme setkat s velkým množstvím BIM platforem, které mají mnoho společných charakteristik, ale bývají přizpůsobeny pro odlišné cílové skupiny. V následujícím textu se tedy pokusím popsat pouze některé z platforem. Rozhodujícím faktorem při výběru byla možnost dohledání infrastrukturálních projektů realizovaných v těchto aplikacích. K takovému zúžení výběru mě vedl fakt, že je-li software schopný realizace pouze modelů pozemních staveb, nebude v něm zřejmě možné vytvářet specifické konstrukce, jako jsou ty vodohospodářské. Seřazení jednotlivých platforem nezohledňuje žádné preference.

2.1.1 Allplan

Allplan je platforma spadající pod společnost *Nemetschek Group*. Se svými aplikacemi *Allplan Architecture, Engineering a Bridge* pokrývá řešení napříč stavebními praxemi. Velkým přínosem je možnost využití dalších nástrojů jako *NEVARIS* pro správu nákladů, *DDS-CAD* pro technické zařízení budov, *SCIA Engineer* pro statiku nebo *PLANBAR* pro prefabrikaci. [13]

Je důležité dodat, že nástroje jako *SCIA Engineer* umožňují práci s daty i z jiných platforem, ale protože jsou aplikace spravovány v rámci společnosti *Nemetschek Group*, lze očekávat lepší kompatibilitu mezi programy.

2.1.2 Bentley Systems

Aplikace nabízí BIM řešení pro výstavbu a provoz infrastrukturálních děl. Stěžejní aplikací pro stavební inženýry je software *MicroStation*, který obsahuje širokou sadu nástrojů pro

⁷ BIM nástroj- (anglicky BIM Tool), přijímá, odesílá nebo upravuje data

⁸ Renderování- (anglicky: rendering), vytváření reálných obrazů z počítačových modelů

⁹ Knihovna-Databáze parametrických či neparаметrických prvků

¹⁰ BIM Prostředí-shluk platforem, nástrojů apod., fungující v rámci jednoho projektu či organizace

parametrické modelování. Společnost *Bentley* zároveň vyvíjí nástroje pro specializovaná odvětví stavebnictví. Mimo klasické nástroje pro statickou analýzu, geotechniku, *TZB^{xiii}*. apod., společnost dodává nástroje pro specialisty z oboru vodohospodářství. Za zmínku stojí nástroje *OpenFlows*, které umožňují návrh a správu vodohospodářských řádů, kanalizací, protipovodňových opatření a další vodohospodářské problematiky. [14]

Řešení pro návrh a správu vodních elektráren přináší nástroje *OpenPLANT* a *PlantWise*, které slouží k *2Dⁱ* a *3Dⁱⁱ* návrhu potrubí dle mezinárodních standard ISO 15926, včetně simulace životního cyklu. [14]

2.1.3 Revit

Revit od společnosti *Autodesk* dnes představuje jednu z nejvíce využívaných aplikací na českém i světovém stavebním trhu. Stejně jako u předchozích nástrojů nabízí platforma BIM řešení pro tvorbu architektonických, *TZB^{xiii}* a konstrukčních návrhů. Software umožňuje sdílení a dělbu práce pomocí tzv. „pracovních sad“, což v praxi znamená, že specialisté z různých oborů pracují na vlastním BIM modelu, který je následně napojen na společný centrální model. [15]

Platforma umožňuje export do velkého množství datových formátů, mezi něž patří *IFC¹*, *DWG*, *DXF*, *DGN*, *SAT*, *gbXML* včetně vlastních soborů *Revitu RVT* a *RFA*. Výhodná je zejména spolupráce s dalšími softwary od *Autodesku*. [15]

O využitelnosti *Revitu* pro vodohospodářské stavby svědčí i fakt, že jej do svého BIM řešení implementovala česká společnost *AQUATIS a.s.* Jeden z pilotních projektů, který firma realizovala, byl informační model vakového jezu a příjezové malé vodní elektrárny na řece *Ibar* v Srbsku. Komplexní informační model obsahoval betonové konstrukce, digitální model terénu, vzduchotechniku a elektrotechnologie. [16]

Další českou společností využívající BIM a podnikající v oboru vodohospodářství je *Sweco Hydroprojekt a.s.* Společnost zvolila software *Revit* pro modelování stavebních objektů, *TZB^{xiii}* a vzduchotechniky. Software byl použit během rozšíření *ÚČOV^{xiv}* v Praze na Císařském ostrově. [17]

2.1.4 Další sady nástrojů od Autodesku

Obě firmy zmíněné výše v podkapitole 2.1.3 uvedly, že kromě softwaru *Revit* využily k tvorbě informačních modelů dalších specializovaných nástrojů od společnosti *Autodesk*, a to *AutoCAD Civil 3D* a *AutoCAD Plant 3D* [16] [17]. Tyto nástroje ovšem nemůžeme považovat za pravé BIM platformy [7]. Pro svoji širokou využívanost a variabilitu jsou ovšem zařazeny do tohoto výčtu.

AutoCAD Civil 3D je zejména vhodný pro modelování liniových staveb včetně zemních prací. Jednou z nejdůležitějších funkcí, se kterými se v softwaru můžeme setkat, je tvorba tzv. dynamických koridorů. Pro využití této funkce potřebujeme definovat trasu, niveletu a vzorový příčný řez. To nám umožňuje navrhovat širokou škálu liniových staveb, jako jsou potrubí, výkopy, násypy, pozemní komunikace apod. V případě, že je nutné v návrhu provést změny, koridor se automaticky přebuduje. *Autodesk Civil 3D* může sloužit i jako efektivní nástroj pro získání kubatury zemních prací.

AutoCAD Plant 3D je nástroj pro modelování potrubních sítí a rozvodných technologií. Obsahuje předinstalované knihovny symbolů dle průmyslových standardů. Své uplatnění získává i při vytváření 3Dⁱⁱ modelů konstrukčních závodů. [15]

Společnost *Autodesk* disponuje samozřejmě spoustou dalších BIM nástrojů, které slouží např. ke statické analýze, prefabrikaci, simulaci životního cyklu apod. Data vytvořená v jedné aplikaci mohou být snadno sdílena a v celém prostředí funguje vysoká *interoperabilita*¹¹. [15] [18]

2.1.5 Co není BIM Platforma

Termín „BIM platforma“ není jasně definovaný ani kodifikovaný žádnou vyhláškou, a proto se můžeme setkat se softwary, které jsou prezentovány jako BIM platformy, ale v principu nenaplníují podstatu tohoto konceptu. Zde jsou uvedeny příklady takovýchto modelů [7]

- Modely, které obsahují pouze 3Dⁱⁱ data bez dalších parametrů. Tyto modely jsou zejména využívány pro vizualizaci stavby a neumožňují další práci s daty, jako např. tvorba výkazů, cenová analýza atd. Příkladem softwaru, který takovéto modely vytváří, je *Google SketchUP*.
- Modely, které neumožňují parametrizaci, tzn. nemožnost upravování modelu na základě předem nadefinovaných parametrů. Takovýto model nám neumožní rychle měnit např. polohu prvku nebo rozměry. Provádění změn v takovémto modelu je značně časové náročné.
- Modely, které byly vytvořeny poskládáním 2Dⁱ CADⁱⁱⁱ výkresů.
- Modely, u kterých změna rozměrů prvku v jednom pohledu automaticky nevede ke změně téhož prvku ve všech pohledech.

¹¹ Interoperabilita-Schopnost různých systémů vzájemně spolupracovat, poskytovat si služby, dosáhnout vzájemné součinnosti.

2.2 Software pro zobrazení a kontrolu

Zpětná kontrola návrhu patří mezi nejčastější způsoby využití informačních modelů. Softwary nám umožní odhalení chyb, které by při standartním užívání BIM platformem zůstaly skryty nebo by jejich odhalení proběhlo až během výstavby. Dále umožní zobrazení modelu i ostatním účastníkům stavby, kteří nevlastní licence použitých BIM platformem [7]. Softwary jsou níže rozdělené do tří kategorií, které ale nejsou nepropustně stanoveny, neboť např. i některé nástroje pro prohlížení modelů obsahují funkce detekcí chyb apod.

2.2.1 Nástroje pro prohlížení modelů

Na trhu najdeme velké množství softwarů, které umožňují zobrazení informačních modelů. Software může buď spadat pod vývojáře příslušné BIM platformy, nebo se může jednat o software 3. stran. Tyto nástroje většinou podporují načítání modelů ve výměnném formátu *IFC*¹, ale i *nativních*¹² formátech příslušných platformem. Často aplikace umožňují další interakce s modelem, jako je tvoření jednoduchých výkazů výměr apod. Zde jsou uvedeny příklady takových softwarů: [7]

- *Adobe Acrobat 3D*,
- *Allplan BIM+*,
- *Autodesk Design Review*,
- *BIMX*,
- *Oracle AutoVue*,
- *Solibri Model Viewer*,
- *BIMVision*.

2.2.2 Nástroje pro integraci modelů

V případě, že je informační model vytvářen mezi více platformami, popř. použité nástroje neumožňují export do stejného datového formátu, je možné využít nástrojů pro integraci modelů. Takováto aplikace dokáže sloučit více datových formátů do jednoho, se kterým je dál možné pracovat. Toto je stěžejním bodem pro spolupráci na tvorbě BIM dokumentace, neboť různé projekční kanceláře jsou zvyklé pracovat v různých softwarech. Zároveň nám to umožní vizualizovat dílo se vši svou komplexností a odhalení případných kolizí a dalších chyb. Zde jsou uvedeny příklady takových softwarů. [7]

- *Nawisworks Manage*,

¹² Nativní-(Přirozený), data se nacházejí ve stejném datovém formátu, jako byla vytvořena

- *DP Manager,*
- *iTWO,*
- *Vico Office.*

2.2.3 Nástroje pro kontrolování modelů

Nástroje pro kontrolu modelu nám pomáhají detekovat chyby jako např. kolize, nedodržení pravidel apod. Zde je příklad takovýchto softwarů: [7]

- *BIM Assure,*
- *Solibri Model Checker,*
- *Autodesk Revit Model Review.*

2.3 Industry Foundation Classes (IFC)

Je téměř nereálné, aby všechny projektantské firmy používaly stejnou BIM platformu, dokonce se můžeme setkat s používáním více platforem v rámci jedné firmy. Tím se dostáváme k problematice, která informační modelování značně omezuje, a to je nedostatečná *interoperabilita*¹¹ mezi platformami [7]. Pokud jedna firma projektuje v *Revitu* a druhá v *Bentley*, nemohou si navzájem efektivně vyměňovat data a případná komunikace by pak zřejmě probíhala přes export výkresů do *PDF*^{iv}. Z tohoto důvodu vznikla řada výměnných formátů, mezi nimiž je i *IFC*¹.

*IFC*¹ představuje otevřený formát a klasifikační systém pro digitální sdílení dat ve stavebnictví. Podléhá mezinárodní normě ISO 16739-1:2018 a byl navržen veřejnoprávní organizací *buildingSMART* tak, aby neupřednostňoval žádnou platformu či prodejce. Formát podporuje grafická i negrafická data. Export a import do *IFC*¹ umožňuje naprostá většina BIM platforem. [19]

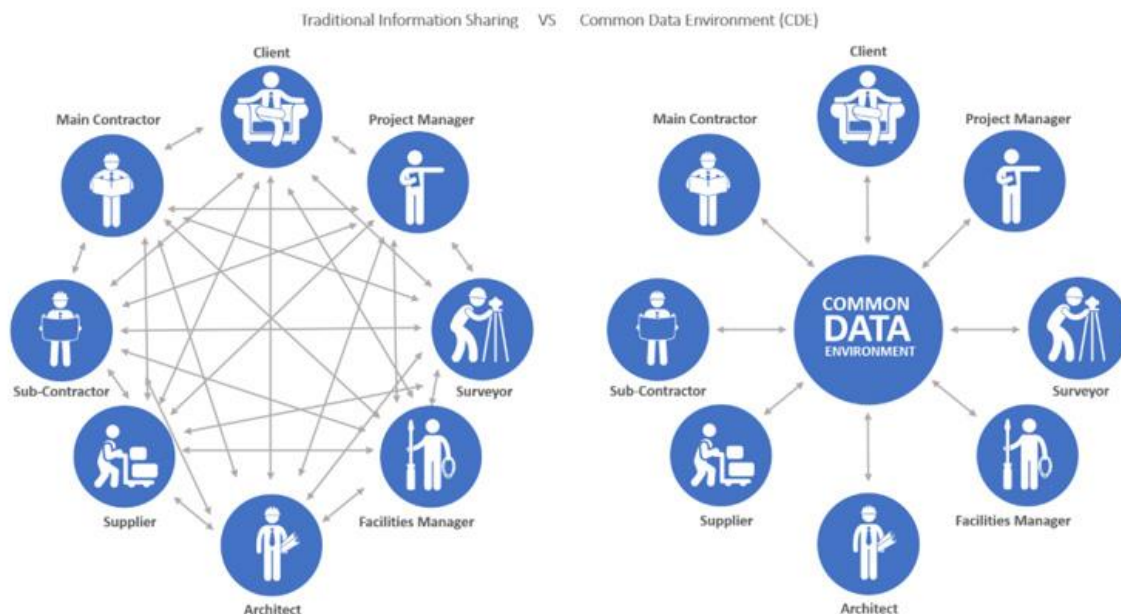
Princip spočívá ve standardizaci a kodifikaci modelových dat. Každá BIM platforma může využívat jiný klasifikační systém. Např. *Revit* používá severoamerický klasifikační systém *OmniClass*^{xv}. Pokud by byl z *Revitu* exportován model, který bude obsahovat jednoduchou stěnu, přepíše se kategorie *Revitu*-Stěna (parametr *OmniClass*^{xv}.) na parametr *IfcWall* (po. *IFC*¹ soubor pak může být načten do jiné aplikace. Je ale nutné si uvědomit, že při výměně dat přes *IFC*¹ formát nezískáme všestranně použitelný model. Pokud by byl např. vytvořen model stěny v *Revitu* a následně přes *IFC*¹ otevřen v *Allplanu*, zjistíme, že model sice obsahuje správné rozměry, materiálové parametry atd., ale při úpravách se jako model stěny nechová. To je zapříčiněno odlišným přístupem vývojářů při tvorbě softwarových nástrojů. [20] [21]

I přes své limitace představuje IFC¹ cenného pomocníka pro komunikaci v rámci více platforem. Své využití nachází zejména v prostorové koordinaci modelu, kontrole kolizí a kalkulaci ceny. [20]

