



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Stavební fakulta

DIGITÁLNÍ ŘÍZENÍ STAVEBNÍHO PODNIKU

Ing. Vladimír Nývlt, MBA, Ph.D.

Habilitační práce

březen 2022

Aspirant

Ing. Vladimír Nývlt, MBA, Ph.D.

Obor habilitace

Stavební management a inženýring

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto habilitační práci s názvem „Digitální řízení stavebního podniku“ vypracoval samostatně. Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím se zapůjčováním práce a jejím zveřejňováním.

V Praze dne 15. března 2022

Ing. Vladimír Nývlt, MBA, PhD.

Anotace

Předložená práce zkoumá přístupy k propojení řízení životního cyklu stavby prostřednictvím strukturovaných dat pocházejících z informačního modelování budov (BIM) s informačními systémy, které se používají pro plánování podnikových zdrojů (ERP) v architektuře, inženýrství, stavebnictví a správě nemovitostí (AECO). Cílem habilitační práce je navrhnout **struktury řízení informací (komplexního modelu) ve stavebním podniku v souvislosti s digitalizací procesů spojených s výstavbou a vlastním provozem podniku**. Pozornost je upřena na klíčové cesty integrace a překážky, které musí dodavatelé a výrobci překonat, aby zvládli přechod integrace využití BIM s již zavedenými procesy v podniku a používaného ERP. Na základě případové studie práce analyzuje možnosti strategické změny pozice stavební firmy v souvislosti s integrací BIM a řízení informací do podnikových procesů. Přináší nový pohled na strukturu komplexního řízení informací ve stavebním podniku, návrh způsob a metodiky práce s daty o stavbě vzniklých a udržovaných v BIM modelu takovým způsobem, aby veškeré potřebné podnikové informace byly integrované v rámci používaného informačního systému podniku.

Klíčová slova

BIM, digitalizace, ontologie, řízení informací, znalostní management, životní cyklus stavby, datové slovníky, informační systém

Title

Digital management of a construction company

Annotation

The present thesis explores approaches to linking construction life cycle management through structured data derived from building information modeling (BIM) with information systems used for enterprise resource planning (ERP) in architecture, engineering, construction and property management (AECO). The objective of the habilitation thesis is to propose information management structures (complex model) in a construction company in the context of the digitalization of processes related to construction and the company's own operations. The focus is on the key pathways for such integration, while also looking at the hurdles that contractors and manufacturers must overcome to manage the transition of integrating the use of BIM with the processes already in place in the enterprise and the ERP being used. Based on a case study, the thesis analyses the opportunities for a strategic repositioning of a construction company in relation to the integration of BIM and information management into business processes. It brings a new perspective on the structure of complex information management in a construction company and a method and methodology for working with construction data generated and maintained in the BIM model in such a way that all the necessary enterprise information is integrated within the enterprise information system in use is proposed.

Keywords

BIM, digitization, ontology, information management, knowledge management, construction life cycle, data dictionaries, information system

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Současný stav problematiky	10
2.1	Role a význam BIM v celkovém vystavěném prostředí	13
2.2	Kritéria pro další rozvoj BIM	16
2.3	Řízení informací v průběhu životního cyklu stavby	18
2.3.1	Porozumění informacím.....	18
2.3.2	Řízení informací v průběhu projektování, výstavby i údržby	20
2.3.3	Řízení informací a znalostí v rámci modelu BIM	21
2.3.4	Řízení životního cyklu stavby	21
2.4	Koncept otevřených dat.....	22
2.4.1	Předpoklad otevřeného / uzavřeného světa (OWA / CWA).....	22
2.4.2	Principy propojených dat (Linked data)	22
2.5	Řízení znalostí.....	25
2.5.1	Úloha řízení znalostí v organizaci	29
2.5.2	Řízení znalostí jako součást řízení BIM v rámci projektů a programů ve firmě.....	30
2.5.3	Dopad na BIM: Znalostní pracovník – důležitý lidský prvek v procesu řízení znalostí BIM	31
2.5.4	Struktura systému znalostí v prostředí BIM.....	32
2.5.5	Řízení znalostí a informací v procesech BIM	34
2.6	Vizualizace znalostí.....	39
2.6.1	Rámec BIM.....	39
2.6.2	BIM – interakce v rámci systémů BIM.....	41
2.7	Bariéry pro zavedení BIM.....	42
2.7.1	Identifikace kritických faktorů.....	42
2.7.2	BIM – nová změna paradigmatu	43
2.7.3	Nedostatek podpory ze strany vrcholového managementu.....	46
2.7.4	Náklady na implementaci (software a školení)	47
2.7.5	Rozsah potřebné změny kultury	47
2.7.6	Další konkurenční iniciativy.....	48
2.7.7	Sociální aspekty.....	48
2.7.8	Nedostatek podpory v rámci spolupracujících podniků.....	48
2.7.9	Odpor zaměstnanců a ICT gramotnost	49
2.7.10	Právní nejistoty	49
2.7.11	Vlastnictví a duševní vlastnictví	49
2.8	Stupně vyspělosti BIM směrem k iBIM	50
2.8.1	Datové toky v BIM.....	50
2.8.2	Fáze životního cyklu projektu.....	51

2.9	Úloha používání ontologií v řízení znalostí (KM)	53
2.9.1	Řízení znalostí jako cesta k iBIM	53
2.9.2	Ontologie jako nástroj pro model komunikace v BIM	53
2.9.3	Ontologická reprezentace rámce BIM	55
2.10	Modely a jejich principy	56
2.10.1	Princip centrálního modelu	56
2.10.2	Objektově orientované modelování	56
2.10.3	Modelování objektů a staveb	57
2.10.4	Modelování taxonomie	57
2.10.5	Modelování partonomie (meronomie)	58
2.10.6	Modelování klasifikace znalostí	58
2.10.7	Rámec hodnocení zralosti BIM v dlouhodobém horizontu	64
3	Cíl a metodika habilitační práce	67
3.1	Materiál a metody výzkumu	68
3.1.1	Metodika prvního výzkumného okruhu	69
3.1.2	Metodika druhého výzkumného okruhu	71
4	Výsledky výzkumu připravenosti stavebního podniku na digitalizaci	73
4.1	První okruh výzkumu – připravenost na změnu interních procesů při digitalizaci podniku formou případové studie	73
4.1.1	Analýza stavební společnosti a možné strategie	74
4.1.2	Struktura současného stavu kompetencí	75
4.1.3	IT kompetence	75
4.1.4	Potřeby a postoje ke vzdělávání se	77
4.1.5	Možnosti dalšího rozvoje vnímané pracovníky	80
4.2	Druhý okruh výzkumu – hledání cesty k předávání informací napříč celou stavební společností a celým životním cyklem stavby	83
4.2.1	Digitalizace stavebních procesů a objektů	83
4.2.2	Mapa řešení BIM informací	87
4.2.3	Podrobnější pohled na prvky Mapy řešení BIM	89
5	Integrace dat z případových studií a výzkumu ve spojitosti s dalšími praktickými aspekty informační technologie ve stavebnictví	93
5.1	Širší souvislosti	93
5.1.1	Souvislosti zjištěných výstupů s dalšími teoretickými poznatky	93
5.1.2	Návrh klasifikace kompetencí BIM, jako prostředníka organizačních kompetencí	96
5.1.3	Návrh kompetenčního modelu řízení BIM k usnadnění fungování digitálně řízeného podniku	97
5.2	Způsob integrace dat	104
5.3	Návrh datového modelu formou integrace dat do tvorby digitálního dvojčete	110
6	Diskuze	113

7 Závěr	115
Literatura	117
Seznam symbolů a zkratk.....	125
Seznam tabulek	127
Seznam obrázků	128
Seznam příloh.....	130

1 Úvod

Současné stavebnictví prochází obdobím, kdy rozvoj digitálních technologií a digitální ekonomiky se dostává do každodenního používání v ostatních sektorech ekonomiky, a nakonec i ve státní správě. Ve stavebních podnicích se již v určité míře používají tyto technologie v systémech řízení podniku (ERP systémy). Tato digitální podpora je ve větších stavebních podnicích vesměs využívána pro řízení financí, účetnictví a controlling, ale mnohdy i pro vedení skladové evidence, řízení lidských zdrojů atd. Další digitální technologie, tentokrát v oblasti projektování, přinesly možnost získávat a používat další informační základnu založenou na 3D modelování stavebních objektů – modelech BIM. Informace a data uložené v modelech BIM jsou však používány odděleně od ostatní digitální podpory řízení podniků. Jejich dalšímu využití brání několik aspektů, z nichž nejdůležitější jsou často založeny na lidském faktoru a pomalu probíhajících změnách. Jak poznamenal doc. Ferkl, UCEEB na ČT24 dne 9.11.2021: „Stavebnictví je konzervativní obor a změny v něm probíhají pomalu a obtížně“. Tato práce se, pochopitelně nejen z výše uvedeného konzervatismu, zabývá tím, jak přenastavit procesy, aby takové změny byly i v takto konzervativním oboru přijatelné.

Cílem habilitační práce je navrhnout **struktury řízení informací (komplexního modelu) ve stavebním podniku v souvislosti s digitalizací procesů spojených s výstavbou a vlastním provozem podniku**. Na základě výzkumu realizovaného u velké stavební společnosti působící na českém stavebním trhu byly zmapovány potřeby, postoje, kompetence a znalosti pracovníků a týmů. Rovněž bylo využito zkušeností a částečně i výstupů pracovních skupin připravujících změny v systémech vzdělávání, standardizace i legislativy, a to jak v ČR, tak v Evropě. Pro hledání cesty vedoucí k překonání zjištěných bariér dalšího postupu přijetí digitálních technologií je v práci navržen způsob vizualizace komplexní informační podpory typického stavebního podniku formou sestavení Mapy řešení BIM informací – BIM Solution Map. Použití této mapy podpoří sestavení architektury specifikace informačních potřeb stavebního podniku, včetně zařazení dat z BIM modelů používaných pro projekt i řízení procesů výstavby. Mapa řešení bude rovněž vhodný podklad pro další výzkum, který se může zaměřit např. na využívání velkých objemů dat (Big Data) v rozhodovacích procesech stavebního podniku a stavebnictví obecně.

2 Současný stav problematiky

V poslední době probíhá ve světě stavebnictví prudký nástup „digitalizace“. Tak jako v průmyslovém odvětví, kde se jedná o 4. průmyslovou revoluci (iniciativa Průmysl 4.0) nebo i společnost 4.0, tak i ve stavebnictví se objevuje nejprve „Informační modelování staveb“, které se v současné době rozšiřuje na práci s datovým modelem stavby po celou dobu jeho životního cyklu „Building Information Management - BIM“. Tuto revoluci lze pojmenovat Stavebnictví 4.0. Evropská Unie vydala v roce 2014 směrnici 2014/24/EU o zadávání veřejných zakázek, která umožňuje žadatelům používat při zadávání veřejných zakázek požadavek na zpracování dokumentace i realizace v prostředí technologií BIM. Tato směrnice byla implementována i do české legislativy zákonem č. 134/2016 o zadávání veřejných zakázek. V září 2017 přijala vláda ČR navíc dokument nazvaný „Koncepce zavádění metody BIM v ČR“, která stanovuje vytvořit takové legislativní, odborné i znalostní prostředí v ČR, aby k roku 2022 byly ve stavebnictví všechny nadlimitní veřejné zakázky povinně realizovány od studie až po realizaci v prostředí technologií BIM. Význam BIM je v digitální reprezentaci geometrických a negeometrických dat budovy, která se používá jako spolehlivý, sdílený zdroj znalostí pro vytváření rozhodování o budově během celého jejího životního cyklu" (NBIMS, 2009). Mnozí autoři navíc uvádějí, že využití BIM je prostředkem ke zvýšení efektivity projektů (Sacks a Gurevich, 2016).

a) Pochopení úlohy BIM.

BIM je obecně silně zaměřen především na řešení stavby ve smyslu budovy a tuto roli již velmi dobře zvládá. Vývoj softwaru i vzdělávání v oblasti BIM z hlediska práce s datovým modelem stavby, jako takovým je na velmi vysoké úrovni. Od nastavení datového standardu, klasifikačního systému, úrovně detailu (LoD / LoI), koncepce spolupráce napříč softwarovými platformami projektu, přes realizaci za použití společného datového prostředí (CDE) až po facility management (CAFM). Vše je však řešeno zejména pro stavby typu budova. Tuto skutečnost odráží i software pro modelování projektů BIM, který pracuje s budovou ve virtuálním prostoru.