2.4 Common data environment (CDE)

CDE^v představuje společnou platformu pro komunikaci a sdílení dat mezi stavebníkem, dodavatelem, subdodavatelem atd. Jedná se o společné datové prostředí, jehož účelem je shromažďování, upravování a spravování grafických a negrafických dat, která mohou, ale nemusí, být vytvářena pomocí BIM platforem. CDE^v by měl být jediným zdrojem informací pro projekt. Zřízení probíhá přes server, extranet nebo podobný systém. CDE^v je podmínkou pro dosažení BIM levelu 1 viz 1.1.2. [22]

Všichni účastníci stavby ukládají a čerpají informace z CDE^v, což zlepšuje mezioborovou spolupráci a zajišťuje, že všechny zúčastněné strany mají k dispozici aktualizovanou dokumentaci. Zodpovědnost a vlastnictví dat zůstává jejich tvůrcům. V rámci prostředí je dodržována striktní hierarchie, kdo má k jakým datům přístup, zda je může upravovat, zda jsou data schválená apod. Zřízení a financování CDE^v je buďto v kompetenci stavebníka, nebo generálního dodavatele stavby, popř. v rámci spolupráce stavebníka a generálního dodavatele. Financování, nastavení zodpovědnosti a přístupu k informacím jednotlivých účastníků by mělo být dopředu smluvně upraveno. [22]



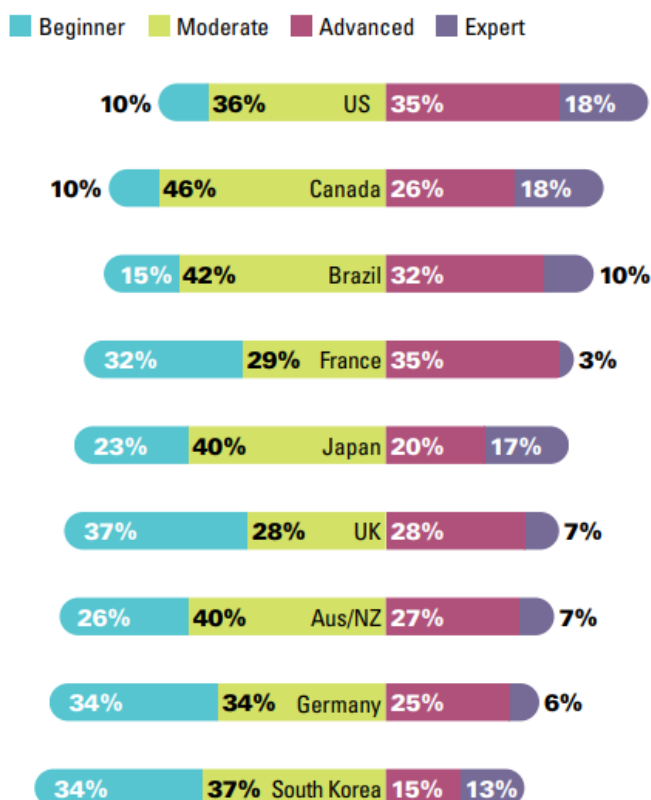
Obrázek 2 Znárodnění sdílení dat o projektu v rámci klasického přístupu (vlevo) a s použitím CDE (vpravo) NATKEVIČIŪTĚ, Laima Natkevičiūtė. ibimsolutions.lt [online]. [cit. 19.4.2020]. Dostupný na WWW: <https://ibimsolutions.lt/straipsniai/vieninga-duomenu-aplinka-cde-kokybiskam-bim-projekto-procesui/attachment/cde/>

3 IMPLEMENTACE A LEGISLATIVA

3.1 Implementace ve světě

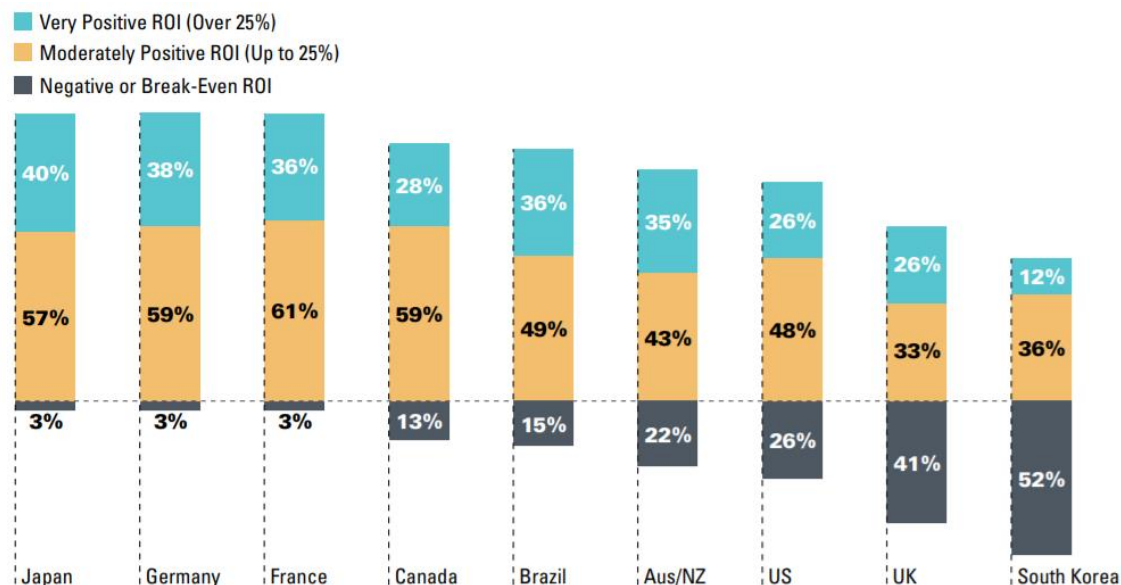
Následující podkapitola je věnována implementaci BIM na jednotlivých světových trzích. Následující výčet nepřestavuje úplný seznam zemí, které se rozhodly zavést BIM do projektů financovaných z veřejných zdrojů.

Ze studie americké organizace *McGraw Hill Construction*¹³ je evidentní, že k zavádění a legislativní úpravě BIM přistupuje stále více států. U států, kde implementace již proběhla, je patrné, že profesní znalosti dodavatelů staveb ohledně této problematiky se rok od roku zvyšují. [23]



Graf 4 Rozdělení dodavatelů, používajících BIM, dle jejich zkušeností a pokroku s technologií v procentech. Začátečníci (tyrkysová), středně pokročilý (zelená), pokročilý (vínová), experti (fialová). MC GRAW HILL, Construction [online]. [cit. 14.4.2020]. Dostupný na WWW: https://www.icn-solutions.nl/pdf/bim_construction.pdf

¹³ Více informací na: <https://www.i2sl.org/>



Graf 5 Výhodnost investice do BIM dle ROI uvedené dodavateli v jednotlivých zemích. MC GRAW HILL, Construction. [online]. [cit. 14.4.2020]. Dostupný na WWW: https://www.icn-solutions.nl/pdf/bim_construction.pdf

Studie zároveň zohlednila návratnost investice ROI^{xvi} , které uvedli dodavatelé z jednotlivých států při zavedení informačního modelování do svého pracovního postupu. Zajímavé je, že téměř všichni dodavatelé uvedli, že investice do BIM měla převážně pozitivní návratnost, až na dodavatele z Jižní Koreje viz graf 5.[23]

3.1.1 USA

Spojené státy zaujímají vedoucí pozici, co se vývoje a implementace BIM týče. Spousta softwarů, jako např. *Revit*, používaných ve stavebnictví, je vyvíjena americkými společnostmi. Vzhledem k rozsáhlosti amerického trhu pravděpodobně platí, že v USA se nachází největší počet BIM uživatelů. V roce 2012 využívalo BIM přes 70 % amerických dodavatelů, z toho 74 % uvedlo pozitivní návratnost při investici do BIM. Zároveň platí, že 30 % soukromých amerických investorů vyžaduje, aby dodavatel stavby uměl ovládat BIM technologie. [2] [23]

Vládní organizace *US General Services Administration (GSA^{xvii})* má vedoucí roli při implementaci BIM na americkém stavebním trhu, neboť pod sebou zaštiťuje výstavbu a provoz všech federálních zařízení v USA (pozn. Pod *GSA^{xvii}* spadá více než 8700 budov). Organizace vydává směrnice a standardy, které využití *3Dⁱⁱ* a *4D^{vi}* BIM upravují a řídí, příkladem může být mezinárodně uznávaná *National BIM standart (NBIMS 2.0^{xviii})*. [23] [24]

Je důležité dodat, že na celostátní úrovni v USA neexistuje jeden sjednocený přístup k implementaci BIM. Některé státy přijaly vlastní iniciativu, např. ve Wisconsinu je od 1. 7. 2009 nutné veškeré veřejné zakázky řešit s použitím BIM. [2]

3.1.2 Velká Británie

Vláda Spojeného království přišla s jednotnou strategií jak postupovat při zavádění BIM na britský stavební trh. Od roku 2016 je vyžadován BIM level 2 (viz 1.1.23) pro všechny veřejné zakázky. Toto mělo zásadní dopad na britské stavebnictví a firmy byly nuceny k zavedení BIM technologií, aby splnily požadavky britské vlády. 59 % dodavatelů, kteří k zavedení BIM přistoupili, uvádí pozitivní návratnost investice. 21 % soukromých investorů vyžaduje, aby dodavatel stavby uměl ovládat BIM technologie [23] [24]

Implementaci BIM ve Spojeném království zaštiťuje *organizace NBS^{xix}*. Jedním ze stěžejních projektů realizovaných touto organizací je internetová databáze BIM objektů – *The National BIM Library*¹⁴. Databáze je veřejně přístupná a slouží k publikaci BIM objektů, které splňují požadavky *NBS^{xix}* [2]. V současnosti se v databázi nachází přes 25 000 BIM objektů, více než 19 000 standard a přes 5 000 firem. [25]

3.1.3 Evropa

Z iniciativy Evropské komise vznikla skupina *EU BIM Taskgroup*¹⁵. Cílem skupiny je vytvoření jednotného přístupu k digitalizaci stavebnictví v Evropě a zlepšení transparentnosti projektů financovaných z veřejných zdrojů. Skupina publikovala příručku: „Příručka pro zavádění informačního modelování staveb (BIM) evropským veřejným sektorem“, kde jsou popsána technická opatření a doporučení jednotlivým státům při zavádění principu BIM do veřejných zakázek. Příručka je veřejně dostupná i v češtině a poskytuje odpovědi na následující otázky: [8]

- Proč veřejná správa v jiných zemích přijala opatření na podporu a stimulaci informačního modelování budov?
- Jaké přínosy lze očekávat?
- Jak může veřejná správa a klienti z řad veřejného sektoru zaujmout vůdčí postavení a spolupracovat s odvětvím?
- Proč má vůdčí postavení veřejného sektoru a evropský soulad stěžejní význam?
- Co je to informační modelování staveb? A jaká je jeho společná evropská definice?

Zde se nachází výčet evropských zemí, které již zahájily nebo v brzké době zahájí implementaci BIM.

¹⁴ Více informací na <https://www.thenbs.com/>

¹⁵ Více informací na <http://www.eubim.eu/>

3.1.3.1 Finsko

Finsko patří mezi průkopníky BIM technologií ve světě. Státní podnik „Senate Properties“ zajišťující správu a výstavbu veřejných zařízení začal již v roce 2001 s rozvojem pilotních projektů. Od roku 2007 požaduje podnik BIM pro všechny stavební zakázky. Jedinou výjimku tvoří typy projektů, u kterých se při pilotních projektech nepotvrdily ekonomické přínosy. [2]

3.1.3.2 Další skandinávské země

Mimo Finsko zavedly BIM standardy nebo požadavky při veřejných zakázkách Norsko, Dánsko i Švédsko. Všeobecně platí, že skandinávské země byly prvním regionem na světě, kde se stal BIM povinným. [22]

Dánská vláda investuje velký obnos financí do vývoje informačního modelování a zároveň vede vývoj nového BIM klasifikačního systému CCS^{xx}. Tato standarda by měla v budoucnu fungovat v rámci celé EU. [24]

3.1.3.3 Německo

V Německu se podnětem k přehodnocení zadávání veřejných zakázek stalo selhání projektů letiště „Berlin Brandenburg“ a hlavního vlakového nádraží ve Stuttgartu. V roce 2015 proto německé ministerstvo dopravy *BMVI*^{xxi} připravilo strategický plán pro zavedení informačního modelování. Od konce roku 2020 musí být BIM použit na každý nový projekt, financovaný z veřejných zdrojů v Německu [8]. Dosud 97 % dodavatelů uvedlo pozitivní návratnost investice, při zavádění BIM. [23]

3.1.4 Asie

3.1.4.1 Čína

Čína zařadila implementaci informačního modelování do svého pětiletého plánu, v rámci kterého byly vytvořeny 2 národní BIM standardy. Zavádění technologie ale začaly brzdit překážky na čínském trhu jako nevole změnit dosavadní metody zpracovávání zakázek apod. [22] [24]

3.1.4.2 Singapur

Singapurská vládní organizace *The Singapore Building and Construction Authority (BCA)*^{xxii} vyvinula strategii, které měla za cíl implementaci BIM na stavebním trhu do roku 2015. Od roku 2010 je BIM vyžadován pro všechny projekty financované z veřejných zdrojů. 9 stavebních úřadů umožňuje odevzdávání projektové dokumentace pomocí BIM 3Dⁱⁱ souborů. Zároveň je BIM

vyžadován pro udělení stavebního povolení na projektech, jejichž výměra ploch překročí 5 000 m². [26]

3.1.4.3 Japonsko

Dle studie organizace *McGraw Hill* prokazuje kladnou návratnost investice do BIM 97 % japonských dodavatelů [23]. BIM je v Japonsku mimo jiné využíván ke kontrole dodávek materiálu, robotizaci a *facility managementu*^{xxiii}. [24]

3.2 Implementace BIM v ČR

3.2.1 Koncepce 2022

Odbor „Koncepce BIM“ byl založen díky podnětu Ministerstva průmyslu a obchodu (MPO^{xxiv}) v roce 2017. Náplní odboru je realizace vládou schváleného programu pro implementaci BIM v České republice. Ten byl přijat dne 25. září 2017 usnesením č. 682. Koncepce se inspiruje zaváděním BIM v Evropě a obsahuje plán postupného zavádění BIM v letech 2018-2027. Klíčovým milníkem je rok 2022, odkdy je uvažováno povinné použití BIM na nadlimitní veřejné zakázky. [27] [28]

Rokem 2018 tak začalo čtyřleté období, které bylo strategicky rozděleno po jednotlivých rocích, kdy se realizují stěžejní aktivity jako např. pilotní projekty, výuka, tvorba standard, metodik, doporučení apod. Dílčí aktivity se realizují ve spolupráci s příslušnými ministerstvy, organizacemi a zástupci odborné veřejnosti. [27] [29]

3.2.1.1 Rok 2018

Hlavní činností bylo zapojení klíčových partnerů do projektu. Základ tvoří MPO^{xxiv}, Česká agentura pro standardizaci (ČAS^{xxv}) a Státní fond pro dopravní infrastrukturu (SFDI^{xxvi}). Postupně se k projektu přidaly Ministerstvo pro místní rozvoj a Ministerstvo vnitra. Za odbornou veřejnost jsou zastoupeny Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků (ČKAIT^{xxvii}), Česká komora architektů (ČKA^{xxviii}) a Svaz podnikatelů ve stavebnictví. [29]

3.2.1.2 Rok 2019

Hlavní náplní činnosti odboru byl plán prvotních verzí standardů a metodik, které by v navazujícím roce 2020 byly uplatněny na připravovaných pilotních projektech. [29]

3.2.1.3 Rok 2020

K realizaci pilotních projektů jsou vybráni vhodní veřejní zadavatelé. Do portfolia pilotních projektů patří: [29]

- Pasportizace Letiště Václava Havla v Praze.
- Výstavba nového sídla Nejvyššího kontrolního úřadu.
- Pasportizace vybraných budov Zlínského kraje s využitím 3D laserového skenování.
- Centrum pro aktivní seniory.

3.2.1.4 Rok 2021

V roce 2021 bude zahájen proces plošného vzdělávání veřejných zadavatelů a firem (pro některé organizace povinné). Předmětem vzdělávání bude využívání připravovaných standardů a metodik v praxi. [29]

3.2.1.5 Rok 2022

V rámci programu koncepce má být v dostatečném předstihu k dispozici paragrafové znění legislativních úprav vztahujících se k používání BIM pro nadlimitní veřejné zakázky. Zde jsou uvedeny parametry minimálního rozsahu povinností převzaté z webu *konceptebim.cz*¹⁶, které budou muset být dodatečně blíže specifikovány: [29]

- povinnost uzavřít *BEP^{xxix}* (BIM Execution Plan – smluvní dokument),
- požadovat odevzdání *3Dⁱⁱ* modelu splňujícího aktuálně platný standard určující obsah a strukturu modelu v požadované úrovni podrobnosti a v otevřeném formátu *IFC¹*,
- povinnost využívat *CDE^v* (společné datové prostředí) pro předávání a sdílení informací o stavebním projektu.

3.2.2 Dopad na vodohospodářské stavby

Vodním dílem, dle zákona § 55 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách, definujeme stavby hydrotechnické, zdravotně inženýrské a hydromeliorační, což z vodních staveb činí velice rozsáhlý obor, pod který spadá ohromné množství technologií, postupů a principů. [30]

V zásadě se dá konstatovat, že v sobě obor kombinuje prvky dopravního, liniového a pozemního stavitelství. Tuto skutečnost si lze lépe popsat na případu derivační vodní elektrárny. Liniové stavby budou zastoupeny přívodním a odvodním kanálem či potrubím, které

¹⁶ Více informací na <https://www.konceptebim.cz/>

budou odvádět vodu z koryta směrem na objekt vodní elektrárny. Samotný objekt vodní elektrárny bude v sobě kombinovat prvky pozemního stavitelství, technického zařízení budov, elektrotechniky a strojařiny. V takovémto případě je vhodné zvolit BIM, neboť nám zásadně ulehčí koordinaci na stavbě a mimo zpracovanou projektovou dokumentaci nám po stavbě zbyde digitální dvojče pro možnost efektivnějšího provozu a správy díla. [28]

Z informací zveřejněných *MPO*^{xxiv} vyplývá, že povinnost využívat BIM se nejspíše bude týkat pouze vodohospodářských staveb bodových, které svými charakteristikami odpovídají pozemním stavbám. Příkladem takových staveb mohou být přehrady, jezy, vodní nádrže, hráze, plavební komory, vodní elektrárny, čistírny odpadních vod, protipovodňová opatření a významné úpravy vodních toků. Povinnost by se naopak neměla dotknout staveb, jako jsou: běžná úprava vodních toků, malé vodní nádrže, drobné objekty na vodních tocích atd. U liniových staveb jako vodovody a kanalizace bude zřejmě nutné přínosy informačního modelování dodatečně posoudit. [28]

3.2.3 Nadlimitní veřejné zakázky

Plánované legislativní změny vztahující se k využívání BIM by se měly týkat nadlimitních veřejných zakázek tzn. zakázek s hodnotou nad 142 668 000 Kč (nařízení vlády č. 172/2016 Sb) [31]. To představuje značné množství trhu.

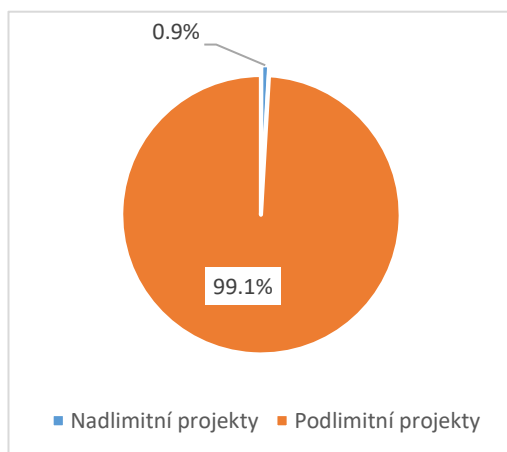
Pro ilustraci dopadu legislativních změn jsem vytvořil následující 2 tabulky a 4 grafy. Zdrojem dat pro mě byl seznam schválených projektů v letech 2007-2013 v rámci programu EU „Operační program Životního prostředí“¹⁷ V seznamu se nachází celkem 19505 schválených projektů realizovaných v České republice včetně údajů o celkových nákladech projektu, čerpání evropských dotací a druhu stavební akce.

Jako nadlimitní jsou uvažovány veškeré projekty, jejichž celkové náklady včetně dotace překročí 150 milionů korun. Mezi vodohospodářské projekty byly zařazeny výstavby a rekonstrukce čistíren odpadních vod, kanalizace, vodovody, revitalizace, úpravy vodních toků, protipovodňová opatření, rybníky, zařízení sloužící k zajištění pitné vody atd.

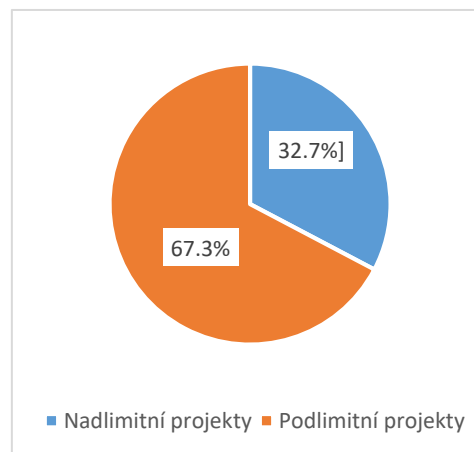
¹⁷ Více na <https://www.opzp.cz/dokumenty/>

Tabulka 3 Zastoupení nadlimitních projektů nad 150 mil. Kč v celkovém množství projektů realizovaných v letech 2007-2013 v rámci operačního programu životní prostředí

Kategorie	Počet	Počet	Celkové náklady [Kč]	Celkové náklady [%]
	[-]	[%]		
Nadlimitní projekty	178	0.9%	72 100 601 101	32.7%
Podlimitní projekty	19327	99.1%	148 318 384 722	67.3%
Projekty dohromady	19505	100%	220 418 985 823	100%



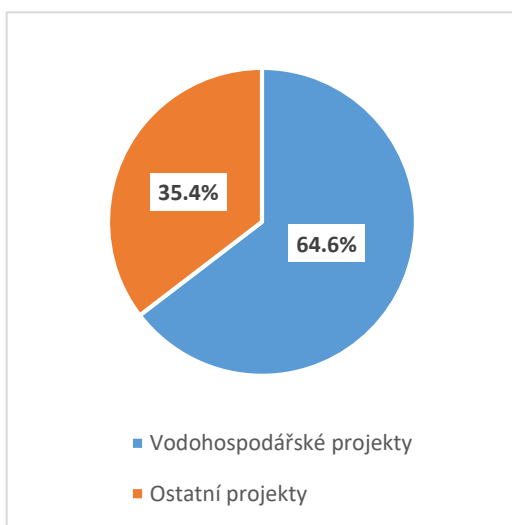
Graf 6 Podíl počtu nadlimitních projektů



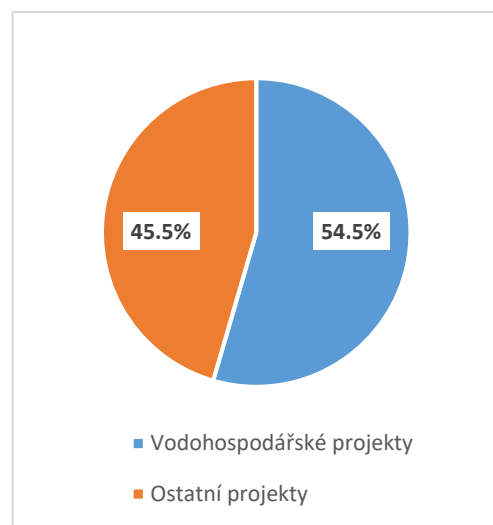
Graf 7 Podíl finančního objemu nadlimitních projektů

Tabulka 4 Zastoupení vodohospodářských projektů nad 150 mil. Kč v celkovém množství nadlimitních projektů realizovaných v letech 2007-2013 v rámci operačního programu životní prostředí

Kategorie	Počet	Počet	Celkové náklady [Kč]	Celkové náklady [%]
	[-]	[%]		
Vodohospodářské projekty	115	64.6%	39 299 445 403	54.5%
Ostatní projekty	63	35.4%	32 801 155 699	45.5%
Projekty dohromady	178	100%	72 100 601 101	100%



Graf 8 Podíl počtu vodohospodářských projektů v nadlimitních projektech



Graf 9 Podíl finančního objemu vodohospodářských projektů v nadlimitních projektech

3.2.4 Překážky implementace BIM

3.2.4.1 Cena softwaru

Při přechodu na BIM se jistě nevyhneme vynaložení nemalých finančních částek na nákup potřebného softwaru. Dle charakteru informačního modelování je evidentní, že na trhu nenajdeme jeden jediný software, který by byl použitelný pro všechny stavební profese, a tak jsme nuceni nakupovat více softwarových licencí.

Řada firem navíc nenabízí trvalé softwarové licence a nutí tak své zákazníky „pronajímat si“ software na omezené časové období, po jehož vypršení je licenci třeba obnovit. Příkladem mohou být produkty *Autodesk*. Roční licence platformy *Revit* stojí 81 042 Kč, pro *Civil 3D*: 77 359 Kč. *Autodesk* sice nabízí sady nástrojů *AEC Collection* (obsahující *Revit*, *Civil 3D*, *Autocad*, *Infraworks*, *Nawisworks Manage* a další), ale cena 99 154 Kč/rok se jistě zásadně projeví do rozpočtu stavebních firem, zvláště pokud má aplikace využívat více uživatelů. [15]

3.2.4.2 Zavedení nových pracovních postupů

Správné využívání informačního modelování s sebou nese osvojení nových pracovních metodik a postupů. To s sebou jistě přináší snížení produktivity projektantů v prvotní fázi, kdy se BIM učí používat.

Nutnost prohloubení týmové spolupráce, zvláště pro soutěživé zaměstnance, může mít demotivační dopad, neboť se nebudou moci seberealizovat tak, jako kdyby na projektu pracovali sami. [2]

3.2.4.3 Nedostatečné množství objektů v knihovnách

Nedostatečné množství objektů v knihovnách je jedním z hlavních důvodů, proč je implementace BIM obtížnější pro vodohospodářské stavby. Jak bylo zmíněno v podkapitole 3.2.2, kombinují vodohospodářské stavby prvky pozemního i dopravního stavitelství. Zároveň obsahují natolik specifické prvky, jako jsou např. jezové klapky, turbíny atd., že nelze od vývojářů očekávat zavedení takovýchto prvků do předinstalovaných knihoven.

Zde je důležité dodat, že většina platforem umožňuje tvorbu takřka libovolných objektů knihoven⁹. Tvorba objektů s sebou ale nese vyšší časovou náročnost při projektování. Zároveň platí, že pokud by byl BIM objekt parametrizován, bude jeho využití možné i při návrhu budoucích projektů a postupem času si vodohospodářské firmy vytvoří vlastní knihovny specifických objektů.

4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Jedním ze stěžejních bodů této bakalářské práce je posouzení možnosti propojení BIM modelů liniových a bodových staveb. Jak již bylo uvedeno v podkapitole 3.2.2, kombinují vodohospodářské stavby právě obě tyto charakteristiky. Cílem práce je i dosažení BIM dimenze 5D^{vii}, tzn. zavedení cenových a časových informací do modelu viz 1.2.3.

Jako dílo, na kterém má být BIM posouzen, byla zvolena již zrealizovaná malá vodní elektrárna na Černoorském potoce u Janských Lázní v Královéhradeckém kraji. Dílo sestává z objektu MVE, kde jsou osazeny 2 Peltonovy turbíny s automatizovaným provozem o maximálním instalovaném výkonu 180 kW. Tato část představuje bodovou stavbu. Dále dílo sestává ze 742 m dlouhého přívodního potrubí DN 450 a odpadního potrubí DN 600 dlouhého 21 m. Tato část představuje liniovou stavbu. [32]

Pro tvorbu modelu byly k dispozici PDF^{iv} a CADⁱⁱⁱ podklady ve fázi dokumentace pro stavební povolení a realizační dokumentaci v programu *Rhinoceros 3D^{xxx}*. Je nutné podotknout, že žádná část dokumentace nebyla zrealizovaná v pravé BIM platformě viz 2.1.5.

Informační model MVE se skládá ze 4 oddělených modelů :

- Stavební části – zrealizované v platformě *Revit* – budova MVE.
- Mechanické části – zrealizované v platformě *Revit* – technologie MVE.
- Opevnění koryta – zrealizované v platformě *Revit*.
- Terén + Potrubí – zrealizované v *Civil 3D* – model potrubí a zemních prací.

Za pomoci těchto 4 modelů je dosaženo BIM dimenze 3Dⁱⁱ. Informační modely budou dále propojeny v programu *Naviswork Manage*, který zajistí vzájemnou koordinaci modelů, propojení jednotlivých prvků modelů s časovými a finančními informacemi a detekci kolizí jednotlivých prvků. Za pomoci *Naviswork Manage* bude dosaženo BIM dimenze 5D^{vii}. Všechny programy použité pro tvorbu informačního modelu jsou produkty firmy *Autodesk*.