Dalším posunem v oblasti digitalizace stavebnictví bude propojení BIM a schvalovacích procesů. Při těchto činnostech musí být stavba v digitální podobě umístěna v konkrétním prostoru, na konkrétních souřadnicích a splňovat určité parametry vycházející například z územního či regulačního plánu a dalších požadavků podle lokality, typu stavby, okolí a dalších aspektů.

V této souvislosti již můžeme hovořit o spojení mezi BIM a digitálními katastrálními daty, zejména v budoucím plánovaném 3D standardu a Smart City konceptu. Do konceptu Smart City jistě patří vznikající 3D modely měst, technické mapy (např. DTM – digitální technická mapa ČR), senzorické sítě IoT, ale také napojení na katastr nemovitostí, resp. v budoucnu informační systém 3D katastru nemovitostí. Propojení těchto oblastí je dalším nezbytným vývojem prostředí BIM. V tomto případě můžeme hovořit o "digitálním vystavěném prostředí". Aby tento koncept splňoval očekávané a nezbytné požadavky, je nutné dodržovat určitá pravidla, která dnes u BIM považujeme za zcela standardní. 3D model města tedy nestačí, stejně jako 3D model budovy není

ještě BIM. Opět je nutné nastavit určitý datový standard, systém klasifikace, úrovně podrobnosti v grafické i informační části, softwarové nástroje atd.

Cesta k digitálnímu vystavěnému prostředí vede přes propojení podrobných BIM modelů budov a CIM (City Information modelling / management) modelů měst. Zde budou rozdílné požadavky na informace, strukturu, zobrazení a propojení s dalšími databázemi. CIM může být také obohacen o klasifikační systém a propojen se systémy CAFM / GIS pro správu měst.

b) BIM jako součást širšího vystavěného prostředí

BIM sice využívá a vychází z 3D modelování, ale zároveň dalece přesahuje tradiční možnosti CAD a postupně se rozšiřuje o další data a informace v průběhu celého života stavebního projektu. Skutečnost, že různé aspekty lze vzájemně propojit, umožňuje potenciální rozšíření – kdy lze i různé jednotlivé stavby propojovat do většího celkového projektu. Jednotlivé soubory BIM lze připojovat k ještě větší městské platformě. CIM jde nad rámec většiny modelů a souborů BIM a poskytuje propojení s infrastrukturou, veřejnými službami, a dokonce i s modelováním pohybu lidí a jejich komunikace s městem.

Důležitou součástí Smart City, a tedy i konceptu CIM, je svět internetu věcí (IoT). Propojená zařízení jsou integrována do silnic a systémů veřejné dopravy, komerčních budov, monitorování energie a platform pro nakládání s odpady. Chytré domy jsou součástí stále inteligentnějších měst, která jsou schopna shromažďovat vlastní data a využívat je ke zvýšení své efektivity.

Chytrá města však mohou přinést i mnoho dalších výhod. Např. město Amsterdam je jedním z nejlépe řízených měst na světě a v rámci iniciativy Amsterdam Smart City vznikly desítky projektů, včetně autonomních flotil lodí, které snižují znečištění městských vodních toků, inteligentních sloupů veřejného osvětlení, které se přizpůsobují světlu a počasí, a tisíců senzorů po celém městě, které zlepšují dopravu a přidělování parkovacích míst.

Spolupráce je jedním z klíčových definičních prvků BIM a stejný potenciál pro spolupráci a společné inovace jistě platí i pro informační modely měst. CIM může propojit různé systémy a nejrůznější zúčastněné strany. CIM je zatím v relativních začátcích, ale není pochyb o tom, že bude hrát obrovskou roli při navrhování a provozu měst budoucnosti.

Správa městských informací/modelů zahrnuje 3D model města, který lze následně kombinovat s BIM (tj. solitárními budovami vytvořenými touto metodikou) a dalšími zdroji dat. Jedná se o základní informace pro správu a údržbu města, vedení, komunikaci s občany, data potřebná pro simulace a analýzy, pro tvorbu strategií, rozpočtu a plánování. CIM může obsahovat všechna data související s provozem města a kombinovat je s využitím souvisejících softwarových řešení (CAFM/GIS/BIM).

c) BIM a digitální vystavěné prostředí jako celek

V digitálně budovaném prostředí může BIM hrát několik rolí. K jednotlivým možným rolím pro význam CIM a BIM a pro nezbytný vývoj v této oblasti se nabízí celá řada využití:

- **Pro životní prostředí a udržitelný rozvoj:**

Vliv staveb na životní prostředí je již nyní do hloubky řešeným tématem nezávisle na konceptu BIM. Propojením s BIM a následně i CIM – umístěním stavby do rozvojového území, včetně informací o vlivu na životní prostředí, emisích či produkci znečištění, lze zjednodušit nejen přípravné a schvalovací řízení včetně mnoha navazujících procesů. Udržitelný rozvoj je podmíněn řešením tří funkčních pilířů: ekonomického, sociálního a environmentálního. V každém případě BIM zasahuje do ekonomického pilíře. CIM by mohl zvýšit i sociální a environmentální pilíř.

- **Pro spolupráci napříč organizacemi:**

Stejně jako je BIM založen na spolupráci, tak i CIM ji předpokládá jako nezbytnou součást. V digitálně budovaném prostředí jde především o komunikaci MĚSTO – ORGANIZACE – OBČANÉ. A na této platformě je transparentnost, sdílení informací a zkušeností budoucností CIM.

- **Pro investiční plánování a územní rozvoj:**

Tato problematika se samozřejmě řeší na úrovni města i bez jakéhokoli BIM nebo CIM. Stejně jako zkušenosti a výhody metody BIM pomáhají při plánování investic (5D finanční rozměr BIM) v době projektu, může CIM pomoci městům v dlouhodobých strategiích a územním rozvoji. CIM velmi úspěšně odhaluje nedostatečně využívané části měst, brownfieldy nebo naopak velmi exponovaná území. Na základě relevantních dat je možné efektivně plánovat a rozhodovat o budoucím rozvoji měst.

- **Pro správu, provoz a údržbu:**

I u staveb využívajících metodu BIM je stále velmi málo projektů, které využívají BIM ve fázi facility managementu staveb. Přestože tato fáze je nejdelší a nejnákladnější v celém životním cyklu budov, potenciální přínosy BIM ještě nebyly plně využity. Řízení, provoz a údržba měst pomocí CIM však přináší také mnoho výhod. Primárně se tato část věnuje datům a inteligentní správě. Samotný model však může pomoci při orientaci ve výstavbě, plánování údržby, tras nebo při potřebě rychle řešit krizové situace. Data v CIM mohou městu pomoci přesně a efektivněji plánovat procesy správy objektů, analyzovat je a následně optimalizovat.

d) Lidský faktor a změny chování v digitalizovaném prostředí

V současné době se stavební společnosti stále větší měrou snaží podchytit nové výzvy dané digitalizací celého stavebního odvětví, založené na používání BIM jak pro celé řízení procesů výstavby, tak i v dalších segmentech dané digitalizací komunikace uvnitř firmy i navenek. Objevují se tak trendy směřující k digitalizaci podnikových procesů, které by podpořily řízení změn. Tyto společnosti však čelí výzvám a obavám, jak tento proces řídit, aby neohrozily svou roli na trhu a své znalosti a dovednosti, které nejsou spojeny s digitálně uloženými a zpracovávanými informacemi. Zároveň v těchto podnicích již začínají pracovat mladí zaměstnanci, kteří jsou vychováni novými technologiemi, sociálními sítěmi a jejich každodenním využíváním.

2.1 Role a význam BIM v celkovém vystavěném prostředí

Teoretická východiska v případě této práce, včetně realizovaného výzkumu, jsou zaměřena na roli a význam BIM v celkovém vystavěném prostředí a zabývají se širším spektrem literatury a výzkumu, než je obvykle běžné. Potřebujeme se dotknout principů projektování ve smyslu tvorby 3D modelů, základních teorií zpracování dat, způsobů jejich interpretace, sdílení, předávání a také lidského faktoru vystaveného změně pracovního prostředí, pracovních podmínek, manažerských paradigmat a procesů, včetně jejich změn v souvislosti s postupující digitalizací, principů základů kybernetiky a jejich dopadem na systémy řízení informací a znalostí o stavbách v jakémkoliv stádiu výstavby, ontologických modelů a sémantiky datových struktur, organizačních strukturách a podobně.

Z tohoto pohledu se jedná o velice širokou teoretickou základnu, a proto zde budou uvedeny pouze základní údaje, vysvětleny používané základní pojmy a bude doplněna další literatura, přinášející podrobnější vhled do všech zmíněných oblastí.

Teprve nedávno BIM dozrál do té míry, že stavebnictví začíná zkoumat užší propojení mezi BIM a interními procesy podniku většinou realizované za informační podpory informačními systémy podporujícími řízení procesů podniku – Enterprise Resource Planning (ERP) na běžné úrovni. Toto zpoždění má čtyři hlavní důvody:

- 1) Podrobná koordinace virtuálních stavebních objektů pro výstavbu je v odvětví AECOM poměrně nová (až na několik výjimek), kdy subdodavatelé i stavební podniky začínají BIM přijímat jen pomalu. Ve stavebnictví, které je historicky zakořeněno v řemeslných dovednostech a zkušenostech svých pracovníků, ne vždy převládá výrobní myšlení a potřeba koordinace činností.
- 2) Stavebnictví musí překonat překážku v podobě vytvoření a přijetí protokolů, které umožní interoperabilitu a integrované sdílení dat mezi řadou zúčastněných stran.
- 3) Software propojující data z objektově orientovaných sestav BIM přímo se systémy ERP se teprve nedávno stal vyspělým a dostupným pro běžný stavební trh.
- 4) Mnoho firem v odvětví AECOM je malých nebo středních (Ghosh et al, 2011). Zatímco používání BIM v těchto firmách se postupně stává běžným, snaha o implementaci systémů ERP se může zdát příliš nákladná až nežádoucí.

Přesto se mnohé cíle BIM silně překrývají s cíli ERP. Aplikace BIM ve stavebních projektech si klade za cíl zefektivnit tok informací v celém životním cyklu budovy pomocí spolehlivých a jednoznačných dat přiřazených k virtuálním stavebním dílům, které co nejvěrněji reprezentují své fyzické protějšky. Navzdory jejich tradičně odlišnému rozsahu služeb existují rozmanité možnosti propojení dat o výrobcích z projektování a inženýrství s BIM. Aram a Eastman (2011) uvádějí následujících pět klíčových oblastí propojení: Konfigurace systému, Autorské informace, Obecné funkce správy, Správa změn a synchronizace a Vizualizace dat a interoperabilita.

V kontextu BIM je pro integraci ERP a BIM klíčová schopnost synchronizace dat mezi interními systémy ERP a daty BIM modelu na základě jednoznačné definice dat. Aby bylo možné dosáhnout takového rozhraní mezi systémy BIM a ERP, musí být napříč projektováním a plánováním v organizaci

zavedena logika pro vytváření, pojmenovávání, označování a správu dat objektů (a možnosti propojení těchto informací s jinými podnikovými systémy). Objekty BIM zahrnují definice kategorií, typů a atributů; lze vytvořit parametrické vztahy, které tyto definice řídí v celém životním cyklu budovy a pomáhají optimalizovat návrh udržitelné budovy (Eastman, 1999).

Řízení znalostí jako nejdůležitější aspekt řízení informací stavby v celém jejím životním cyklu pak bude věnována samostatná kapitola, popisující platformu pro další výzkum a návrh modelu řízení informací v integrovaném prostředí viz (Int.14, BIM EDU,2021) a (Mapa řešení BIM – BIM Solution Map), viz kap 4.2.1.

V nedávné době byl rovněž realizován výzkum za účasti autora této práce (Lojda et al, 2021), který byl prováděn v rámci grantu TAČR, se zaměřením na zjištění možností stávající úrovně kompetencí a vzdělanosti ve stavebních firmách k návrhu metodiky jak vzdělávání, nabytím znalostí v praxi, změnou firemní kultury, lze zvýšit úroveň znalostí digitálního prostředí a práce v tomto prostředí. Této oblasti výzkumu je věnována kap. 4.1.