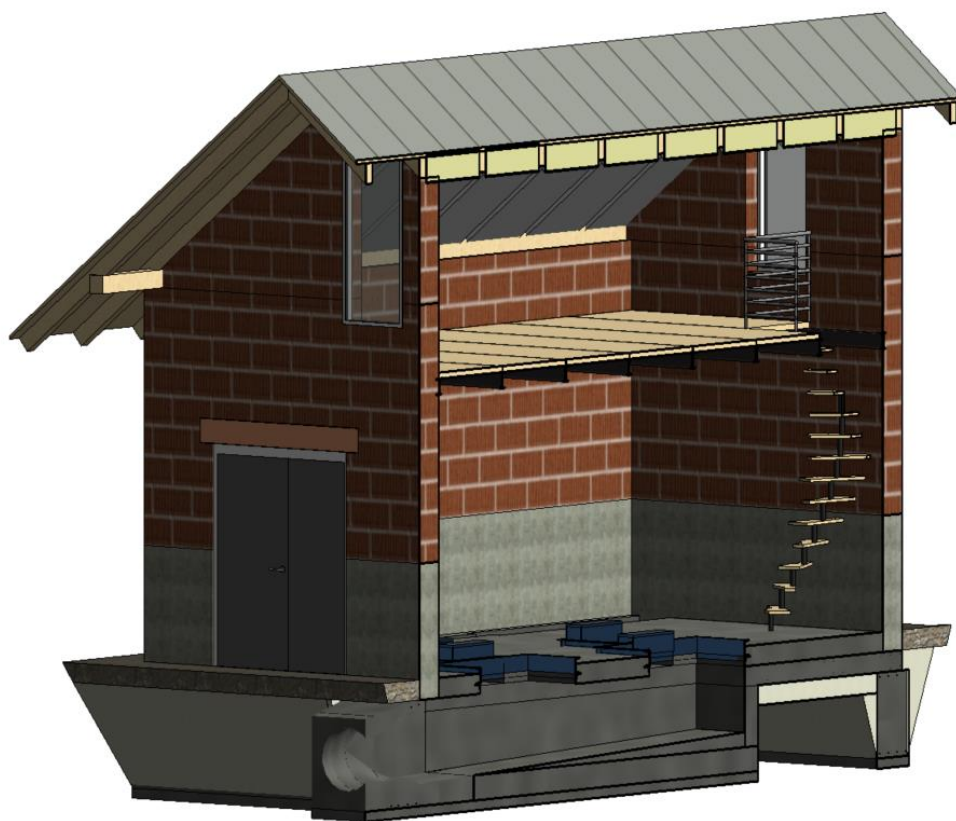
4.1 Revit

Revit představuje platformu, která umožňuje efektivní informační modelování zejména bodových staveb. Obsahuje sady nástrojů jako *Architecture*, která umožňuje architektonický návrh, *Structure*, v rámci které lze modelovat nosné konstrukce, dále *Steel*, pro tvorbu ocelových prvků, a v poslední řadě *Systems*, která slouží pro tvorbu *TZB^{xiii}*.

V praxi se celý model stavby netvoří v rámci jednoho souboru, ale rozdělí se do jednotlivých částí, které tvoří jednotliví specialisté z různých oborů. Příkladem takového rozdělení může být model kancelářské budovy. Model se rozdělí např. na stavebně-architektonickou část, kterou

tvoří architekt, technickou část, na níž pracuje stavební inženýr a TZB^{xiii} část, kterou spravuje TZB^{xiii} specialista. Všechny modely jsou propojené buď pouze pomocí „linku“¹⁸, nebo pomocí tzv. „pracovních sad“¹⁹. To umožní odborníkům sledovat změny v projektu a u ostatních částí a zároveň jim přizpůsobit svůj návrh. [21]

Vzhledem k tomu, že tato budova MVE nepředstavuje rozsáhlé komplexní dílo, bude projekt rozdělen pouze do 2 částí, a to stavební části, která bude obsahovat nosné konstrukce, železobetonovou odpadní šachtu a další prvky, jako jsou střecha, podlaha, dveře, okna, otvory a mechanické části obsahující Peltonovy turbíny, potrubí v budově, kabelové potrubí a žlaby a ovládací panely. Obě části budou propojené pomocí *linku*¹⁸.



Obrázek 3 3D řez budovou MVE-stavební část

¹⁸ Link – zanese do modelu data z jiného modelu, která nelze editovat, ale poslouží pro prostorovou koordinaci modelů.

¹⁹ Pracovní sada – obdobný princip jako u linku, který sebou přináší komplexnější řešení a správu modelů. Výsledkem pracovních sad je jeden centrální model, do kterého se ukládají informace z ostatních modelů.

4.1.1 Struktura platformy Revit

Základním prvkem v Revitu jsou tzv. „rodiny“, ze kterých se informační modely skládají. Tyto rodiny jsou dále rozřazeny do jednotlivých kategorií. Prvek-rodina může měnit své rozměry, materiálovou skladbu nebo zobrazení v závislosti na různých parametrech. Rodiny se pak dále dělí do jednotlivých typů. V zásadě máme 3 možnosti, jak získat nové rodiny: [21]

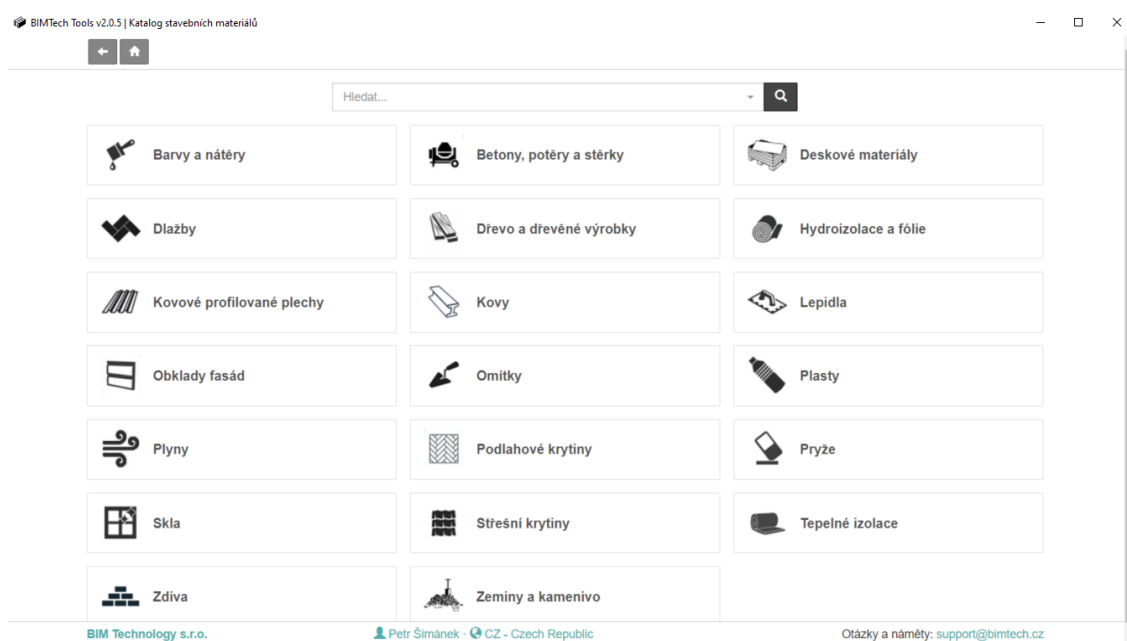
- využívání předinstalovaných knihoven,
- import z internetových serverů,
- vlastní tvorba rodin.

Tabulka 5 Příklady typů, rodin a kategorií platformy Revit

Typ	Rodina	Kategorie
tl.200 mm	ŽB Stěna	Stěny
tl.250 mm		
tl.300 mm		
HEB100	HEB	Sloupy
HEB220		
HEB300		
Úhel 90°	Koleno PE100	Tvarovky
Úhel 45°		
Úhel 15°		

4.1.2 Stavební část modelu

Software *Revit* obsahuje celou řadu *knihoven*⁹, které můžeme libovolně doplňovat, mazat i jinak editovat. Většinu rodin, kterých jsem během tvorby informačního modelu použil, byly čerpány z *knihoven*⁹: *US Metric (americká metrická)*, *Czech (česká)* a *Belgian (belgická)*.



Obrázek 4 Kategorie rodin a materiálů BIMTechtools

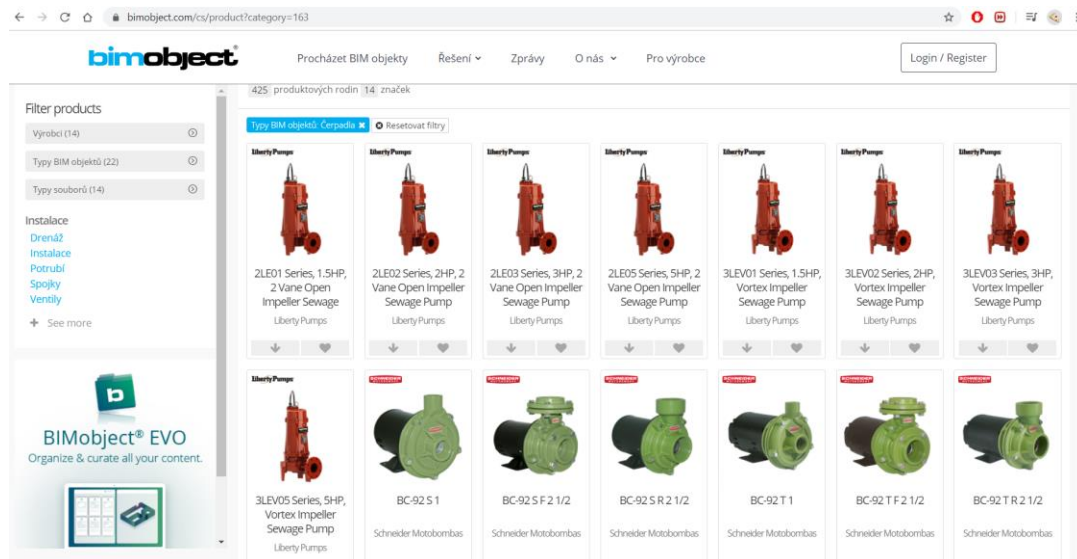
I tak v předinstalovaných knihovnách chyběly některé potřebné rodiny, které na budově MVE byly použity. Místo toho, abych vytvořil novou rodinu překladů „Porotherm KP7“, stěny „Porotherm“ atd., zvolil jsem možnost použití rodin vytvořených přímo výrobcí. Jako nejlepší řešení se jevil *plug-in*²⁰ „BIMTech Tools“, díky kterému lze do modelu přímo načíst rodiny a materiály různých českých i zahraničních výrobců. V katalogu se nachází rodiny od dodavatelů jako *Wienerberger, Heluz, Lithoplast, Velux* atd.

4.1.2.1 Získání rodin z internetu

Vyhledání rodin na internetu představuje poměrně jednoduchou možnost získání velkého množství rodin různých kategorií. To s sebou ale nese velké riziko, že vyhledaná rodina je buď špatně vytvořena, nebo že obsahuje nadměrné množství zbytečných parametrů, které budou muset být pracně z *Revitu* vymazány. [21]

Jako zejména vhodné a důvěryhodné servery se jeví zejména:

- *NBS National BIM Library*²¹ - knihovna pro publikování BIM objektů výrobcí vytvořená a kontrolovaná organizací spadající pod britskou vládu.
- *Bimobject*²² – světový server pro publikování BIM objektů výrobcí, spolupracuje přímo se společností Autodesk.



Obrázek 5 Katalog čerpadel na serveru Bimobject

²⁰ Plug-in – doplněk, často vyvíjen 3. stranami. Doplní software o nové nástroje

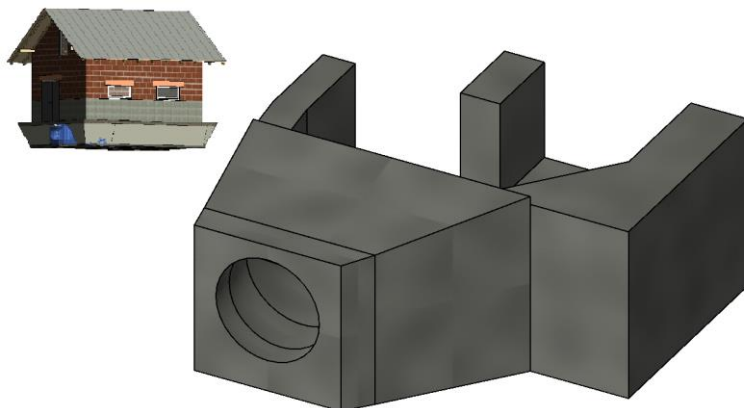
²¹ Více informací na: <https://www.nationalbimlibrary.com/en/>

²² Více informací na: <https://www.bimobject.com/cs/product>

4.1.2.2 Tvorba rodiny odpadní šachty


I přesto, že předinstalované knihovny a internetové servery poskytují obrovské množství BIM objektů, jsme při projektování vodohospodářských staveb často odkázáni na vlastní tvorbu rodin. Příkladem takové atypické rodiny je železobetonová odpadní šachta MVE.

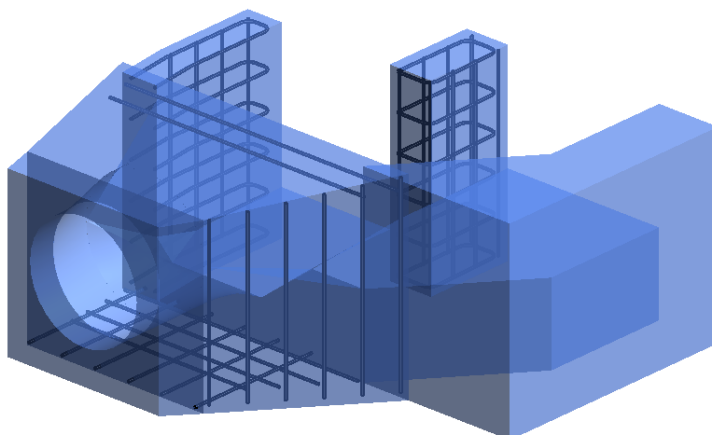
Před vlastní tvorbou šachty je vhodné si položit otázku, zdali se vyplatí rodinu *parametrizovat*, tzn. zavést do BIM objektu parametry a pravidla, které nám umožní dynamicky měnit tvar, složení a další vlastnosti tak, že ji budeme moci použít i na další budoucí projekty. Tvorba parametrické rodiny je však daleko časově náročnější než tvorba neparametrické. V případě odpadní šachty jsem se rozhodl rodinu neparametrizovat a jediným parametrem, který lze dynamicky měnit je materiálové složení.



Obrázek 6 Vytvořená rodina odpadní šachty

V softwaru *Revit* se nenachází kategorie odpadních šachet, proto bude rodina ponechána v kategorii obecný model. I přes tuto skutečnost lze rodinu vyztužovat, vykazovat atd.

Vlastnosti	
	Spojná šachta
Obecné modely (1) Upravit typ	
Vazby	
Podlaží	Z.spára(-1.250)
Výška od podlaží	0.0
Hostitel	Podlaží : Z.spára(-1.250)
Odsazení od hostitele	0.0
Přesunout s blízkými prvky	<input type="checkbox"/>
Konstrukce	
Krytí vyztuže	Rebar Cover 1 <25 mm>
Odhadované množství vý...	7037.84 cm ³
Rozměry	
Objem	2.394 m ³
Identifikační data	
Obrázek	
Komentáře	
Označení	
Fázování	
Fáze vytvoření	New Construction
Fáze demolice	Žádná

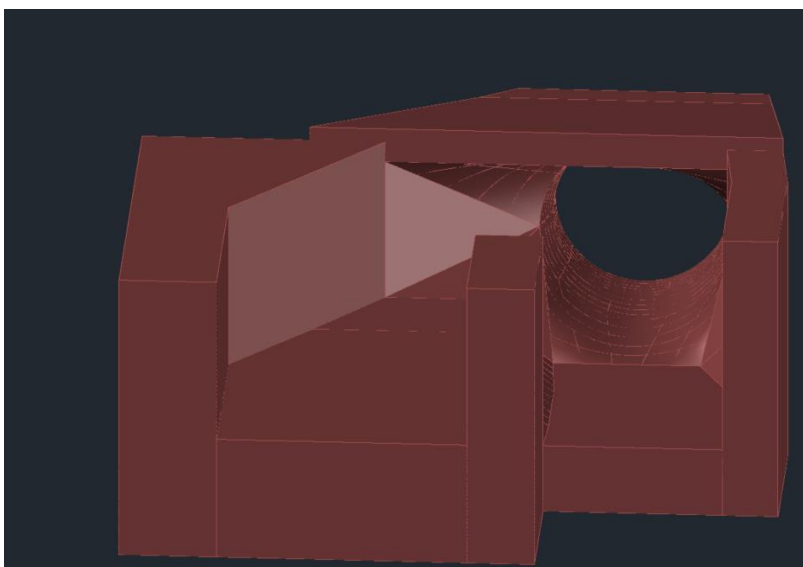


Obrázek 7 Vyztužení rodiny odpadní šachty

4.1.2.3 Export rodiny do DWG

Součástí projekce vodohospodářských staveb je využívání dalších BIM nástrojů, jako je např. software *Ansys*, který umožňuje simulaci různých situací při průtoku vodou. Geometrická data pro takovéto softwary bývají často čerpána z *CAD*ⁱⁱⁱ formátů, konkrétně *DWG*, a proto je vhodné uvést 2 způsoby, jak vytvořenou rodinu vyexportovat do *DWG*:

- Polygonální síť – rodina se vyexportuje do ploch.
- Tělesa ACIS – rodina se vyexportuje do těles.



Obrázek 8 Vyexportovaná rodina do těles v DWG

4.1.2.4 Vykazování výměr

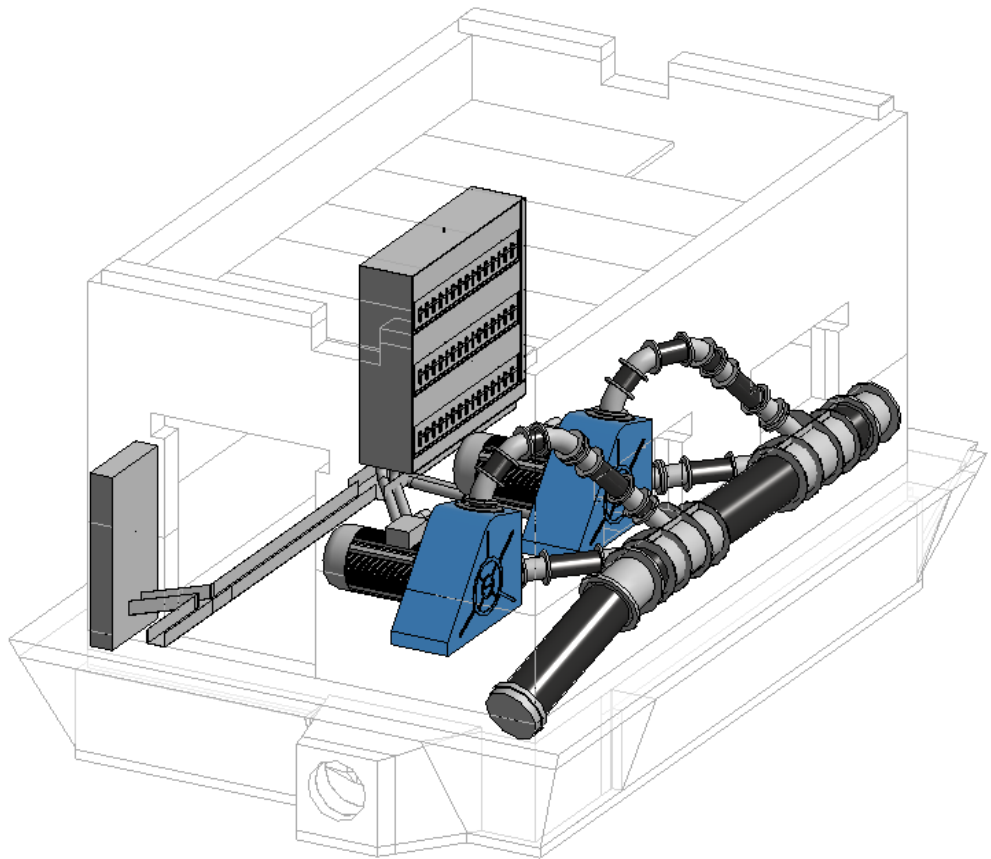
Software Revit v zásadě nabízí 2 možnosti, jak provádět vykazování výměr. První možností je tvorba výkazů přímo v softwaru. V takovémto případě vykazujeme přímo konkrétní kategorii jako např. Výkaz stěn, oken, mechanických zařízení atd. Ve výkazu se objeví pouze parametry, které si sami zvolíme a pomocí těchto parametrů můžeme výkazy i filtrovat. Při převedení takového výkazu do excelu musíme nejdřív výkaz vyexportovat do textového formátu a následně soubor v excelu načíst.

Další možností je tzv. „Buildingbook“, což je celkový výkaz výměr vyexportovaný rovnou do excelu. Bohužel software zatím nabízí výkaz výměr v češtině, a tak jsme v případě použití této možnosti nuceni vyhotovený výkaz překládat z angličtiny. Výkaz výměr je zároveň vyhotoven dle mezinárodních standard nebo německých *VOB*^{xxxi} standard.

4.1.3 Mechanická část modelu

Před zahájením modelování mechanické části je třeba do modelu propojit přes *link*¹⁸ stavební část s mechanickou. Stavební část sice je vidět i v mechanickém modelu, ale nemáme možnost její jednotlivé rodiny editovat.

V rámci informačního modelování této části se uplatní nástroje *Revit Systems*, které umožňují tvorbu různých druhů potrubí, vzduchotechniky, mechanických prvků, elektrotechniky a mnoho dalších. Součástí mechanické části je tvorba nových rodin Peltonovy turbíny, asynchronního generátoru, tvarovky a dvojitý T-kus.



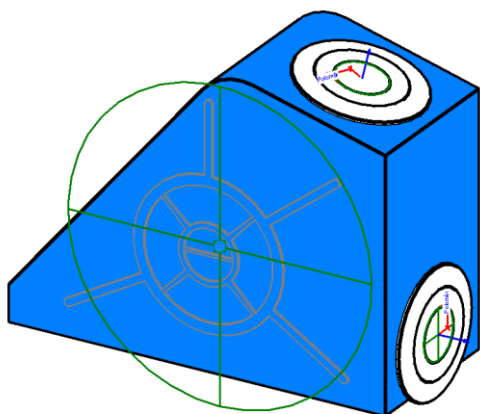
Obrázek 9 Vizualizace mechanické části ve 3D

4.1.3.1 Peltonova turbína

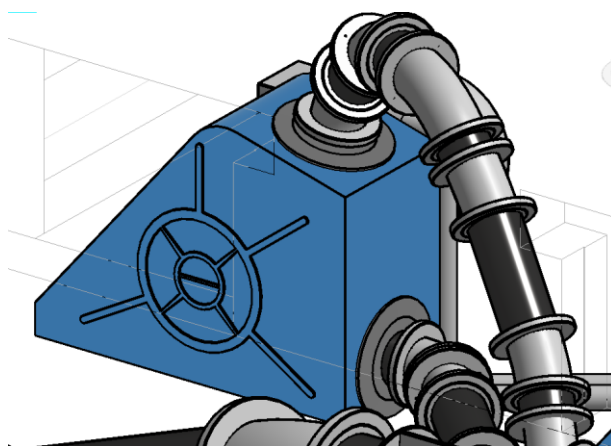
Revit neposkytuje efektivní nástroj, kterým bychom mohli vytvořit mechanické kolo turbíny. Platforma sice umožňuje načtení geometrických dat z jiných softwarů a k nim přiřazení parametrů, ale jako mnohem lepší způsob se jeví využití nástrojů, které k tomu byly uzpůsobeny, např. *Fusion 360*. Takto vytvořenou turbínu bychom do softwaru mohli načíst přes výměnné formáty, pokud by to bylo vyžadováno.

Pro potřeby BIM a realizace stavby však postačí vytvoření turbínové skříně, kterou dále opatříme parametry, které chceme při interakci s rodinou využívat a zobrazovat. V případě Peltonovy turbíny to bude zejména parametr výkonu, oblasti, kde se má potrubí na turbínu napojit a jaký bude průměr potrubí, dále přiřazení elektronické spojky, která umožní zapojení rodiny do elektrického systému.

V platformě opět nenajdeme přímo kategorii turbína, proto je vhodné rodinu zařadit do kategorie: Mechanické zařízení a dále zatřídit rodinu dle klasifikačního systému *OmniClass^{xv}* jako: *23.80.10.11. Electric Generators* (překlad: generátor elektřiny).



Obrázek 10 Tvorba rodiny Peltonovy turbíny

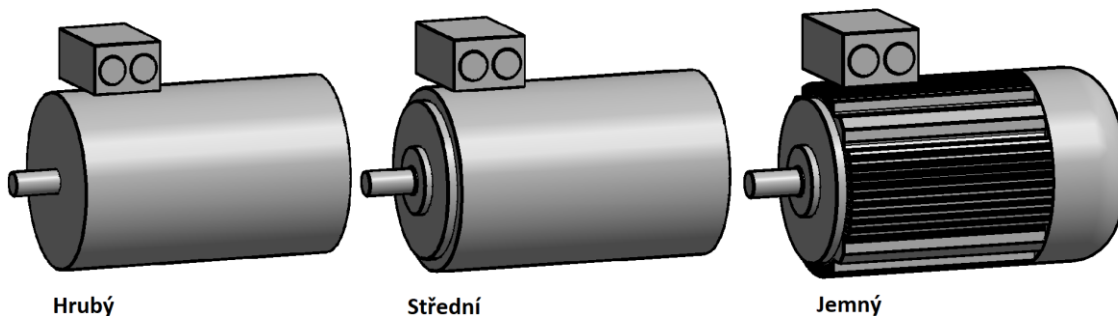


Obrázek 11 Použití turbíny v modelu mechanické části

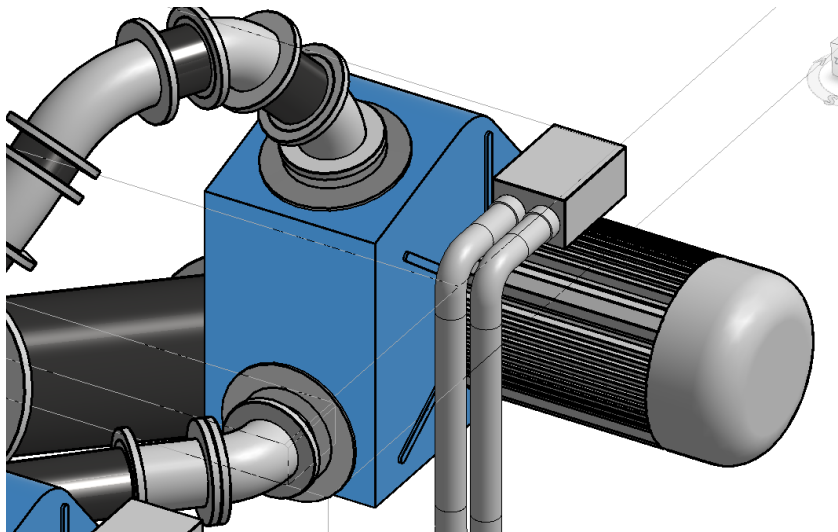
4.1.3.2 Asynchronní generátor

Rodina byla vytvořena obdobným způsobem jako Peltonova turbína. Prvním úkolem byla tvorba geometrie, ke které byly následně přiřazeny parametry a jako poslední úkol bylo zatřídění rodiny do kategorií *Revitu* a *OmniClass^{xv}*.

Asynchronní generátor musel obsahovat vývod pro 2 elektroinstalační trubky. Zároveň byla rodina vytvořena tak, aby se různě zobrazovala v půdorysu a 3D zobrazení. Grafické zobrazení dále podléhá nastavené úrovni stupně detailu.



Obrázek 12 Vyobrazení jednotlivých stupňů detailu na rodině asynchronního generátoru



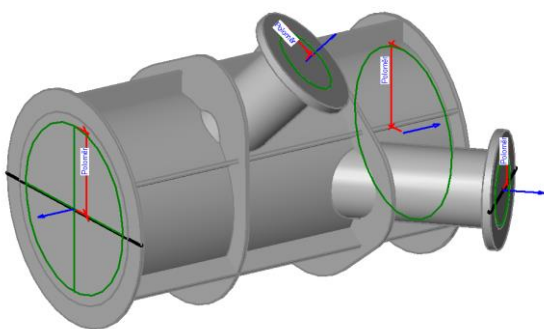
Obrázek 13 Použití rodiny asynchronního generátoru v modelu mechanické části

K vytvořeným nebo i převzatým rodinám můžeme doplnit výrobní nebo sériová čísla, která nám v případě nutné výměny prvku rychle umožní dohledání konkrétního výrobku.