Integrace BIM do informačního systému stavebního podniku

Rozšíření plánování vývoje a životního cyklu stavby na řízení podnikových zdrojů je přístup, který od zavedení systémů ERP do používání ve velkých stavebních podnicích na počátku 70. let neustále nabírá na síle (Fitzgerald, 1992). Stavební výroba jako odvětví orientované na výstavbu těží zejména z propojení a z využívání dobře integrovaných informačních systémů. Tyto systémy pomáhají řídit širokou škálu procesů souvisejících s procesy v průběhu výstavby. Protože jsou tyto činnosti spravované systémy ERP více transakčně orientované, zahrnují úkoly, jako je plánování zdrojů, nákup, skladování, zajištění kvality, řízení změn, řízení produktivity, personalistika, finance/mzdy a další. Společným rysem většiny systémů ERP je integrace a správa dat prostřednictvím centralizovaného serveru ve standardizovaném formátu, aby se zabránilo duplicitě dat. S postupujícím rozvojem World WideWebu se systémy ERP stávají stále více místně agnostickými, webovými, s informacemi uloženými a přístupnými prostřednictvím cloudových služeb (Wilkinson, 2012). Je-li žádoucí integrace mezi BIM a ERP, je pro každý stavební podnik zásadní vytvořit logické vazby mezi strukturou dané stavby, výroby a ostatními procesy již podporované informačními systémy. K vytvoření obousměrných vazeb mezi oběma činnostmi je nutné jasné zmapování procesů a styčných bodů. Například může být společným styčným bodem kusovník (Bill-Of-Materials, BOM) (Shilovitsky, 2013). Klíčovou překážku při zavádění ERP do stavebnictví lze vyzdvihnout následovně (Meda & Sousa, 2012): Systémy ERP poskytují škálovatelná řešení, která v ideálním případě pomáhají spravovat informace v celém podniku. Na druhé straně je stavebnictví (a v něm uplatňované podpůrné systémy) do značné míry založeno na projektech. Velký počet externích zainteresovaných stran sdružuje informace na dočasné (na projektu závislé) úrovni a používá řadu různorodých informačních systémů a formátů. Zavedení systémů ERP ve stavebních podnicích je proto úkolem, který je třeba považovat za specifický pro vysoce dynamický projektový a výrobní kontext (Babič et al, 2010). Rovněž úsilí vynaložené na zavedení řešení BIM i ERP ve stavebním podniku je v menších nebo středně velkých podnicích (které jsou ve stavebnictví běžné) obtížně ospravedlnitelné a mnohdy i finančně neschůdné.

BIM jako pomocník i podpůrný nástroj

V minulosti byly podniknuty kroky k propojení stavebních informací a výrobních dat pro stavebnictví se systémy ERP. Tyto snahy byly založeny především na výstupech CAD pro dokumentaci s přidanými daty/atributy do 2D dokumentů. Podíl cenných informací – obsahu, který lze snadno zpřístupnit z 2D CAD do ERP, je nízký. V důsledku toho není použití 2D CAD nejvhodnější pro propojení s informačně orientovaným přístupem, který je nutný pro vytvoření jasně definované struktury výrobku. Byl proveden výzkum, jak lépe zvládnout integraci informací o výrobku do procesu výstavby (Technia PLM Newsletter, 2014). BIM takovou integraci poskytuje a jeho začlenění do plánovacích a stavebních procesů se zdá být příslibem většího propojení s ERP (Cutting-Decelle et al, 1997). Je to již téměř 20 let, co se BIM stal oficiálně přijatou zkratkou napříč stavebním průmyslem, která představuje širší přístup k objektovému virtuálnímu modelování a modelům stavebních výrobků, jež mají zahrnovat celý životní cyklus stavby. Do té doby (v roce 2003) se varianty BIM tak či onak uplatňovaly v celém stavebnictví po celém světě po dobu 2-3 desetiletí. V dnešní době se přijetí metod BIM pro navrhování a realizaci projektů výrazně zvýšilo (SmartMarket Report, 2014). Zpočátku byly architektonické a inženýrské firmy prvními, které přijaly BIM, aby posílily své interní (osamocené BIM) metody navrhování/analýzy/dodávky. Konzultanti pracující s BIM mají ze své podstaty tendenci vytvářet "projektové záměry" BIM2 (nebo LOD 200/300), které slouží ke koordinaci návrhu, aniž by nutně zahrnovaly popis detailního objektu, který má být instalován na stavbě. Tento přístup byl v posledních několika letech doplněn tvorbou "stavebního BIM" (LOD 400), protože se již objevují dodavatelé přijímající BIM pro podrobnou koordinaci a výkaz výměr během výstavby a montáže. Aby bylo dosaženo požadované úrovně podrobnosti, spolupracují dodavatelé se subdodavateli a dodavateli, kteří poskytují koordinovaný BIM, jenž zohledňuje skutečnou výrobu pro podrobnou montáž a vytěžení kusovníků skutečných součástí zařízení. Začleněním koordinovaných objektových dat od subdodavatelů a dodavatelů do jejich dodavatelského procesu se stavebnictví nebývalým způsobem posouvá směrem k systémové integraci a automatizaci procesů. Propojení výstupních dat BIM s výrobním zařízením buď přímo, nebo prostřednictvím rozhraní CAD/CAM se stává stále běžnějším v řadě oborů stavebnictví. Prefabrikace a montáž mimo staveniště je celosvětově na vzestupu.

Využití BIM se rozšiřuje s postupným sbližováním informačních systémů, které logicky navazují na prostředí s velkým množstvím dat, jež nabízí. V zájmu dosažení datové integrity se stavebnictví stále více spoléhá na standardizované formáty pro strukturování dat objektů BIM prostřednictvím integrovaných stavebních informačních systémů (ICIS) (Shilovitsky, 2014). Na jedné straně spektra se BIM stále více propojuje s geoprostorovými daty a integrací GIS pro informační modelování města. BIM nyní hraje důležitou roli jako odrazový můstek pro propojení geometrických informací a prostorových dat z úrovně budovy do měřítka "okrsku" a nakonec do zastřešujícího geoprostorového kontextu (GIS). Na druhém konci spektra se metody BIM uplatňují při výrobě a detailní montáži stavebních dílů. Na této úrovni komponent se stavebnictví (konečně) vyrovnává s významem správy vysoce podrobných virtuálních reprezentací postavených objektů. Stále více objektů BIM je k dispozici prostřednictvím knihoven a webových stránek výrobců/prodejců. Ruku v ruce s tímto vývojem zahrnuje BIM stále větší počet zainteresovaných

stran v celém životním cyklu stavby (sociální BIM) - v souladu s původními ideály jeho zastánců (Eastman, 1999).

2.2 Kritéria pro další rozvoj BIM

V rámci návrhu standardizace BIM dat vhodných do prostředí českého stavebnictví tak vznikla celá řada doporučení, která vycházejí zejména z následujícího do 11 bodů rozděleného popisu současné problematiky (Švamberková ed., 2021):

I. Klasifikace dat: elektronická, digitální, strojově čitelná

Přechod na digitalizaci s sebou přináší významný posun ve správě a zpracování dat. Zejména v počáteční fázi přechodu od manuální správy stavebních dat k digitalizaci bude nutné zdůraznit proměnu formální struktury dat a její dopad na následnou práci s těmito daty. Zejména ve stavebnictví se jedná o výrazný posun od klasických souborů a archivů přes kartotéky a adresáře ke strukturovaným databázím. Tato změna se postupně dotkne všech fází životního cyklu stavby, a tedy i všech typů stavební dokumentace. Avšak právě proto, že se neprojevuje ve všech fázích životního cyklu stavby od samého počátku, je nutné se plně soustředit na principy digitální transformace a zajistit převedení všech důsledků do praxe, včetně kompletní změny manažerských paradigmat.

II. Úloha BIM v digitálním vystavěném prostředí

Digitalizace stavebnictví nestojí v procesu digitalizace osamoceně. Proto i digitální vystavěné prostředí je třeba vnímat nikoli jako řadu jednotlivých 3D modelů, ale jako celek sestavený z různých digitálních systémů, které jsou účelně propojeny a komunikují spolu. Důraz je kladen nejen na využití digitálních nástrojů ve stavebních procesech, ale zejména na procesy práce v digitálním prostoru v průběhu celého životního cyklu stavby. Důležitým poznatkem je kromě povědomí o dalších digitálních systémech (CAFM, CIM, GIS, IoT), také využití komplexních digitálních dat pro správu informací mimo vlastní stavbu (MIS, FIS, ERP, ad.).

III. Kvalita dat v BIM, včetně účelů využití pro jednotlivé fáze výstavby

Kvalita dat obsažených v informačním modelu vychází především z datových zpoždění definovaných zákazníkem – uživatelem. V závislosti na účelech použití dat, které se vyvíjejí v jednotlivých fázích životního cyklu stavby, definuje investor pomocí datového standardu obsah a rozsah dat relevantních pro jednotlivá použití v souladu s účelem stavby. V průběhu realizace stavby je povinností dodavatele stavby zajistit data v souladu s těmito smluvně dohodnutými požadavky. Je v zájmu objednatele, aby jeho požadavky na data nebyly přehnané, ale naopak vedly k vytvoření takového informačního modelu, který přinese vysokou přidanou hodnotu zejména pro fázi užívání stavby.

IV. Datový standard staveb

Datový standard staveb (DSS) chápeme jako hlavní nástroj pro efektivní sdílení dat mezi investorem a dodavatelem (obecně mezi všemi účastníky výstavbového procesu) v rámci

projektových týmů. Základním předpokladem efektivní spolupráce je možnost sdílet strojově zpracovaná data, tj. data, která mají předem danou strukturu a jsou zpracována podle stanovených algoritmů. Efektivita je zajištěna opakovatelností. Pro informační model stavby je základním principem DSS šablona objektových dat, která se přizpůsobuje potřebám zadání: uživatel nastavuje šablonu podle role, podle milníku v životním cyklu stavby, podle účelu použití a klasifikace dat.

V. Klasifikační systém

Díky klasifikačnímu systému je jak funkční, tak technická kategorizace stavebních jednotek, stavebních prostor a stavebních prvků prováděna konzistentním způsobem na základě hierarchického uspořádání. Klasifikované informace o stavbě patří mezi negrafické informace, které se vztahují k projektu. Klasifikační systém je průlomovým nástrojem pro získávání, ukládání a sdílení informací o stavbě, neboť umožňuje efektivně komunikovat informace, chápat stejné věci stejným způsobem a zabránit ztrátě dat při přechodu mezi rolemi, softwarovými nástroji nebo mezi fázemi životního cyklu stavby. Cíleným výsledkem je zabránit ztrátě stavebních informací při plynulém přenosu dat mezi různými fázemi, uživateli a také softwarem.

VI. Grafické a negrafické informace, úroveň podrobnosti informačního modelu

BIM je proces vytváření a správy dat o budově v průběhu jejího celého životního cyklu. Grafické a negrafické informace jsou nedílnou součástí informačního modelu stavby, který představuje nejen fyzický a funkční objekt, ale také jeho vlastnosti. V závislosti na fázi životního cyklu stavby pracujeme s více či méně podrobnými informacemi. Propojení dalších systémů synchronizačním modelem umožní nejen vyhodnocovat případné změny projektu ve všech jeho fázích, ale poskytne i účinný nástroj pro investiční rozhodování a pro rozhodování během provozu budovy.

VII. Efektivní komunikace

Nejen transparentní sdílení informací o stavbě, ale také efektivní komunikace je jednou ze základních dovedností, které přicházejí s procesem digitalizace. V kontextu všech odborných technických znalostí a dovedností je nutné tyto znalosti a dovednosti využívat v týmové práci a posilovat tak celkovou efektivitu týmu. Potřebu efektivní komunikace si lze snáze představit při práci s mezinárodními virtuálními týmy, kde je naprosto nezbytná otevřená komunikace, používání jednotné terminologie, jednoznačných vyjádření a přesných údajů.

VIII. Tvorba digitálních dvojčat

Digitální dvojče stavby jako její virtuální kopie nejen z vizuálního hlediska, ale i z hlediska vybraných vlastností objektů a procesů, které mezi nimi probíhají, je výsledkem jedné fáze procesu BIM. Je třeba se zaměřit na význam digitálního dvojčete a způsob jeho vytváření a vývoje, na to, jak rozlišovat typy digitálních dvojčat a jejich využití v různých fázích životního cyklu stavby, a také na výhody a nevýhody práce s digitálními dvojčaty.

IX. Společné datové prostředí (CDE)

Společné datové prostředí poskytuje vhodné nástroje pro práci se strukturovanými informacemi nad rámec 3D modelu a zároveň digitalizuje řadu procesů známých ze systémů správy dokumentů. Důležité je nejen správné nastavení komunikačních toků a dalších pracovních procesů ve společném datovém prostředí, ale také správná archivace a zabezpečení dat mimo něj.

X. BIM a řízení kvality

Jednou z nesporných výhod digitalizace dat a procesů je možnost systematického a automatického řízení kvality ve všech fázích životního cyklu stavby. Práce se strukturovanými daty umožňuje nastavit podrobná kritéria, kontrolní procesy a metody a zajistit tak celkovou kvalitu dodaného díla i celého díla. Investor má zájem na tom, aby dostal včas a za dohodnutou cenu to, co si objednal, dodavatel má zájem na tom, aby jeho práce byla co nejefektivnější a aby díky této efektivitě maximalizoval svůj zisk, všichni mají zájem na tom, aby při práci na díle byly dodrženy zásady kvality a bezpečnosti a ochrany zdraví při práci na stavbě a při jejím užívání, a to i při práci s daty, a aby byla zajištěna archivace tak, aby data byla plně využitelná po celou dobu životnosti stavby

XI. Drony a 3D skenery při práci s metodou BIM

V současné době vidíme potenciál 3D skenování v historických budovách, kde je použití klasických měřicích metod pro stavební úpravy příliš složité kvůli nepravidelnosti úhlů, různým výškovým úrovním a tloušťkám stěn. Existuje také řada budov, u kterých se předpokládá dlouhá životnost, ale dosud nebyly zpracovány v BIM. Proto se vyplatí získat kvalitní 3D data pro správu objektů, která umožní skenování prostřednictvím efektivního, přesného a rychlého zaměření stávajícího objektu

2.3 Řízení informací v průběhu životního cyklu stavby

Strukturovaný přístup k informacím je základním principem metody BIM, díky níž se správa informací stává nedílnou součástí řízení stavebního procesu. Jeho správné fungování proto významně ovlivňuje efektivitu všech procesů jak při plánování a realizaci, tak při provozu stavby. Důležitým poznatkem je proto vnímání všech materiálů o stavbě jako informací uloženou v datovém modelu. Dále je to schopnost vnímat informace strukturovaně, v rámci informačních toků a procesů vedoucích k požadovaným informačním strukturám. Významná je také znalost digitálních nástrojů, které se používají v manažerských procesech.

2.3.1 Porozumění informacím

Při zkoumání znalostních systémů můžeme dojít k závěru, že objekty jsou "dokumenty", pokud splňují následující čtyři kritéria (Buckland, 2012):

- materialita (je zde jejich fyzická přítomnost spolu s digitální podobou),

- záměrnost (mají svůj význam),
- vývoj (prošly procesem tvorby),
- vnímání (jsou popsány jako dokument).

Tato definice je nesmírně široká a její smysl spočívá v tom, že dokumentem může být cokoli, pokud se někdo rozhodne to za něj považovat. Dokumenty jsou k dispozici buď v digitální, nebo nedigitální podobě; je totiž možné, aby vedle sebe existovaly oba dokumenty (např. skutečná zeď a její digitální reprezentace). Úplné verze dokumentů lze do informačních (vyhledávacích) systémů vkládat pouze tehdy, jsou-li k dispozici v digitální podobě.

Skutečnost, že na syntaktické úrovni digitálních dokumentů dokážeme rozlišovat mezi strukturou a daty, znamená alespoň teoreticky, že jsme vždy schopni automaticky extrahovat data obsažená v dokumentu a uložit je nebo propojit jako jednotlivé věcné dokumenty. "V zásadě lze jakékoliv množství dat nesoucí informaci chápat jako dokument," jak píše Voss (2009). Aby byly všechny dokumenty – textové, datové, grafické či jakékoli jiné – účelně přístupné (lidem i strojům), musí být jasně označeny. "Toho se dosahuje pomocí jednotných identifikátorů zdrojů (URI) nebo identifikátorů digitálních objektů (DOI)". (Linde a Stock, 2011). Za těchto podmínek je logické, že soubory faktografických znalostí, které se vzájemně doplňují, by měly být spojeny, i když pocházejí z různých dokumentů nebo z různých systémů. To je základní myšlenka "propojených dat", tzv. Linked Data (Bizer et al, 2009).

V případech automatické extrakce faktů v kontextu Linked Data ustupuje původní dokument do pozadí ve prospěch přijatých dat a jejich faktografických dokumentů. Je třeba poznamenat, že data musí být definována společně dohodnutým způsobem (s pomocí standardů, jako je RDF, Resource Description Framework). Kromě toho bezpodmínečně potřebujeme systém organizace znalostí (KOS), který obsahuje potřebné termíny a uvádí je do vzájemného vztahu.

Kromě vytěžených nebo získaných faktů existují datové soubory, které pokrývají určité tematické oblasti, např. ekonomické údaje, geografické údaje, výrobní údaje, databáze výrobků, národní knihovny objektů, údaje v reálném čase atd.

Objevují se i argumenty, že nové technologie obecně, což platí zejména pro BIM, jsou příležitostí ke změně pracovní rutiny. Na druhou stranu nedávný výzkum (Lojda et al., 2020) ukazuje, že úspěšné přijetí BIM závisí na tom, zda tým dokáže přizpůsobit nové technologie stávajícím pracovním postupům. Boj o moc a organizační změny nastávají, když jednotlivci, týmy a organizace postupně procházejí změnami rizik spojených se standardními postupy, zájmy duševního vlastnictví, finančními riziky spojenými s kapitálovými investicemi do hardwaru i softwaru a také investicemi potřebnými k vyškolení a udržení technologicky vyspělých zaměstnanců. Co je tedy třeba považovat za primární, pokud organizace začne zavádět BIM? Jsou netechnické (sociální) faktory rozhodující více než technické, nebo naopak? A mezi těmi, s nimiž se budou potýkat všechny organizace, které jsou nejkritičtější? – Tomu bude věnována kapitola 2.6.

Informační modelování budov začíná být vnímáno jako koncept "pokrývající všechny fáze životního cyklu stavby". Zásadním nedostatkem tohoto pohledu je skutečnost, že BIM ve skutečnosti není všemi zúčastněnými stranami vnímán totožným způsobem a neexistuje jednotný slovník, ať už v podobě strukturovaného lexikonu, nebo v čistě sémantickém chápání mnoha používaných názvů a pojmů. Na základě výsledků výzkumu se ukázalo, že klíčovou součástí úspěchu BIM je jeho zaměření na správu informací o stavbách. V důsledku toho se snaží navrhnout systém řízení znalostí v průběhu celého životního cyklu budovy i při řízení znalostí prostřednictvím dílčích projektů. Podstatnou součástí rámce BIM byla identifikována potřeba vizualizace znalostí a informací. Na základě dalších rešerší v literatuře jsou navrženy způsoby identifikace znalostí, a to odvozením znalostí z informací od expertů pomocí sdílených modelů. Toto odvozování je přímo řízeno ontologickou identifikací a byly navrženy modely znalostí založené na taxonomii. To vede k návrhu inteligentního prostředí pro týmovou spolupráci na projektech nebo programech, které pravděpodobně vyžadují vhodnou kombinaci různých technologických nástrojů. Více k této problematice uvádí kapitola 2.4 a kapitola 5.

Inteligentní prostředí pro týmovou spolupráci na projektech nebo programech bude pravděpodobně vyžadovat vhodnou kombinaci různých technologických nástrojů, z nichž některé byly nastíněny Kusým (2013). Na druhou stranu bude také záviset na sdílené kultuře spolupráce a sdílení znalostí, bez níž zůstanou všechny technologické nástroje nevyužity. V případě současného stavu vývoje inteligentních agentů přináší Vytlačil (2018) třetí rozměr systému projektových znalostí, kterým je zejména rychlé a efektivní vyhledávání souvislostí nejen v rámci vlastních znalostí projektu, ale dokáže také kombinovat "best practices" s případnými správnými postupy.

2.3.2 Řízení informací v průběhu projektování, výstavby i údržby

Současné stavebnictví a veškerá investiční výstavba se nachází uprostřed éry digitalizace stavebních procesů a staveb, včetně návaznosti na ty objekty a procesy, které již byly digitalizovány v jiných oblastech nebo, které budou digitalizovány v budoucnu, a návaznosti na digitální stavební prostředí. Vytvoření digitálních dvojčat ve stavebnictví je také velkou výzvou pro nadcházející roky. Pokud se však budeme zabývat digitalizací stavebnictví, nemůže jít jen o "*přenos existujících projektů, procesů a výpočtů*" do digitálního světa (Prušková a Kaiser, 2019).

Digitální transformace je proces změny tradičních pracovních postupů a nástrojů na digitální technologie. Klíčovým aspektem pro úspěšnou digitální transformaci je digitální gramotnost. Ve studijních oborech zaměřených na stavebnictví je proto třeba klást dostatečný důraz na digitalizaci, moderní technologie a jejich využití v praxi.

Analogicky ke změnám, které proběhly v jiných průmyslových odvětvích, finančních systémech a dalších sektorech pouhá digitalizace nepovede ke zlepšení, vyšší efektivitě řízení informací ve stavebních systémech, ale naopak pouze rychleji přejde ke stávajícím problémům automatizací špatných návyků ze stávajících procesů. Investice do jejich digitalizace navíc prodraží jejich případné budoucí změny.

Organizace stavebního projektu metodou BIM předpokládá integraci pokročilých technologií v průběhu celého životního cyklu stavby. Digitalizace stavebních procesů navíc umožní jasně definovat cíle a stanovit jasná kritéria pro jejich splnění, kontrolu a dodržování. Napříč projektem jasně stanoví hranice odpovědností, což umožní spolupráci v duchu koordinovaného úsilí a okamžitého řízení rizik.

2.3.3 Řízení informací a znalostí v rámci modelu BIM

Předpokladem pro určení vhodného nositele znalostí je pochopení "kompetencí" jednotlivých pracovníků a týmů (Tversky a Hemenway, 1984). Kompetencí se nejčastěji rozumí předpoklady nebo schopnost vykonávat určitou činnost nebo profesi. Kompetence tedy znamená schopnost zvládnout určitou práci, umět ji vykonávat, být kvalifikovaný v příslušné oblasti, mít potřebné dovednosti (Blažek, 2010). Toto pojetí zdůrazňuje vnitřní kvalitu člověka, která je výsledkem vývoje, víceméně nezávislého na vnějším světě, která nám umožňuje podávat určitý žádoucí, standardní výkon. jde tedy o soubor požadovaných vlastností, zkušeností, znalostí, schopností, dovedností, motivací, postojů a osobnostních charakteristik pro danou činnost či pozici (Lojda, 2011). Je tedy rozšířenější než pojem kvalifikace, který je v tomto kontextu podmnožinou kompetence a zaměřuje se na formální certifikaci dosažených výsledků učení, například v podobě dosažených certifikátů apod. Kompetence zahrnuje i další osobnostní charakteristiky člověka, a proto se lze v rámci této definice zaměřit na způsoby práce se znalostmi získanými jak z učení, tak z praktické realizace procesů a pracovních postupů, stejně jako na způsoby jejich uchovávání, předávání a rozvíjení.

Důležité je rovněž zabývat se využitím pojmu kompetence při tvorbě znalostních modelů. Pro organizace a týmy jsou požadavky na kompetence zaměstnanců jednou ze základních potřeb – každá pracovní pozice (každý znalostní pracovník) má určité kompetenční a kvalifikační požadavky (Řezáč, 2007). Proto je nutné zaměřit se na celý soubor charakteristik, jako je kvalifikace, rozsah zkušeností, znalosti, schopnosti, dovednosti, postoje a osobnostní charakteristiky.