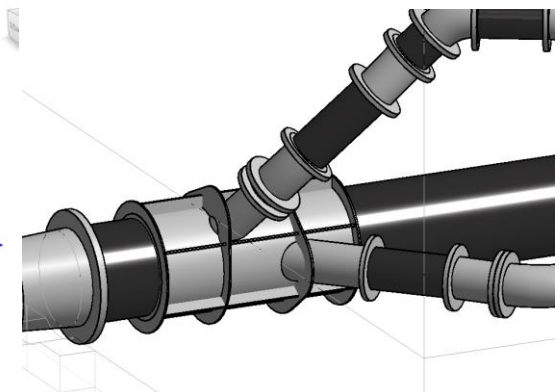
4.1.3.3 Tvarovka dvojitý T-kus

I když předinstalované knihovny obsahují mnoho druhů tvarovek, které se chovají dynamicky, v případě dvojitého T-kusu jsme opět odkázáni na tvorbu vlastních rodin tvarovek. Tvorba takovýchto rodin je však časově velmi náročná, zvláště pokud chceme, aby se tvarovky automaticky tvořily tam, kde se napojuje potrubí.

Právě kvůli tomuto faktu bych při projektování potrubních sítí použil jiný software než Revit, např. *AutoCAD Plant 3D*. Práce s potrubím je zejména náročná, pokud jednotlivé kusy vybočují z více rovin zároveň.



Obrázek 14 Rodina dvojitý T-kus



Obrázek 15 Použití rodiny dvojitý T-kus v modelu mechanické části

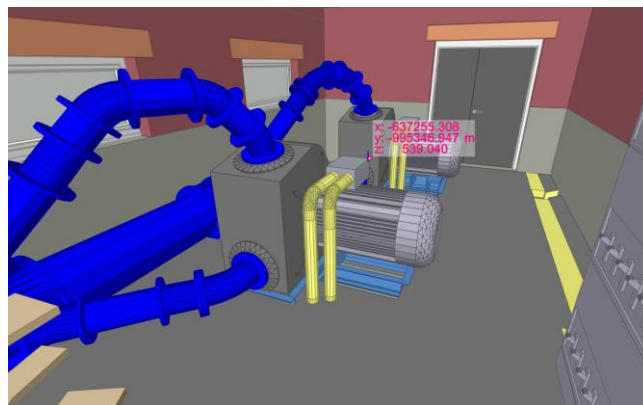
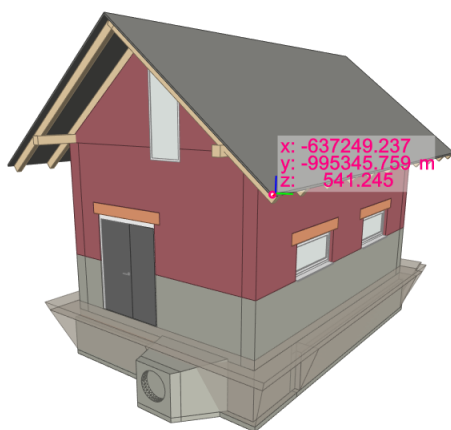
4.1.4 Export do IFC

Vytvořené modely musí poskytovat možnost exportu do výměnného formátu *IFC*¹, který je základním kamenem dosažení *BIM* levelu 2 viz 1.1.3. V tomto bodě narazíme na problém, se kterým se *BIM* platformy potýkají, a to nemožnost přímé práce v souřadnicovém systému *S-JSTK*^{xxxii}. Pracovní prostředí v Revitu tvoří ohraničený prostor, do kterého se projekt musí vejít.

Tento problém lze vyřešit vytvořením nového samostatného modelu pro koordinaci, do kterého připojíme např. katastrální mapu. Pomocí ní lze v Revitu převzít souřadnicový systém *J-TSK*^{xxxii}.

Dalším důležitým bodem před načtením stavební a mechanické části do koordinačního modelu je zavedení správné nadmořské výšky. V případě stavební a mechanické části je nadmořská výška prvního přízemního podlaží 538 m n.m. systému *Bpv*^{xxxiii}. Do takto připraveného modelu načteme přes *link*¹⁸ modely stavební a mechanické části.

Při exportu do *IFC*¹ zvolíme parametry, které chceme sdílet a nastavíme úroveň detailu. Výsledkem je koordinační *IFC*¹ model, který může být načten do téměř všech platform. Pokud bychom neměli k dispozici žádný *BIM* software a přesto bychom potřebovali *IFC*¹ model zobrazovat, stačí použít některý z *IFC* prohlížečů. Příkladem takového prohlížeče může být software *BIMvision*²³, jehož základní verze je zadarmo.



Obrázek 16 IFC model v J-TSK souřadnicích (BIMvision) Obrázek 17 Zobrazení interiéru v IFC modelu (BIMvision)

²³ Více informací na: <https://bimvision.eu/en/plugins-en/bim-vision-open-edu-en/>

4.2 Civil 3D

Civil 3D představuje efektivní BIM nástroj pro projektování liniových staveb. V rámci jeho pracovního prostředí můžeme navrhovat zemní práce jako násypy a výkopy, kanalizační a tlakové potrubní sítě a v neposlední řadě projektovat dopravní stavby.

Stejně jako u ostatních programů může uživatel doplnit svůj software o doplňkové *plug-in*²⁰ nástroje. Pro projektanty vodohospodářských staveb stojí za zmínku „SmartDraft HEC-RAS Tools“²⁴, díky kterým lze sdílet data mezi *Civil 3D* a programem *HEC-RAS*, který umožňuje provádět simulace různých průtokových stavů. Další zajímavou sadou nástrojů je: „River & Flood Analysis“, které nám umožní používat vybrané nástroje z *HEC-RAS* přímo v pracovním prostředí *Civil 3D*.

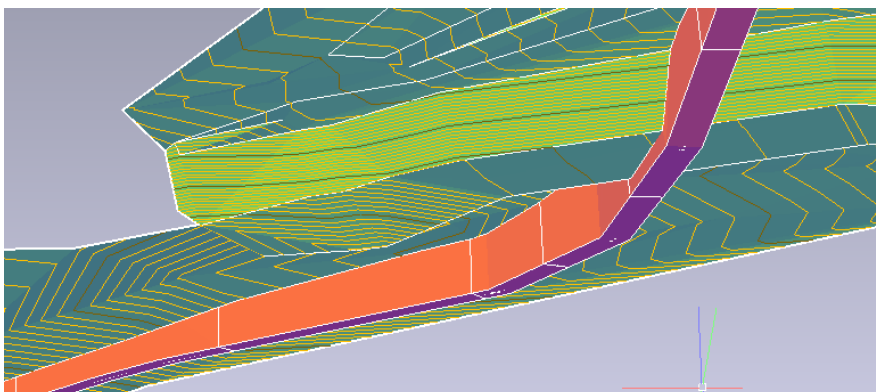
4.2.1 Zemní práce

Součástí tvorby informačního modelu MVE byla kalkulace objemu výkopových prací, které byly uplatněny při realizaci projektu. Abychom takovýto výpočet byli schopni uskutečnit, je nutné v modelu vytvořit původní terén a nový terén výkopu. Při výpočtu pak tyto terény od sebe odečteme.

Program v zásadě poskytuje 2 možnosti jak výkopy modelovat:

- Koridor – časově náročnější, komplexnější.
- Návrhové linie – rychlé, jednoduché.

Pro tvorbu nového terénu výkopu jsem zvolil návrhové linie, neboť pro použití koridoru musí mít projektant k dispozici kvalitní šablonu příčných řezů, které se musejí umět automaticky napojovat na původní terén. Návrhové linie můžeme díky jejich jednoduchosti napojit na terén poměrně snadno. Navíc můžeme návrhové linie snadno upravovat a objem zemních prací se bude automaticky přepočítávat. Obě metody lze vzájemně kombinovat.



Obrázek 14 Pohled ze spodu, napojení terénu výkopu (červeně) na původní terén (zeleně)

²⁴ Více informací na: <https://apps.autodesk.com/cs>

Název	Výkop (upravený)(m3)	Celková kubat...	Graf celkov...
<input checked="" type="checkbox"/> Potr_GRP_20 (1)	62.79	62.79<Výkop>	
<input checked="" type="checkbox"/> Potr_GRP_30 (1)	87.65	87.65<Výkop>	
<input checked="" type="checkbox"/> 1-Odp._potr_2 (1)	11.76	11.76<Výkop>	
<input checked="" type="checkbox"/> Potr_GRP_7 (1)	37.40	37.40<Výkop>	
<input checked="" type="checkbox"/> Potr_GRP_31 (1)	58.07	58.07<Výkop>	
<input checked="" type="checkbox"/> Potr_GRP_29 (1)	82.83	82.83<Výkop>	
<input checked="" type="checkbox"/> Potr_GRP_25 (1)	72.02	72.02<Výkop>	
<input checked="" type="checkbox"/> Potr_GRP_10 (1)	38.74	38.74<Výkop>	
<input checked="" type="checkbox"/> 2-Potr_ocel_5 (1)	25.91	25.91<Výkop>	
<input checked="" type="checkbox"/> Potr_GRP_34 (1)	45.48	45.48<Výkop>	
<input checked="" type="checkbox"/> Potr_GRP_39 (1)	43.03	43.03<Výkop>	
<input checked="" type="checkbox"/> Potr_GRP_12 (1)	41.49	41.49<Výkop>	

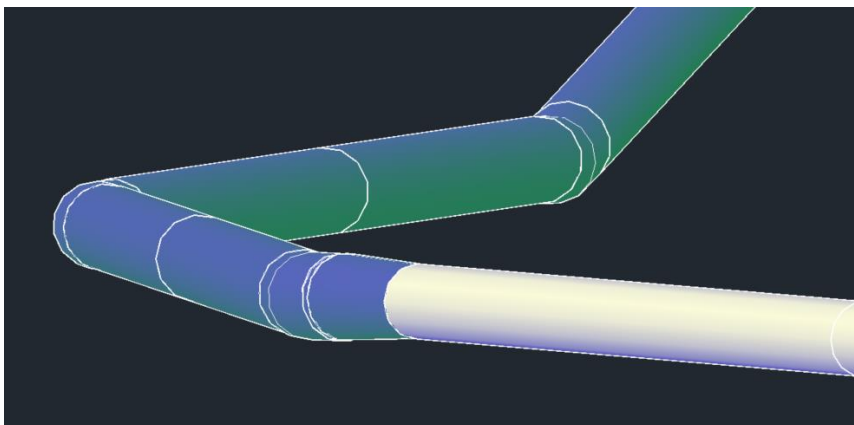
Obrázek 15 Kalkulace objemu zemních prací

4.2.2 Potrubí a liniové stavby

Při tvorbě trasy a nivelety přírodního a odpadního potrubí jsem opět použil návrhové linie. Ty poskytují při návrhu potrubních sítí projektantovi možnost kontrolovat maximální a minimální sklon, kontrolu nad úhly vybočení apod. Dalším velkým přínosem je možnost „nařezání“ návrhové linie do max. dovolených délek, které odpovídají délkám dodávaného potrubí. V případě přírodní tlakového potrubí *Flowtite* bylo dodáváno potrubí po 6m kusech, a proto jsem i návrhovou linii „nařezal“ na 6m kusy.

V momentě, kdy máme hotovou a „nařezanou“ návrhovou linii, propojíme linii s katalogem potrubí. Podél návrhové linie se nám automaticky vytvoří potrubí po max. dovolených délkách. V místech, kde potrubí vybočuje z roviny, se automaticky proloží tvarovka-koleno dle nastavených úhlů a tolerancí.

Když máme hotový a zkontrolovaný model potrubí, můžeme jednotlivé kusy a tvarovky potrubí vykázat v tabulce. V případě, že potřebujeme vytvořit podélný profil, můžeme buďto profil vygenerovat přímo z návrhové linie, nebo návrhovou linii změnit v trasu a pomocí ní podélný profil vytvořit.



Obrázek 16 Napojení ocelového potrubí (modrá) na sklolaminátové (bílá)

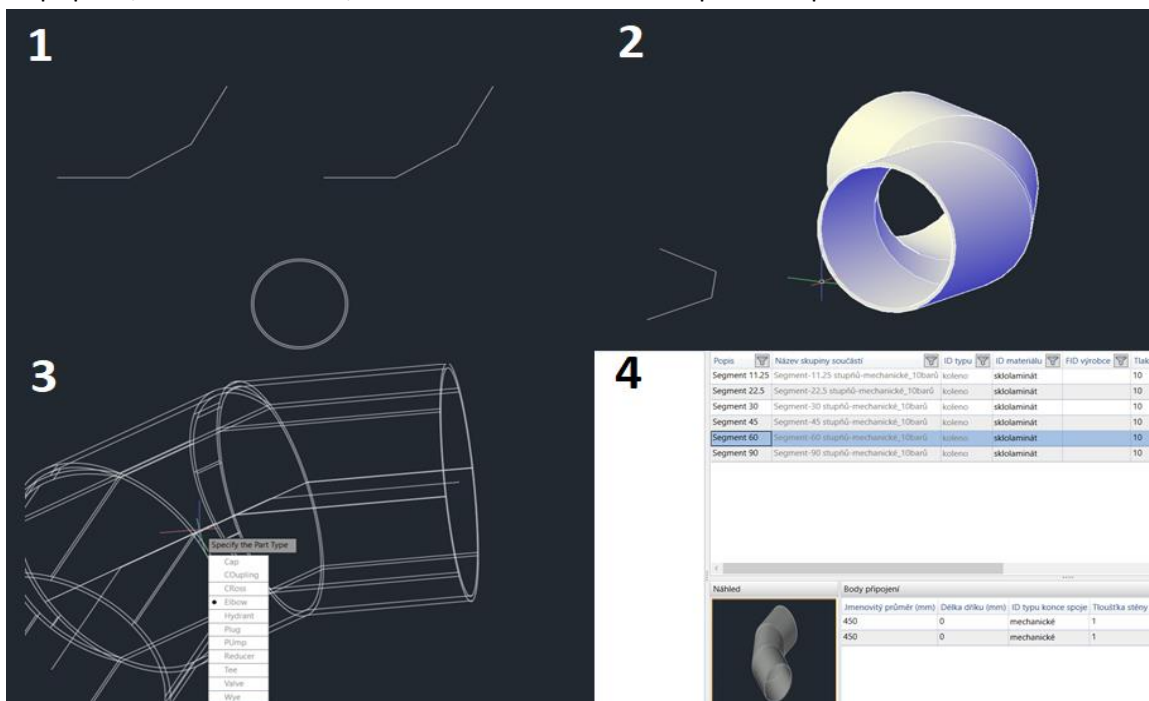
Tabulka potrubních tvarovek			Tabulka tlakového potrubí	
Název potrubní tvarovky	Horizontální úhel	Vertikální úhel	Název tlakového potrubí	Délka
Potrubní tvarovka – (8)	022.4659	002.1270	Tlakové potrubí – (87)	5.658
Potrubní tvarovka – (9)	011.2506	000.4472	Tlakové potrubí – (88)	6.000
Potrubní tvarovka – (10)	011.2503	000.4420	Tlakové potrubí – (91)	6.000
Potrubní tvarovka – (11)	011.2495	000.4432	Tlakové potrubí – (92)	6.000
Potrubní tvarovka – (12)	000.0009	011.2500	Tlakové potrubí – (93)	6.000
Potrubní tvarovka – (13)	020.8101	008.8259	Tlakové potrubí – (94)	6.000
Potrubní tvarovka – (14)	006.5725	009.1556	Tlakové potrubí – (95)	6.000

Tabulka 6 Příklad tabulky kusů a tvarovek generovaný v Civil 3D

4.2.3 Tvorba nového katalogu

Civil 3D obsahuje předinstalované katalogy potrubí, které ovšem zdaleka nepokryjí potřeby pro projektování. Různé projekční firmy jsou zvyklé spolupracovat s celou škálou různých dodavatelů, kteří nabízejí potrubí o různých rozměrech a materiálech. V takovémto případě si můžeme vyžádat Civil 3D katalog přímo od dodavatele, pokud vůbec dodavatel takovým katalogem disponuje nebo založit nový katalog potrubí.

Pokud jednou vytvoříme nový katalog potrubí, je možné ho znovu použít při realizaci nějakého budoucího projektu. Zároveň platí, že pokud bychom posílali někomu jinému soubor, kde se nachází potrubní síť, je vhodné se souborem poslat i soubor potrubního katalogu. V případě, že tak neučiníme, nebude moci další uživatel upravovat potrubní síť.



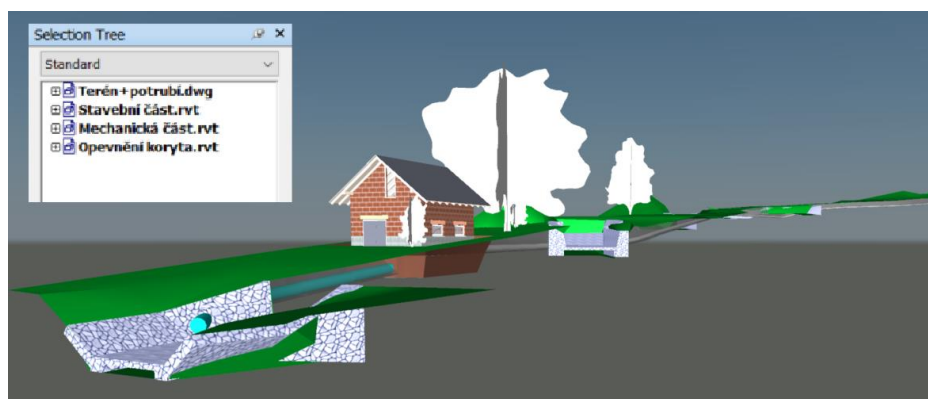
Obrázek 17 Tvorba tvarovky segment 60°- 1) příprava geometrie 2) 3D geometrie 3) zatřídění tvarovky 4) přiřazení materiálu a dalších parametrů v editoru katalogu

Při tvorbě nového katalogu je nutné nejdříve vytvořit 3Dⁱⁱ geometrii a tu dále zatřídit dle typu tvarovky a vyexportovat do katalogu. V editoru katalogu lze potrubí dále přiřadit parametry jako materiál potrubí, tuhost, sériové číslo, maximální délka kusu atd²⁵.

4.3 Naviswork Manage

Program *Naviswork Manage* na rozdíl od ostatních použitých programů neslouží k tvorbě 3Dⁱⁱ BIM objektů, ale k načtení souborů vytvořených v různých programech do jednoho souboru. V pracovním prostředí softwaru můžeme zkoumat prostorovou návaznost jednotlivých BIM modelů, připojit k nim harmonogram (dosažení *BIM dimenze 5D*^{vii} viz 1.2.3) a provádět detekci kolizí.

V případě BIM modelu MVE propojíme stavební část, mechanickou část, opevnění koryta, terénní úpravy a potrubí. Při načítání těchto 4 modelů do programu dojdeme k závažnému problému. *Naviswork Manage* zřejmě neumožňuje práci v *J-TSK*^{xxxii} souřadnicích. Modely se sice správně načtou, ale při práci se soubory se software chová nestandardně. Proto jsem při práci s jednotlivými BIM modely zavedl nový koordinační systém, kdy základní bod projektu o souřadnicích $x=-637257.374$ m $y=-995343.726$ m v *J-STK* má nově souřadnice $x=0$ m $y=0$ m.



Obrázek 18 Propojení 4 modelů v Naviswork Manage

Další užitečnou vlastností programu je možnost exportu do virtuální reality. To dává nový rozměr vizualizaci, kterou můžeme sdílet s potenciálním investorem nebo v rámci kontroly návrhu.

4.3.1 Propojení modelu s harmonogramem

V rámci pracovního prostředí *Naviswork Manage* můžeme propojit jednotlivé prvky modelů s časovými a finančními informacemi v rámci tvorby harmonogramu. Toto propojení nemusíme

²⁵ Více informací na: <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/No-Part-Builder-Required-Creating-Custom-Parts-Pressure-Networks-AutoCAD-Civil-3D-2013>

nutně vytvořit v programu, ale můžeme sestavit harmonogram např. v *Excelu* a ten do programu načíst. Software podporuje spolupráci s dalšími rozpočtářskými programy jako např. *Microsoft Project* nebo *Primavera P6*.

Po propojení modelů s harmonogramem jsem dosáhl *BIM dimenze 5D^{vii}* viz 1.2.3. V harmonogramu načteném v *Naviswork Manage* můžeme provádět simulace výstavby, popřípadě přizpůsobovat plán výstavby, opozdí-li se např. dodávka materiálu.

Pokud budeme chtít sdílet vytvořený model v *Naviswork Manage* s někým, kdo nevlastní licenci tohoto programu, stačí informační model publikovat do formátu „NWD“, který lze prohlížet v aplikaci *Naviswork Freedom²⁶*, která je zadarmo.

4.3.2 Detekce kolizí

Program poskytuje skvělé prostředí pro provádění detekcí kolizí. Této vlastnosti bychom zřejmě docenili při projektování v urbanizovaném prostředí, kde se nachází velké množství inženýrských sítí. Podmínkou je samozřejmě existence *3Dⁱⁱ BIM* modelu inženýrských sítí, které zatím dneska neexistují.

V případě, že program odhalí kolizi, kterou nelze zanedbat, máme možnost využít tzv. „Switchback“ funkci, která otevře program, ve kterém byl kolidující prvek vytvořen a my nemusíme složitě dohledávat, kde se kolize nachází. Software nám dále umožní publikovat seznam kolizí, a to buď do excelu, textového souboru nebo *html^{xxxiv}*.

Tabulka 7 Kolize mezi potrubím a opevněním koryta

AUTODESK®
NAVISWORKS® Clash Report

Potrubí vs Opevnění koryta	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.001m	7	7	0	0	0	0	Hard	OK

Image	Clash Name	Status	Distance	Description	Date Found	Clash Point	Item 1				Item 2			
							Item ID	Layer	Item Name	Item Type	Item ID	Layer	Item Name	Item Type
	Clash1	New	-0.518	Hard	2020/5/7 14:50	x:25.185, y:-6.356, z:-1.627	Entity Handle: 1F46C	000Potrubí-KG	Tlakové potrubí - (90)	Pressure Pipe	Element ID: 221711	<No level>	Koryto-A	Site
	Clash2	New	-0.380	Hard	2020/5/7 14:50	x:-17.209, y:4.095, z:0.744	Entity Handle: 1FA2F	000Potrubí-GRP	Tlakové potrubí - (202)	Pressure Pipe	Element ID: 226057	<No level>	Koryto-B	Site
	Clash3	New	-0.362	Hard	2020/5/7 14:50	x:-19.261, y:4.663, z:0.800	Entity Handle: 1FA2E	000Potrubí-GRP	Tlakové potrubí - (201)	Pressure Pipe	Element ID: 226057	<No level>	Koryto-B	Site
	Clash4	New	-0.252	Hard	2020/5/7 14:50	x:-607.927, y:333.964, z:34.138	Entity Handle: 1F40C	000Potrubí-ocel	Tlakové potrubí - (6)	Pressure Pipe	Element ID: 237562	<No level>	Koryto-E	Site
	Clash5	New	-0.217	Hard	2020/5/7 14:50	x:-609.357, y:339.724, z:34.279	Entity Handle: 1F93C	000Potrubí-ocel	Tlakové potrubí - (3)	Pressure Pipe	Element ID: 237562	<No level>	Koryto-E	Site

²⁶Dostupné na: <https://www.autodesk.com/products/navisworks/3d-viewers?plc=NAVSIM&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>

ZÁVĚR

Předkládaná práce se věnovala informačnímu modelování (BIM) a jeho možnému využití při projektování a výstavbě malých vodních elektráren a dalších vodohospodářských staveb. Práce obsahuje rešeršní část, která se věnuje principům BIM, softwarovým nástrojům, pomocí kterých lze informační modelování realizovat, dále implementaci BIM na světovém a českém trhu a možných dopadech plánovaných legislativních změn roku 2022 na vodohospodářské stavby. V práci se dále objevuje postup tvoření BIM modelů liniových a bodových staveb, konkrétně modelu budovy a technologie elektrárny, přívodního a odpadního potrubí a zemních prací.

V rešeršní části jsou uvedeny pojmy a termíny, pomocí nichž lze poměrně přesně definovat požadovanou kvalitu, kvantitu a možnost sdílení informací BIM modelů. Je velice pravděpodobné, že se s těmito pojmy budeme stále více setkávat, zejména při zadávání nadlimitních veřejných zakázek od roku 2022 a v blízké budoucnosti i při zadávání ze strany soukromých investorů.

Závažným zjištěním této práce je i realita dnešního stavebnictví, které se potýká s dlouhodobou stagnací produktivity práce na jednoho zaměstnance, tato skutečnost je zejména viditelná při porovnání s ostatními odvětvími či růstem produktivity práce obecně.

Pokud se zaměříme na možné přínosy zavádění BIM, vychází najevo, že ačkoliv je pořízení softwarových nástrojů velmi nákladné, uvádí majoritní většina BIM uživatelů pozitivní návratnost investice. Ze strany stavebníka je hlavním kladem zvýšení transparentnosti, snížení nákladů, odpadu a množství víceprací na projektu. Ze strany dodavatelů je pak hlavním pozitivem ušetření času a financí ve výstavbě a dále zamezení rizika, pracování s neaktuální projektovou dokumentací. Pro specialisty v projekci je přínosem především převedení činností jako vykazování výměr, kontrola kolizí, sklonů potrubí, změn v projektu, tvorba dokumentace apod. na software. Jako další přínos lze uvést možnost vizualizací ve virtuální realitě a donucení účastníků stavby ke spolupráci, což může být pozitivní změna oproti konfrontačnímu způsobu, kterým je výstavba řízena dnes.

Používání BIM technologií sebou samozřejmě nese pouze pozitiva. Za hlavní záporny lze uvést zvýšení nátlaku na projektanty v raných fázích návrhu, dále nutnost vynaložit nemalé finanční náklady pro nákup softwarových licencí a s tím související nutnost přesvědčit účastníky stavby k používání BIM. Zejména v oboru vodohospodářství bývá často s pojmem BIM skloňováno nedostatečné množství objektů v knihovnách. Tyto specifické BIM objekty doplní časem buď sami výrobci, nebo si je zřejmě každá firma bude muset vytvořit sama.

V rámci výčtu států, které si již BIM implementací prošly, vyšla najevo skutečnost, že evropské státy jsou obecně skutečnými průkopníky při zavádění povinnosti používat BIM. Z iniciativy Evropské unie je dokonce vyvíjena snaha o přijmutí společných metodik a postupů v rámci evropského společného trhu. Pro Českou republiku tento fakt poskytuje jedinečnou příležitost poučit se z chyb, kterých se ostatní evropské státy při zavádění BIM dopustily. Z rešerše zároveň vyplývá, že BIM je celosvětovým trendem, který zřejmě bude stále více ovlivňovat stavebnictví celkově.

Při tvorbě liniového modelu potrubí a zemních prací je zejména příjemné zjištění, že softwarové nástroje *Civil 3D* jsou schopné vypočítat kubaturu zemních prací a případně i výpočet přepočítat, jsou-li provedeny změny. Při návrhu potrubí bylo nutné vytvořit nový katalog sklolaminátového tlakového potrubí, který se při použití automaticky napojil na navrženou trasu, sám se „rozřezal“ na výrobní kusy a při vybočení automaticky proložil vhodnou tvarovkou.

Při tvorbě bodových modelů, zejména u mechanické části, vyšlo najevo, že v platformě *Revit* lze vytvořit specifické BIM objekty jako odpadní šachta, asynchronní generátor nebo Peltonova turbína, kterou je možné dále napojit na tlakové potrubí, přiřadit parametry jako max. výkon, výrobní číslo atd.

Nejdůležitějším bodem je prokázání možnosti propojení liniových a bodových BIM modelů do jednoho uceleného modelu a s tím související dosažení BIM dimenze 5D. K tomuto propojení došlo v programu *Naviswork Manage*, který umožnil modely dále propojit s harmonogramem a provést časovou simulaci výstavby. Program byl dále využit ke kontrole kolizí a publikaci modelu do *NWD* formátu.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Informační model budovy. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Informa%C4%8Dn%C3%AD_model_budovy
- [2] MATĚJKA, Petr, Eduard HROMADA a Nataliya ANISIMOVA. *Základy implementace BIM na českém stavebním trhu*. První. Praha: Tribun EU, s.r.o., 2012. ISBN 978-80-86590-10-3.
- [3] MCPARTLAND, Richard. BIM Levels explained. *Thenbs.com* [online]. Birmingham: theNBS.com, 2012 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>
- [4] MCPARTLAND, Richard. BIM dimensions - 3D, 4D, 5D, 6D BIM explained. *TheNBS.com* [online]. Birmingham: theNBS.com, 2012 [cit. 2020-04-07]. Dostupné z: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-bim-explained>
- [5] TUNKA, Lukáš. LOD-Level of Development. *Bimfo.cz* [online]. Luzice: bimfo.cz, 2014 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Aktuality/LOD-Level-Of-Development.aspx>
- [6] VÁCLAV, Lukáš. Jak zvolit úroveň LOD. *Bimfo.cz* [online]. 2014: bimfo.cz, bimfo.cz [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Aktuality/Jak-zvolit-uroven-LOD.aspx>
- [7] SACKS, Rafael, Charles EASTMAN, Ghang LEE a Paul TEICHOLZ. *BIM Handbook*. 3rd. Hoboken: Wiley, 2018. ISBN 9781119287537.
- [8] EU BIM, Taskgroup. *Příručka pro zavádění informačního modelování staveb (BIM) evropským veřejným sektorem*. 1. EU BIM Taskgroup, 2018.
- [9] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Koncepce zavádění metody BIM v České republice* [online]. 1. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2017 [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/2017/10/Koncepce-zavadeni-metody-BIM-v-CR.pdf>
- [10] GILIGIAN, Brian a John KUNZ. *VDC Use in 2007: Significant Use, Dramatic Growth, and Apparent Business Opportunity* [online]. Stanford, 2007 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://stacks.stanford.edu/file/druid:bc641nk6928/TR171.pdf>. Technical Report. Stanford University.