2.3.4 Řízení životního cyklu stavby

Vhodným názvem pro dlouhodobou vizi rozvoje BIM spojením doménových technologií, procesů a standardů je „řízení životního cyklu stavby“. Tento termín je dostatečně obecný a potenciálně srozumitelný, rozhodně více než např. termín "nD modelování". Nazveme-li jej "Building Lifecycle Management", pak cílem implementace všech složek BIM není vyloučit další cíle, které se v posledních dvou desetiletích objevují pod různými názvy. Naopak, BIM postupně prochází 3 úrovněmi (Prušková, 2017), a to od pre-BIM úrovně 0 (jako pevného bodu pro začátek) až po fuzzy BIM definovanou úroveň Building Management Lifecycle, čímž lze zahrnout všechny existující vize BIM do jedné.

Integrovaná realizace projektu (IPD) je přístup k realizaci projektu, který integruje lidi, systémy, obchodní struktury a pracovní postupy do procesu, který spojuje zkušenosti a dovednosti všech účastníků s cílem optimalizovat výstupy projektu, zvýšit hodnotu pro vlastníka,

snížit plýtvání a maximalizovat výkon. To vše probíhá ve všech fázích: projektování, výroba stavebních prvků a výstavba. Principy IPD lze aplikovat i na smluvní vztahy a týmy IPD mohou zahrnovat členy mimo hranice klasických účastníků, tj. vlastníka, architekta a dodavatele. Ve všech případech se integrované projekty vyznačují „efektivní spoluprací mezi vlastníkem, hlavním projektantem a hlavním dodavatelem, a to od samého počátku investičního záměru až po dokončení stavby a její kolaudaci " (Vytlačil, 2018).

2.4 Koncept otevřených dat

Koncept "otevřených dat" se v poslední době stal velmi důležitým v celé řadě oborů (Drummond a Shearer, 2006). Většina dat (a zejména v investiční výstavbě) je však stále publikována v chráněných, uzavřených formátech a není dostupná širšímu publiku, často ani v rámci jednoho projektu či firmy. Zásadní význam spočívá v harmonizaci jazykových zdrojů pomocí dobře definovaných sémantických modelů a formátů, jako jsou Linked Data nebo LingNet.

2.4.1 Předpoklad otevřeného / uzavřeného světa (OWA / CWA)

Otevřený svět je kontext, v němž "každý může říct cokoli o čemkoli", a je často spojován s internetem potažmo i s webem (OWA - Open world assumption). "Uzavřený svět" je kontext organizace nebo softwarové aplikace, kde existuje jedna autorita, která data spravuje (CWA - Closed World Assumption) - Sequeda (2012). Technicky vzato to znamená, že u OWA zůstávají neznámá data a jsou označena jako neznámá (avšak někde ve velkém otevřeném světě mohou být známá), zatímco u CWA se předpokládá, že neznámá data jsou nepravdivá ("pokud most není v databázi, neexistuje"). To, který předpoklad se použije, má zásadní vliv na interpretaci dat, zejména pro jejich ověřování a odvozování. V kontextu scénářů výměny/sdílení dat, které jsou relevantní pro tuto normu, je první potřebou obvykle interpretace CWA.

V OWA může existovat více entit, které mají vlastní jedinečné jméno, avšak odkazují na stejný objekt reálného světa. Tyto entity mohou být propojeny prostřednictvím takzvaných "same-as" odkazů. V CWA máme předpoklad jedinečného jména (Unique Name Assumption, UNA), který činí takové vazby (same-as) irelevantními. Uzavřené světy jsou spojeny s různými pohledy na organizace (jako jsou různé pohledy na fáze životního cyklu) a také s různými pohledy v rámci jedné organizace (jako jsou různé zapojené obory). Přinejmenším v rámci jedné organizace je však možné rozhodnout o uložení osob pouze jednou a o jejich opětovném použití tam, kde je to možné. Mezi organizacemi je to mnohem obtížnější, pokud není např. kolektivně rozhodnuto o společném celoodvětvovém nebo dokonce národním souboru referenčních/registračních údajů.

2.4.2 Principy propojených dat (Linked data)

Jako zásadní řešení navrhl Tim Berners-Lee (zakladatel World Wide Webu) tzv. principy propojených dat, které mají sloužit k publikování otevřených dat na webu. Tyto zásady představují pravidla "Best Practices", která by se měla používat při publikování dat na webu (Bizer et al., 2009). V případě, že se data zveřejňují na webu, je třeba je používat v souladu s těmito zásadami:

1. Používejte URI jako (jedinečné) názvy pro každou věc.
2. Používejte URI HTTP tak, aby tyto názvy mohl kdokoli najít.
3. Pokud někdo hledá URI, poskytněte mu potřebné informace pomocí webových standardů, jako jsou RDF a SPARQL.
4. Vkládejte odkazy na další URI, abyste našli další podobné položky.

Můžeme konstatovat, že aplikace principů Linked Data na zdroje, jako jsou lexikony, knihovny a ontologie, má řadu výhod a představuje efektivní způsob, jak tyto zdroje publikovat jako Open Data (Harth et al., 2014):

- První zásadou je, že každému prvku jakéhokoli zdroje, každé položce lexikonu, každému prvku v knihovně komponent BIM, každé samostatné části prvku v knihovně komponent BIM, každému prvku v projektu BIM nD, prvkům TZB a dalším, ale i časovým prvkům, cenovým prvkům atd. přiřadíme URI (jedinečný identifikátor). Výhodou je, že každá položka vytvoří jedinečný a globálně identifikovatelný styl.
- Druhý princip znamená, že každý agent, který chce získat informace o daném zdroji, může kontaktovat příslušný webový server a získat tyto informace pomocí "důvěryhodného" protokolu (HTTP), který podporuje i další "pohledy" na stejnou položku. Je to proto, že počítačové agenti mohou vyžadovat formát dat, který je digitálně čitelný, zatímco webový prohlížeč může vyžadovat „čitelnost“ pro další vyhledávání, aby tyto informace zobrazil jako HTML.
- Třetí princip vyžaduje použití standardizovaných, a tedy interoperabilních modelů reprezentace dat (RDF) a dotazování na propojená data (SPARQL).
- Čtvrtý princip se týká vytvoření sítě zdrojů a prvků, kde jsou ekvivalentní významy propojeny prostřednictvím různých sémantických zdrojů (knihoven, ontologií, lexikonů), anotace jsou propojeny s odpovídajícími kategoriemi dat v úložištích datových kategorií.

Tato definice propojených dat (Harth et al., 2014) věnuje zvláštní pozornost RDF (Resource Description Framework). RDF byl původně vyvinut jako jazyk pro poskytování metadat o zdrojích dostupných offline i on-line (např. tištěné projekty a dokumentace). RDF poskytuje datový model, který je založen na označených orientovaných (multi-) grafech, které lze serializovat v různých formátech, kde jsou uzly identifikované pomocí URI označovány jako "zdroje". Zdroje se označují jako strukturované datové soubory, které lze reprezentovat například v RDF:

Na tomto základě RDF reprezentuje informace v trojicích, jak uvádí Kaiser (2020):

1. Vlastnost (relace, vestavěné teoretické podmínky, označené okrajové podmínky).
3. Subjekt (zdroj / prvek / entita, označený uzel).
3. Objekt (jiný zdroj, něco reálného, např. schody).

Každá položka RDF a každá vlastnost je jednoznačně identifikována pomocí URI. Stávají se tak globálně nezaměnitelnými ve vyšší ontologii, a to i přes webový přístup k datům odkudkoli.

Tyto položky se mohou, ať už se nacházejí v jakémkoli datovém úložišti, vzájemně propojovat a vytvářet síť datových souborů.

Specifikace RDF poskytuje (Harth et. al., 2014) pouze elementární datové struktury, přičemž jednotlivé domény konkrétních "knihoven" a "slovníků" musí být definovány individuálně a nezávisle. Zejména z důvodů interoperability by se stávající "knihovny" a "slovníky" měly, pokud možno znovu používat. Pokud však nový typ položky bude vyžadovat definici nových sad vlastností, RDF poskytne také prostředky pro zavedení nových vztahů.

RDF lze použít pro řadu dalších účelů nad rámec původního záměru, pro který byl vytvořen. Například se vyvinul v obecný formát pro výměnu dat na webu. Byl snadno přizpůsoben tak různorodým oborům, jako je biomedicína nebo bibliografie, a nakonec se stal jedním ze základních kamenů sémantického webu a ontologie. RDF je rozšířen v nejrozličnějších oborech, je udržován a rozvíjen rozsáhlou a aktivní komunitou uživatelů a vývojářů a nyní má bohatou infrastrukturu API, nástrojů, databází a dotazovacích jazyků. Kromě toho slovníky RDF nejen definují názvy pro použití v reprezentaci dat RDF, ale mohou také poskytovat další omezení pro formalizaci specifických dílčích jazyků RDF. Např. Kaiser (2020) uvádí: jazyk OWL - Web Ontology Language definuje datové typy nezbytné pro reprezentaci ontologií jako rozšíření RDF, tj. třídy - classes (concepts), instances (individua) a vlastnosti (relations - vztahy).

Z popisu problému vyplývá, že primárním účelem BIM je vytvořit dostatečně úplný soubor informací o výrobku, který je formalizovaný (a tedy počítačově zpracovaný), konzistentní, jednoznačný a bez redundance. To by mělo pomoci překonat dnešní problémy způsobené nekonzistentními informacemi (o stavbě), kdy jak odborníci různých profesí, tak informační systémy mohou informace interpretovat odlišně. Odhaduje se (Underwood et al., 2010), že zpoždění ve stavebním procesu je často způsobeno současným stavem nekonzistentních a nejednoznačných informací. Což znamená, že je nutné využívat (a platit) větší množství procesů kontroly kvality, aby se těmto chybám předešlo. BIM by navíc mohl pomoci s (polo)automatizovaným prováděním některých procesů. Ve skutečnosti se 3D digitální modely dnes běžně používají například ve strojírenství pro numericky řízenou výrobu. Otevřená je také cesta k 3D tisku některých komponent (tj. objektů v 3D modelování v Revitu nebo ArchiCADu) nebo celé konstrukce na 3D tiskárnách.

Dalším teoretickým východiskem je, že filozofie BIM má důvěru v otevřené systémy a otevřené standardy. Uzavřené systémy mohou být velmi efektivní, ale z dlouhodobého hlediska vedou k přílišné závislosti na dodavateli a používání zastaralých systémů, které se obtížně modernizují.

Používání konceptuálních modelů je pro rozvoj otevřených systémů a standardů velmi náročné. V konceptuálním modelu klademe důraz na to, jaké informace a znalosti by měl systém nebo standard obsahovat, a ne na to, jak implementovat informační strukturu.

2.5 Řízení znalostí

Uplatňování metody BIM ve stavebních společnostech naráží na celou řadu bariér (viz. kap. 2.6) a jejich překonávání spočívá především v porozumění tomu, že se podniky budou muset orientovat na „znalostní organizaci“ a na to, jak se naučit vzdělávat se v oblastech, které přinášejí nové výzvy, nové technologie atd. Tomu, jak jsou v tomto ohledu podniky již dnes připraveny byl věnován výzkum popsáný v kap.4 u konkrétního stavebního podniku. Bude však jistě vhodné projít i základy řízení znalostí.

Řízení znalostí (Knowledge management, KM) je v posledních letech oblíbeným předmětem výzkumu. Znalosti jsou mnohými považovány za strategicky nejdůležitější zdroj každé společnosti. Nicméně roztříštěná, projektová a úkolově orientovaná povaha stavebních prací ztěžuje implementaci KM (Arayici et al., 2011; Forcada et al., 2013; Reginold, 2011). Řízení znalostí je v současné době ve špatném stavu. "Kodifikované znalosti v typické firmě existují v rámci jednotlivých skupin (oborů, profesí, funkcí) a jen zřídka jsou sdíleny s těmi, kteří působí v jiných oblastech nebo s partnery v předchozích či následných fázích výroby ve jménu konkurenční výhody" (Owen et al., 2010, s. 238).

Řízení znalostí není obecně pojímáno jako přímo související s BIM. Lze předpokládat, že systémy řízení znalostí jsou dalším odvětvím vývoje ve stavebnictví. Bylo však zjištěno, že hlavní proud literatury o zavádění BIM výslovně nebo implicitně zdůrazňuje význam KM. Potřeba vyplývá především z toho, že BIM netoleruje chybné nebo chybějící informace. To vyžaduje, aby účastníci projektu poskytovali včasné a přesné informace – což je scénář, který je snadno vnímán jako nereálný. Správně nastavený systém KM jej však dokáže uskutečnit.

Pro uplatnění řízení znalostí v prostředí BIM navrhl Succar (2009) zapojit jednotlivé kompetence, jako nositele znalostí, a podpořit tak problematiku řízení znalostí. Kompetence jednotlivce nelze vždy označit pomocí binárních propozic (tj. kompetentní/nekompetentní), ale lze je lépe popsat jako kontinuum oddělující dva póly: jeden představuje nekompetenci, tj. nedostatek relevantních schopností, a druhý kompetenci, tj. dostatek relevantních schopností. Mezi těmito dvěma póly se nachází několik stupňů způsobilosti, které lze použít pro účely měření a porovnávání. Individuální index kompetencí (Individual Competency Index, ICI) je tak zjednodušenou verzí výkonnostního modelu vyvinutého Bennerem, (1984) a zahrnuje pět různých úrovní (tab. 1).

Úroveň:	Základní	Střední	Pokročilá	Expert
0	1	2	3	4
ZNALOST	Základní úroveň	Středně pokročilá úroveň	Pokročilá úroveň	Expert

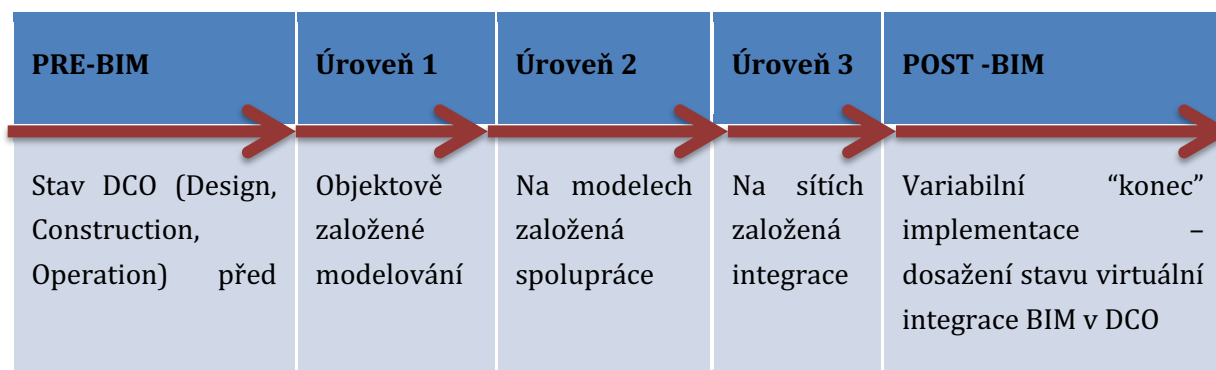
(konceptuální znalost)				
DOVEDNOST (aplikovaná znalost)	Základní praktické dovednosti	Solidní	Pokročilé zkušenosti z více projektů	Opakované, násobné zkušenosti

Tabulka 1 Index rozdělení individuálních kompetencí (Benner, 1984)

- Úroveň 0 (žádná) označuje nedostatečnou kompetenci v určité oblasti nebo tématu,
- úroveň 1 (základní) označuje pochopení základů a určité počáteční praktické využití,
- úroveň 2 (středně pokročilá) označuje pevné koncepční pochopení a určité praktické využití,
- úroveň 3 (pokročilá) označuje významné koncepční znalosti a praktické zkušenosti s výkonem kompetence na trvale vysoké úrovni a
- úroveň 4 (expertní) označuje rozsáhlé znalosti, vytříbené dovednosti a dlouhodobé zkušenosti s výkonem definované kompetence na nejvyšší úrovni.

ICI měří jak znalost (konceptuální znalost), tak dovednost (procedurální znalost), které jedinci potřebují pro vykonávání definované činnosti nebo k dodání měřitelného výstupu. Jako měřítko kompetence ICI pomáhá stanovit důležitost kompetence, příslušnou pro určitou práci, úroveň profesionality pro každou kompetenci a úroveň kompetence pro pracovníka (Mirabile, 1997). Index také identifikuje dvě zásadní rozlišení kompetencí: *rozlišení v oblasti učení se* – které odděluje úroveň 0 od úrovně 1 a *rozdělení v oblasti času/opakovatelnosti* – které odděluje úroveň 3 od úrovně 4.

Určitou nevýhodou je, že ICI jako měřítko lze použít pouze na měření jednotlivců, sice pak následně formou agregovaných schopností i na skupinu jednotlivců, nicméně potřebujeme si určit další indikátory pro stanovení kompetencí různých organizačních jednotek. Tomu mohou vyhovovat např. známé BIM úrovně podle Bew-Richards (tab. 2) nebo index BIM vyspělosti (tab. 3), což jsou vzory komplementárních metrik, které mohou být použity ke změření vyspělosti organizace nebo týmů v BIM schopnostech i dalších nad-organizačních strukturách (Succar, 2010).



zavedením konceptu BIM				
---------------------------	--	--	--	--

Tabulka 2 Úrovně BIM vyspělosti dle Bew & Richards (2008)

Vyspělost organizace na úrovni: AD -HOC	Vyspělost organizace na úrovni: Definovaná struktura	Vyspělost organizace na úrovni: Řízená struktura znalostí	Vyspělost organizace na úrovni: Integrovaná struktura znalostí	Vyspělost organizace na úrovni: Optimalizovaná struktura znalostí
Práce se znalostmi na základě náhodných projektů	Základní definice znalostí, které budou použity	Řízený sběr znalostí, odvozování znalostí, základní použití taxonomie	Vyspělá integrace, užívání znalostí v celém spektru spolupracujících organizací	Vyladěná integrace řízení znalostí v celém životním cyklu stavby

Tabulka 3 Index BIM vyspělosti organizace, při dosažení BIM vyspělosti na úrovni 2 (Succar, 2010)

Vhodný systém nejenže shromažďuje znalosti, ale také umožňuje jejich průběžné vytváření (Malhotra, 2004; Owen, 2009). Je důležité, aby systém KM neselhal, protože jeho selhání by znamenalo i selhání celé implementace BIM. Znalostní management nevykazuje v českém stavebnictví silnou pozici (Nývlt, 2018) a je nepravděpodobné, že by si udržel dobrou pozici v jakémkoli nezralém odvětví BIM kvůli neochotě zúčastněných stran. To poukazuje na potřebu hlubšího posouzení vyspělosti KM v úzkém spektru. Primárním měřítkem by mělo být zjištění, jak dobře by se současný systém (ať už účelný, nebo ne) dal propojit s vhodným automatizovaným systémem. Jakákoli současná implementace systému by byla považována za přidanou hodnotu.

Dále je třeba definovat pojmy, neboť se často hovoří o "znalostní organizaci", ale také o "učící se organizaci". Někteří autoři oba pojmy rozlišují jiní je používají jako synonyma. Učící se organizaci se doporučuje chápat jako organizaci, v níž se uplatňují principy permanentního učení se všech jejích členů. Učení vytváří znalosti a "znalostní organizace" je organizace, která využívá znalosti k rozvoji a dosahování (dlouhodobých) cílů. Pouhé učení by však bez cílů nemělo smysl. Důležité tedy není přesné rozlišení pojmů, ale spíše jejich povaha (či užitečnost) - co mají organizaci přinést.

V literatuře lze nalézt samotné definice znalostní organizace, přičemž soulad mezi praxí a výše uvedenými definicemi je ověřován ve výzkumu (kapitola 4):

- "Organizace, kde lidé postupně zlepšují své schopnosti dosahovat požadovaných výsledků, kde se lidé neustále učí, jak se učit spolu s ostatními, kde lidé postupně objevují, jak se podílet na vytváření reality a jak ji měnit." V této souvislosti je třeba připomenout, že "znalostní organizace" je organizace, kde se lidé postupně učí, jak se učit spolu s ostatními (Senge, 2007)."
- "Organizace, která podporuje učení všech svých členů a která se postupně proměňuje učením" (Liebovitz, 1999).
- "Organizace, která záměrně využívá proces učení na úrovni jednotlivce, skupiny i systému jako celku k postupné přeměně organizace způsobem, který více uspokojuje zájmové skupiny" (Prusak, 2006).

Pokud chceme uplatnit principy organizace založené na znalostech, musíme dosáhnout tří základních prvků. Koncentrace by měla být vyvážená; žádný z těchto prvků nemůže fungovat sám o sobě. Hlavní význam se jeví konzistence mezi všemi z nich:

- Propojení lidí, kteří mají znalosti a jsou ochotni je sdílet – ptát se a naslouchat.
- Zavedení procesů umožňujících a usnadňujících sdílení informací a tvorbu znalostí.
- Zavedení (technologické) infrastruktury umožňující a usnadňující sdílení informací.

O tomtéž hovoří Petr (1989), který uvádí, že organizace je sociálně-technické prostředí, které je třeba při změnách rozpoznat a respektovat. Nejrozsáhlejší výzkum o tom, jak implementovat organizaci založenou na znalostech, provedl Senge (2007). V knize "Pátá disciplína" jich popsal několik, ale není zde uvedena žádná metodika, kterou by bylo možné použít. Proto se doporučuje popsat cíl (jakého dopadu na realitu má být zavedením znalostní organizace dosaženo), nastavit jej pro konkrétní organizaci správným způsobem a případně také s přihlédnutím k charakteristikám, které by měla znalostní organizace splňovat.

Obecně neexistuje žádný zaručený postup, žádný univerzální soubor nástrojů, který by pomohl vybudovat znalostní organizaci. Samotná aplikace je více než jen analytické nasazení jednotlivých nástrojů; spíše organické hledání toho, co by mohlo konkrétní organizaci zajistit fungování s ohledem na jedinečné podmínky, ve kterých se nachází.

Má-li být tvorba znalostí využita k lepšímu dosahování výsledků, neměla by být oddělena od ostatních činností organizace. Učení a práce jsou tedy jedno a totéž – učení je standardní součástí práce každého jednotlivce. To je nakonec tzv. princip akčního učení (Marquardt, 2011), k učení dochází pouze tehdy, pokud jste schopni znalosti aplikovat v praxi. Proto lze nástroje organizace založené na znalostech chápat jako soubor zajišťujících:

- učení před akcí – učení se od ostatních, někdo to udělal před vámi,
- učení se během akce – čas na přemýšlení,
- učení se po akci – učení se z toho, co jste udělali.

Tvorba znalostí není oddělitelná od lidí – protože znalosti vznikají v jejich hlavách, nikoliv v souborech nebo na počítačích. Ostatní nástroje se proto zaměřují především na lidi. Collison et al (2005) shrnuje význam nástrojů do jednoduché věty:

- "Jde o to, jak spojit lidi, kteří vědí, s těmi, kteří potřebují vědět":
 - o Jak najít ty správné lidi (jen kdybych věděl koho).
 - o Vytváření pracovních sítí a komunit.

Každá z výše uvedených kategorií obsahuje řadu nástrojů. Příkladem může být hodnocení po akci (After Action Review) (mimochodem vyvinuté americkou armádou) nebo metoda tzv. rotační asistence pro učení před akcí.

2.5.1 Úloha řízení znalostí v organizaci

Management znalostí představuje vytvoření a následné řízení speciální síťové struktury, která zahrnuje všechny existující znalostní jednotky. Tyto znalostní jednotky identifikují nositele znalostí, informací a dat a jsou zpravidla dvou základních typů.

- První kategorie nositelů znalostí zahrnuje všechny zaměstnance podniku. Znalosti uložené v hlavách zaměstnanců patří k nejcennějším. Tyto znalosti mají nejvyšší stupeň připravenosti, který je vůbec možný. Kromě toho, že je pro danou znalostní jednotku okamžitě k dispozici, platí také, že přenos znalostí na ostatní zaměstnance probíhá nejjednodušší cestou, a to mezilidskou komunikací.

- Do druhé kategorie patří všechny prvky integrovaného informačního systému podniku, které jsou nositeli dat. Tento informační systém by měl být co nejblíže fungování podniku, měl by být prakticky všudypřítomný a prosperovat s organizační strukturou podniku. Zde je v oblasti informačního systému hlavní výhodou celková kapacita ukládaných informací, která je podstatně vyšší než kapacita jednotlivých zaměstnanců. Navíc výměna dat mezi jednotlivými komponentami informačního systému (počítači) je pouhým technickým problémem (Beneš, 2009).