- [11] LEE, Xia, Cheah TSONG a Mohd KHAMIDI. *5D Building Information Modelling*. Selangor, 2016.. Conference Paper. University of Reading Malaysia, Qatar University.
- [12] K. NICAL, Aleksander a Wojciech WODYŃSKI. *Enhancing Facility Management through BIM 6D* [online]. Sopron, 2016 [cit. 2020-05-14]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816339649>. Open access article. Warsaw University of Technology, Heriot-Watt University.
- [13] *Allplan - BIM Software* [online]. Steele: Nemetschek Group, 2013 [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: <https://www.allplan.com/cz/>
- [14] *Betley.com* [online]. Boynton: Bentley Systems, Incorporated, 2017 [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: <https://www.bentley.com/cs>
- [15] *Autodesk.cz* [online]. Cambridge: AutoDesk, Inc., 2019 [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: <https://www.autodesk.cz/>
- [16] *Aquatis.cz* [online]. Praha: Aquatis a.s., 2020 [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: <https://www.aquatis.cz/aktuality.php?akid=119>
- [17] KRATĚNA, Jiří, Richard SCHEJBAL a Michal JIRSÍK. *Projektování vodohospodářských staveb s využitím 3D a BIM* [online]. Č. Budějovice: W&ET Team, 2016 [cit. 2020-04-08]. ISBN 978-80-905238-2-1. Dostupné z: <http://www.wet-team.cz/files/konference/2016/PV%20Tabor%20sbornik/52-Krat%C4%9Bna.pdf>
- [18] Interoperabilita. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Interoperabilita>
- [19] *Buildingsmart.org: Industry Foundation Classes (IFC) - An Introduction* [online]. Gloucester: buildingSMART, 1997 [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: <https://technical.buildingsmart.org/>
- [20] ŠMEJKAL, Daniel. Mýty o BIM: Co je a co není IFC?. *Bimfo.cz* [online]. Luzice: bimfo.cz, 2014 [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Aktuality/Myty-o-BIM-Co-je-a-co-neni-IFC.aspx>
- [21] CIMALA, Lukáš, Jakub NOVOTNÝ, Josef REMEŠ a Rudolf VYHNÁLEK. *Revit ve stavební praxi*. První. Brno: Litera, 2014. ISBN 978-80-214-4966-4.
- [22] BARNES, Peter a Nigel DAVIES. *BIM in Principle and in Practice*. 2nd. Gosford: ICE, 2015. ISBN 978-0-7277-6092-0.

- [23] JONES, Stephen A., Harvey M. BERNSTEIN, ed. *McGraw Hill Construction Research & Analytic* [online]. Bedford: McGraw Hill Construction Research & Analytic, 2014 [cit. 2020-04-14]. Dostupné z: [https://www.i2sl.org/elibrary/documents/Business_Value_of_BIM_for_Owners_SMR_\(2014\).pdf](https://www.i2sl.org/elibrary/documents/Business_Value_of_BIM_for_Owners_SMR_(2014).pdf)
- [24] SMITH, Peter. *BIM implementation - global strategies* [online]. Sydney, 2014 [cit. 2020-04-14]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814019419>. Peer-review. Study.
- [25] *TheNBS.com* [online]. Birmingham: theNBS.com, 2012 [cit. 2020-04-14]. Dostupné z: <https://www.thenbs.com/>
- [26] HO, Serene a Abbas RAJABIFARD. *Towards 3D-enabled urban land administration: Strategic lessons from the bim initiative in singapore* [online]. Melbourne, 2016 [cit. 2020-04-14]. doi:10.1016/j.landusepol.2016.05.011. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837715300247?via%3Dihub>. Article. The University of Melbourne.
- [27] Koncepce BIM 2022. In: [Http://www.agentura-cas.cz/](http://www.agentura-cas.cz/) [online]. Praha: Česká agentura pro standartizaci, 1996 [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <http://www.agentura-cas.cz/node/148>
- [28] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. Koncepce zavádění metody BIM v ČR schválena vládou. In: *Mpo.cz* [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/koncepce-zavadeni-metody-bim-v-cr-schvalena-vladou--232136/>
- [29] *Koncepcebim.cz* [online]. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2018 [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.koncepcebim.cz/>
- [30] Vodní dílo. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%AD_d%C3%ADlo
- [31] TRANSPARENCY INTERNATIONAL, Česká Republika. "Jaké jsou finanční limity pro zakázky malého rozsahu, podlimitní zakázky a zakázky nadlimitní.". *Transparency International: Česká Republika* [online]. Roubaix: Transparency International, 2002 [cit. 2020-05-19].

Dostupné z: <https://www.transparency.cz/pravni-poradna/jake-jsou-financni-limity-pro-zakazky-maleho-rozsahu-podlimitni-zakazky-a-zakazky-nadlimitni/>

- [32] PILÁŘ, Zdeněk. *Souhrnná technická zpráva: Výstavba malé vodní elektrárny na Černohoském potoce*. 1. Hradec Králové: P-AQUA s.r.o.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Znázornění LOD, VACÍK, Lukáš. BIMfo.cz [online]. [cit. 8.5.2020]. Dostupný na WWW: https://www.bimfo.cz/Aktuality/Jak-zvolit-uroven-LOD.aspx	16
Obrázek 2 Znázornění sdílení dat o projektu v rámci klasického přístupu (vlevo) a s použitím CDE (pravo) NATKEVIČIŪTĚ, Laima Natkevičiūtė. ibimsolutions.lt [online]. [cit. 19.4.2020]. Dostupný na WWW: https://ibimsolutions.lt/straipsniai/vieninga-duomenu-aplinka-cde-kokybiskam-bim-projekto-procesui/attachment/cde/	29
Obrázek 3 3D řez budovou MVE-stavební část.....	41
Obrázek 4 Kategorie rodin a materiálů BIMTechtools.....	42
Obrázek 5 Katalog čerpadel na serveru BIMobject	43
Obrázek 6 Vytvořená rodina odpadní šachty.....	44
Obrázek 7 Vyztužení rodiny odpadní šachty.....	44
Obrázek 8 Vyexportovaná rodina do těles v DWG	45
Obrázek 9 Vizualizace mechanické části ve 3D	46
Obrázek 10 Tvorba rodiny Peltonovy turbíny	47
Obrázek 11 Použití turbíny v modelu mechanické části	47
Obrázek 12 Vyobrazení jednotlivých stupňů detailu na rodině asynchronního generátoru.....	47
Obrázek 13 Použití rodiny asynchronního generátoru v modelu mechanické části	48
Obrázek 14 Použití rodiny dvojitý T-kus v modelu mechanické části.....	48
Obrázek 15 Rodina dvojitý T-kus	48
Obrázek 16 IFC model v J-TSK souřadnicích (BIMvision)	49
Obrázek 17 Zobrazení interiéru v IFC modelu (BIMvision)	49
Obrázek 18 Pohled ze spoda, napojení terénu výkopu (červeně) na původní terén (zeleně)....	51
Obrázek 19 Kalkulace objemu zemních prací	50
Obrázek 20 Napojení ocelového potrubí (modrá) na sklolaminátové (bílá)	51
Obrázek 21 Tvorba tvarovky segment 60°- 1) příprava geometrie 2) 3D geometrie 3) zatřídění tvarovky 4) přiřazení materiálu a dalších parametrů v editoru katalogu	52
Obrázek 22 Propojení 4 modelů v Naviswork Manage.....	53

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 LOD stupně dle britského a amerického značení a odpovídající fáze projektu, dostupná na https://www.tzb-info.cz/bim-informacni-model-budovy/20352-co-znamená-pojem-lod-v-bim	15
Tabulka 2 MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. Přínosy BIM pro jednotlivé stavební profese [online]. [cit. 15.4.2020]. Dostupný na WWW: https://www.mpo.cz/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/koncepce-zavadeni-metody-bim-v-cr-schvalena-vladou--232136/	20
Tabulka 3 Zastoupení nadlimitních projektů nad 150 mil. Kč v celkovém množství projektů realizovaných v letech 2007-2013 v rámci operačního programu životní prostředí	37
Tabulka 4 Zastoupení vodohospodářských projektů nad 150 mil. Kč v celkovém množství nadlimitních projektů realizovaných v letech 2007-2013 v rámci operačního programu životní prostředí	37
Tabulka 5 Příklady typů, rodin a kategorií platformy Revit	42
Tabulka 6 Příklad tabulky kusů a tvarovek generovaný v Civil 3D	52
Tabulka 7 Kolize mezi potrubím a opevněním koryta	54

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Vývoj produktivity práce za odpracovanou hodinu. Srovnání růstu celkové ekonomiky a stavebnictví ve Spojeném království a Německu. Index 100 = hodnota v roce 1995. MC GRAW HILL, Construction. www.mckinsey.com [online]. [cit. 15.5.2020]. Dostupný na WWW: https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Capital%20Projects%20and%20Infrastructure/Our%20Insights/Reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/MGI-Reinventing-Construction-Executive-summary.ashx	18
Graf 2 Vývoj produktivity práce za odpracovanou hodinu. Srovnání více odvětví v USA se stavebnictvím. Index 100 = hodnota v roce 1947 MC GRAW HILL, Construction. www.mckinsey.com [online]. [cit. 15.5.2020]. Dostupný na WWW: https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Capital%20Projects%20and%20Infrastructure/Our%20Insights/Reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/MGI-Reinventing-Construction-Executive-summary.ashx	18
Graf 3 – Míra digitalize v jednotlivých odvětvích a jednotlivých. MCKINSEY&COMPANY. mckinsey.com [online]. [cit. 19.4.2020]. Dostupný na WWW: https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/imagining-constructions-digital-future	19
Graf 4 MC GRAW HILL, Construction. Rozdělení dodavatelů, používajících BIM, dle jejich zkušeností a pokroku s technologií [online]. [cit. 14.4.2020]. Dostupný na WWW: https://www.icn-solutions.nl/pdf/bim_construction.pdf	30
Graf 5 MC GRAW HILL, Construction. ROI investice do BIM uvedené dodavateli, dle jednotlivých států [online]. [cit. 14.4.2020]. Dostupný na WWW: https://www.icn-solutions.nl/pdf/bim_construction.pdf	31
Graf 6 Podíl počtu nadlimitních projektů.....	37
Graf 7 Podíl finančního objemu nadlimitních projektů	37
Graf 8 Podíl počtu vodohospodářských projektů v nadlimitních projektech	38
Graf 9 Podíl finančního objemu vodohospodářských projektů v nadlimitních projektech	38

SEZNAM PŘÍLOH

- A. Publikovaný federovaný model
- B. Stavební část
- C. Mechanická část
- D. Opevnění koryta
- E. Terén a potrubí
- F. IFC Koordinační model
- G. Test kolizí
- H. Simulace Výstavby
- I. Průchod MVE
- J. Průlet stavbou
- K. Vizualizace 3D Řez
- L. Vizualizace stavební část
- M. Virtuální realita
- N. Katalog potrubí

SEZNAM ZKRATEK A CIZÍCH NÁZVŮ

- ⁱ 2D--(anglicky: Second Dimension), dvojrozměrný
- ⁱⁱ 3D--(anglicky: Third Dimension), trojrozměrný
- ⁱⁱⁱ CAD-(anglicky: Computer Aided Design), počítačem podporované projektování
- ^{iv} PDF-(anglicky: Portable Document Format), přenosný formát dokumentů
- ^v CDE-(anglicky: Common Data Environment), společné datové prostředí
- ^{vi} 4D-(anglicky: Fourth Dimension), čtyřrozměrný, přičemž za čtvrtý rozměr jsou uvažovány časové nebo cenové údaje
- ^{vii} 5D-(anglicky: Fifth Dimension), pětirozměrný, přičemž za pátý rozměr jsou uvažovány časové a cenové údaje zároveň
- ^{viii} 6D-(anglicky: Sixth Dimension), šestirozměrný, přičemž za šestý rozměr jsou uvažovány komplexní údaje o životním cyklu budovy
- ^{ix} LOD-(anglicky: Level of Development), stupeň rozpracování
- ^x USA AIA-(anglicky: American Institute of Architects), americký institut architektů
- ^{xi} CIFE-(anglicky: Center for Integrated Facility Engineering), centrum pro integrované inženýrství
- ^{xii} VDC-(anglicky: Virtual Design and Construction), virtuální navrhování a výstavba
- ^{xiii} TZB-technické zařízení budov
- ^{xiv} ÚČOV-ústřední čistírna odpadních vod
- ^{xv} OmniClass-(OCCS), severoamerický klasifikační systém, využívá ho např. Revit
- ^{xvi} ROI-(anglicky: Return on Investment), návratnost investice
- ^{xvii} GSA-(anglicky: *US General Services Administration*), organizace americké vlády, zajišťující správu nemovitostí a zařízení
- ^{xviii} NBIMS2.0-(anglicky: *National BIM standart*), národní BIM standarda , používaná zejména v USA
- ^{xix} NBS-(anglicky: *National Building Specification*),národní stavební specifikace
- ^{xx} CCS-Cuneco, klasifikační systém
- ^{xxi} BMVI-(německy: Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur), spolkové ministerstvo pro dopravu a digitální infrastrukturu
- ^{xxii} BCA-(anglicky: *The Singapore Building and Construction Authority*), singapurský úřad pro stavebnictví
- ^{xxiii} Facility Management-správa nemovitosti
- ^{xxiv} MPO- Ministerstva průmyslu a obchodu
- ^{xxv} ČAS- Česká agentura pro standardizaci
- ^{xxvi} SFDI- Státní fond pro dopravní infrastrukturu
- ^{xxvii} ČKAIT- Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků
- ^{xxviii} ČKA- Česká komora architektů
- ^{xxix} BEP-(anglicky: BIM Execution Plan), dokument popisující postupy spolupráce

^{xxx} Rhinoceros 3D – 3D grafický CAD software, známý též pod zkrácením Rhino.

^{xxxi} VOB – (německy: Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen), obstarávací a smluvní předpisy pro stavební práce

^{xxxi} S JTSK – Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální

^{xxxi} Bpv – výškový systém Baltický po vyrovnání.

^{xxxi} Html- (anglicky: Hypertext Markup Language)- hypertextový odkaz