Znalost je (v počítačové terminologii) považována za nejvyšší formu organizace strukturovaných dat, je definována:

- Datovými prvky (nebo jejich zástupci).
- Vlastnostmi datových prvků.
- Relacemi mezi datovými prvky.
- Operacemi (akcemi) nad datovými prvky.

Metody reprezentace znalostí:

- Logické systémy.
- Produkční systémy (založené na pravidlech).
- Rámce.
- Sémantické sítě.

- Procedurální systémy a speciální programovací jazyky.

2.5.2 Řízení znalostí jako součást řízení BIM v rámci projektů a programů ve firmě

Firmy ve stavebnictví zjišťují, že jejich konkurenceschopnost stále více závisí na intelektuálních a znalostních schopnostech jejich zaměstnanců a managementu. Stále častěji se to týká společností, které se účastní například výběrových řízení na dodávku projektu, dodávku stavebního projektu v oblasti investiční výstavby. Mnohé z nich se doslova topí v přebytku informací, ale pocítují nedostatek znalostí. Pro udržení konkurenčního prostředí musí získávat vyvážený poměr znalostí jak z interních, tak z externích zdrojů. Dostupné technologie, jako je internetové připojení k externím zdrojům a možnosti dolování dat v interním informačním systému spojené s Business Intelligence, dnes poskytují dostatečnou informační infrastrukturu pro budování znalostí ve firmě. Řízení znalostí je dnes často vnímáno ve firmách jako přežitek, ale manažeři si často neuvědomují, že jde o mnohem složitější proces, než je generování rozsáhlých tabulek v Excelu pro komplexní reporting vrcholovému managementu a vlastníkům. Dobře organizovaný znalostní management dokáže vytvářet koncepty znalostí, revidovat je a konsolidovat, připravovat akční plány pro tvorbu, zajištění, kombinaci a koordinaci znalostí, stejně jako nastavit jasné způsoby jejich získávání ze znalostních bází v době potřeby i hladu po kvalitě.

Co dělá ze znalostního managementu disciplínu, která je nezbytnou součástí implementace BIM do stavební společnosti, pro mnoho firem tak těžko uchopitelnou?

Je možné identifikovat 5 překážek rozvoje znalostního managementu – odvozeno od Senge (2007):

- a) Společnost musí vytvořit podmínky pro vznik a rozvoj firemní kultury podporující sdílení znalostí a tyto podmínky udržovat a rozvíjet. Některé společnosti poskytují zaměstnancům bonusy (finanční nebo materiální) na podporu rozvoje firemní kultury sdílení znalostí, dokud se "znalostní kultura" nestane normou nebo přirozenou součástí. Jiné se rozhodly vyžadovat od zaměstnanců aktivní přispívání ke znalostní základně a její využívání s pravidelným sledováním těchto aktivit a zahrnutím ročních bonusů. Jak se však ukazuje, většina zaměstnanců si to stále nebere k srdci a raději si své znalosti nechává pro sebe, aby si udržela konkurenční výhodu v rámci firmy nebo mimo ni. A najdou se i tací, kteří odmítají využívat znalosti vytvořené jinými a samozřejmě se o ně odmítají dělit s ostatními.
- b) Dalším problémem je, jak by měla organizace, její vrcholový management, zhodnotit vytvořené znalosti, které jsou přirozeně nezcizitelné, aby mohl prezentovat jejich hmatatelné a uchopitelné přínosy. Řada autorů vyvinula techniky a metodiky jejich "vyhodnocování" na globální úrovni i na úrovni podniku. Některé z těchto technik budou zmíněny dále a budou použity jako jeden z podkladů pro stanovení požadavků na znalostní bázi. Hodnocení intelektuálního a zejména "lidského" kapitálu v

organizaci samozřejmě není jednoznačné a jednoduché. Dokud by tato organizace neuspěla, nemůže management příliš tlačit na využívání a sdílení znalostí a nemůže zdůrazňovat význam intelektuálního kapitálu pro společnost.

- c) Třetí překážkou je představa, že řízení znalostí je totéž co řízení informací. V mnoha společnostech je řízení znalostí svěřeno stejným manažerům jako řízení informací. Zcela se tak opomíjí důležitý aspekt řízení změn podnikové kultury, který manažeři ICT z pochopitelných důvodů přehlížejí, a chybí jim dovednosti a motivace takové změny provádět.
- d) Čtvrtou, rovněž častou překážkou je, že BIM i Knowledge Management funguje nejlépe, když je aktivně využíván ze samotného vrcholu organizace, tedy generálním ředitelem. Bez aktivního zapojení a plné podpory vrcholového managementu je jakákoli technologie řízení znalostí, včetně samostatných znalostních bází, vytlačena z hlavního proudu řízení firmy.
- e) Poslední pátou překážkou rozvoje BIM i Knowledge Managementu je často nesprávné pojmenování a označení téměř každého nástroje jako nástroje pro řízení znalostí. Toto přehánění působí opačně, a nakonec zabíjí vše dobré na principech znalostního managementu stejně, jako tomu bývalo při rozvoji jiných moderních disciplín (např. reengineeringu). Existuje řada konzultantů, kteří se chlubí tím, že jsou schopni dodat odbornost v oblasti BIM a znalostního managementu, ale faktem prostě je, že celá tato oblast managementu je příliš mladá na to, aby v ní vyrostli již skuteční odborníci.

Firmy, které nepochopí a přehlédnou výše uvedené faktory, se pravděpodobně dostanou do stavu, kdy vše, co jim znalostní management může přinést s nejlepšími technologiemi, pro ně zůstane mlhavé a nedohledatelné. Podívejme se na to, jak sladit rozvoj technologií Knowledge Managementu se změnami, které musí firmy provést.

2.5.3 Dopad na BIM: Znalostní pracovník – důležitý lidský prvek v procesu řízení znalostí BIM

Řízení znalostí zavádí pojem "znalostní pracovník" (Knowledge Worker, KW) - znalostní pracovník, který je typickým zaměstnancem (např. zaměstnancem společnosti nebo externím dodavatelem), který má určité kompetence, znalosti a dovednosti. V prostředí BIM je takový KW typicky členem pracovního týmu, který velmi intenzivně využívá technologii BIM ke vzájemné komunikaci a tento tým je obvykle zaměřen na společnou práci na časově omezených stavebních projektech, které na sebe časově a informačně navazují nebo se překrývají. Může se podílet na životním cyklu stavby v kterékoli jeho fázi, ať už jako projektant, investor, správce stavby, subdodavatel stavební firmy, facility manager apod. Týmy, v nichž často působí, potřebují podporu pro různé typy kooperací, od rutinních činností až po velmi složitou a tvůrčí práci na projektech. Takové týmy vytváří správná kombinace odborníků se znalostmi a zkušenostmi ze svých profesí, mají informace, kompetence a autoritu potřebnou k provádění konkrétních činností a rychlému a snadnému řešení složitých problémů. Právě tyto pracovníky lze charakterizovat jako vysoce kvalifikované odborníky, kteří musí přijímat nebo podporovat velká množství rozhodnutí,

jež jsou typicky historicky rutinní a často nestrukturovaná. Jejich úzká vzájemná spolupráce je mnohem důležitější než spolupráce pracovníků v jiných oblastech. Protože však mnozí špičkoví odborníci chápou sebe i své kolegy jako profesionály a na základě předchozích zkušeností a výsledků očekávají pro svou práci určitý rozsah autonomie, může být obtížné přivést odborníky z různých oborů ke shodě nad společnými cíli. Proto je pro firmy největší výzvou dostat tyto roztržité znalosti svých KW, kteří spolupracují na projektech nebo napříč programem, do dobře strukturované znalostní báze, viz obr. 1.

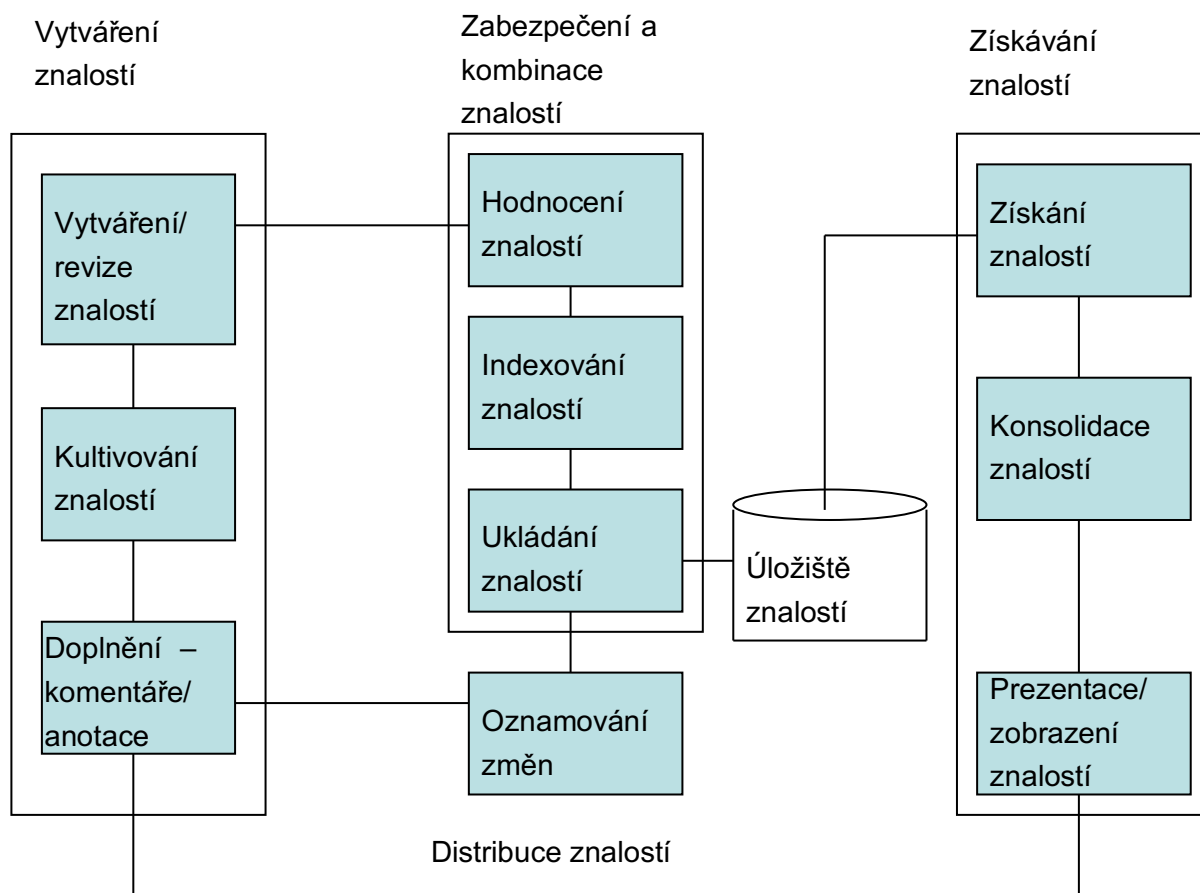
2.5.4 Struktura systému znalostí v prostředí BIM

Mellor (2011) popisuje základní strukturu znalostního systému následovně:

Ve struktuře a způsobu práce klasických a expertních (znalostních) systémů je zásadní rozdíl.

- Klasický systém pracuje s určitou množinou dat, přičemž vstupní data transformuje na výstup na základě zadaného algoritmu vloženého programu.
- Naproti tomu znalostní systém se skládá ze tří složek
 - o Faktografická základna odpovídá souboru klasických dat potřebných pro účely programu, obvykle je uložena na pevných discích nebo jiných externích paměťových zařízeních.
 - o Znalostní báze je datová struktura, která reprezentuje expertní znalosti. Je uložena ve vnitřní paměti počítače a při hledání řešení mění faktografickou bázi.
 - o Inferenční mechanismus je odvozovací algoritmus, vlastní program, který modifikuje faktografickou bázi pomocí báze znalostí, dokud nenajde požadované řešení úlohy.

Z tohoto pohledu vidíme jednu důležitou vlastnost znalostního systému, a to snadnou modifikaci systému při změně podmínek. Pokud se jedná o klasický program, každá změna vyžaduje přeprogramování, což je pracné a časově náročné a může vést k chybám a nežádoucím vedlejším efektům v již odladeném programu. Pokud pracujeme se znalostním systémem, měníme pouze jedno nebo více pravidel ve znalostním systému, program – odvozovací mechanismus – zůstává stejný.



Obrázek 1 Přehled procesů znalostního managementu. (Mellor,2011)

Znalosti jsou pro znalostní systém klíčové. Jedná se o vzájemně provázané znalostní struktury. Můžeme vyjádřit své znalosti:

- prostředky predikátové logiky,
- produkčními pravidly,
- pomocí asociativních sítí,
- procedurálními metodami,
- pomocí rámců.

Predikátová logika umožňuje odvozovat pravdivé formule z axiomů nebo odvozených pravdivých formulí (Demlová, 2019).

Produkční pravidla jsou základem většiny znalostních systémů. Jsou definována ve tvaru:

$$p^1 \wedge p^2 \dots p^n \rightarrow d, \quad (1)$$

kde p^i je předpoklad a d je důsledek, což znamená: pokud jsou předpoklady pravdivé, je pravdivý i důsledek (Demlová, 2019).

Znalostní systémy mohou obsahovat stovky takových pravidel. Je třeba rozlišovat mezi logickými důsledky a produkčními pravidly. V logice může být implikace pravdivá i když je předpoklad nepravdivý, produkční pravidlo je důsledek platný pouze tehdy, když je předpoklad splněn. Použitím produkčního pravidla dochází ke změně faktických bází. Navíc předpoklady a tvrzení mohou být zadány s určitou pravděpodobností a samotné pravidlo může platit také s určitou pravděpodobností. Pravděpodobnost důsledků pak lze zvýšit nebo snížit ověřením pomocí jiných pravidel.

Stejně jako u evolučních a učících se systémů je nutné nastavit počáteční parametry a teprve po delším provozu umožnit zkušenému uživateli některé z nich podle potřeby upravit, i u expertních systémů je nutné připravit funkční systém se všemi pravidly a po určité době umožnit pravidla upravovat. To, že uživatel může měnit pravidla, podle kterých expertní systém hledá řešení, samozřejmě vyžaduje kvalitu kontrolních funkcí v systému. Dobře napsaný znalostní systém by odhalil případný nesoulad mezi pravidly a odhalil chybu.

Asociativní znalosti se vyjadřují prostřednictvím asociativních sítí. Jedná se o množinu vrcholů a orientovaných hran, které vrcholy spojují (Berka, 2007). Typickým příkladem **procedurální znalosti** je funkce v programu. Není však možné zaměňovat znalostní systém s procedurálními znalostmi s běžným programem. Procedury v procedurálním systému jsou vyvolávány za účelem splnění určitého cíle a mění obsah bází faktů. Procedurální znalosti mají oproti produkčním pravidlům některé výhody i nevýhody. Vzhledem k tomu, že procedurální pravidla jsou vlastně programové funkce, je třeba každou změnu přeprogramovat, což znamená vyšší časovou náročnost a možnost vzniku chyb. Na druhou stranu jsou procedurální pravidla rychlejší při výpočtech.

Rámcová reprezentace znalostí

Rámce jsou datové struktury, do kterých lze ukládat znalosti předchozích typů.

Prostor stavů

Jak produkční pravidla, tak procedury pracují s množinou stavů pomocí množiny operátorů. Aplikací znalostí měníme stavy z počátečního stavu na konečný stav. Počáteční stav je explicitně definován, konec buď explicitně, nebo určením vlastností. Úkolem odvozovacího mechanismu je určit kroky, které vedou z počátečního stavu do stavu konečného (Mellor, 2011).

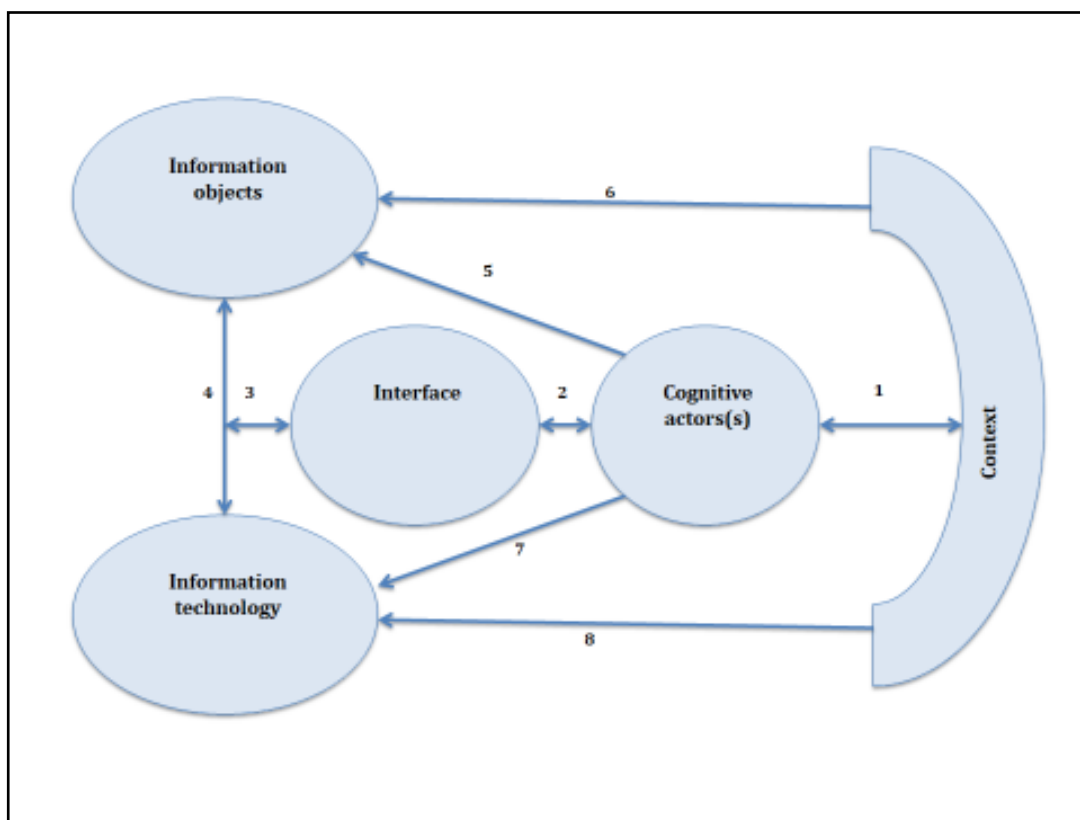
2.5.5 Řízení znalostí a informací v procesech BIM

Konceptem BIM v dnešním pojetí se zabýval Eastman ve své knize Building Description Systems (BDS) v 70. letech 20. století (Eastman et al., 2011) a termín byl poprvé použit v dnešní podobě ve van Norderveenově článku z roku 1992 (Norderveen et al, 2014). Nicméně až v roce 2003 se začaly hojně používat komerční nástroje BIM a průmysl začal pomalu přijímat BIM do svých procesů (Liaserin, 2008). V polovině a na konci roku 2000 se mnoho firem po celém světě muselo vypořádat s technickými a organizačními problémy, aniž by jasně věděly, jakým směrem se ubírají. Odvětvová a organizační úroveň tohoto období se označuje jako raná fáze zavádění BIM

nebo první vlna zavádění BIM. V tomto období se některým firmám nepodařilo BIM přijmout, zatímco jiným se to podařilo, byť z dnešního pohledu na úrovni omezení na 3D modelování obohacené o vybrané informace uložené do modelu. Přesto se podařilo prosadit dostatečný počet případů BIM, které vedly další firmy k přijetí BIM, a na základě zkušeností a poznatků získaných během tohoto období bylo vydáno mnoho doporučení (Eastman et al, 2011). Podnik s omezenými zdroji však nemůže přijmout všechna doporučení současně.

2.5.5.1 Struktura systému znalostí v prostředí BIM

Ingwersen a Järvelin (2005) vytvořili model pro vyhledávání informací a reprezentaci znalostí, který do popředí staví kognitivní práci aktéra (viz obrázek 2).



Obrázek 2 Kognitivní aktér při reprezentaci znalostí a získávání informací. Zdroj: Ingwersen a Järvelin, 2005, s. 261.

Šipky: Kognitivní transformace a vliv Dvojitě šipky: Interaktivní komunikace kognitivních struktur)

Aktér (nebo tým aktérů) je zakotven v kulturně-sociálním a organizačním horizontu (kontext – vztah 1). Aktéry jsou například autoři, architekti, designéři, systémoví inženýři, návrháři rozhraní, tvůrci KOS, uživatelé z jakékoli oblasti. Prostřednictvím rozhraní člověk-stroj (vztah 2) se aktér setkává tváří v tvář s informačními objekty i s informačními technologiemi (vztah 3). "Informačními objekty" jsou dokumentární jednotky (substituty) i dokumenty (pokud jsou přímo digitálně dostupné), které jsou přístupné prostřednictvím metod a nástrojů reprezentace znalostí a které byly indexovány podle formy a obsahu, tudíž např. i 3D BIM model. "Informační technologie" zahrnuje stavební prvky indexovacího a vyhledávacího systému související s programováním (databáze, databáze BIM, vyhledávací software, Industry Foundation Classes

(IFC) atd.). Protože informační objekty lze zpracovávat pouze prostřednictvím informačních technologií, existuje mezi těmito dvěma aspekty další úzká vazba (vztah 4).

Aktér vždy komunikuje se systémem prostřednictvím rozhraní, ale vyžaduje další znalosti o vlastnostech informačních objektů (vztah 5) i o používané informační technologii (vztah 7) navíc informační objekty a informační technologie nefungují nezávisle na sociálním, kulturním a organizačním zázemí (vztahy 6 a 8). Na rozdíl od interaktivních vztahů 1 až 4 se ve vztazích 5 až 8 vyskytují kognitivní vlivy "v pozadí", které – dokud informační systém (informační model budovy) "běží" - musí být vždy brány v úvahu, ale nelze je interaktivně ovlivňovat.

Spolu se Stock & Stock (2013), se pokusme nahlížet na všechny objekty v reálném světě vkládané do informačních systémů jako na substituty (náhražky) těchto objektů. Všechny tyto substituty pak v informačních systémech nazýváme dokumenty, což nám pomáhá sjednotit způsob nakládání se všemi různými objekty v různé úrovni granularity". Indexátor (Task Information Manager) je tedy aktivní a důležitou součástí procesu udržování institucionální paměti (BIM). Rozhoduje o tom, zda má být dokument uložen, nebo ne, a jaká metadata se použijí k popisu dokumentu. Tato rozhodnutí mají velký význam pro uchování (Larsen, 1999) a vyhledatelnost dokumentů. „Task Information Manager jako indexátor je tedy zasazen do sociálního kontextu“ (Briet, 2006, s. 13) instituce, který může být reprezentován také jako nositel systému organizace znalostí (openBIM).

Předmětem reprezentace znalostí jsou – bez jakéhokoli omezení - explicitní objektivní znalosti. V případě subjektivních znalostí musí být tyto znalosti externalizovány, aby byly přístupné pro další zpracování. Tato externalizace je jednoznačně omezena implicitními znalostmi. Explicitní objektivní znalosti jsou vždy obsaženy v dokumentech.

Při reprezentaci znalostí jsou k dispozici dokumenty, z nichž mají být příslušné znalosti určeny. Objektem, o který se jedná, je obsah dokumentů to, co je "uvnitř" databáze, webové stránky, modelu budovy, obrázku, patentu, architektonického exponátu.

2.5.5.2 Řízení sdílení znalostí

V informační vědě jsou znalosti považovány za něco statického, což je fixováno v dokumentu a uloženo v paměti. Toto úložiště je buď digitální (jako např. World Wide Web), hmotné (jako na polici v knihovně), nebo psychické (jako mozek zaměstnance firmy). Naproti tomu informace vždy obsahuje dynamický prvek; člověk informuje (aktivně) nebo je informován (pasivně). "Produkce a využívání znalostí jsou hluboce zakotveny v sociálních a kulturních procesech; informační věda má tedy silný kulturní kontext" (Buckland, 2012).

Burita et al (2012) uzavírají: "Pakliže se odkazujeme na znalostní systém, musíme přijmout, že znalosti nelze oddělit od člověka. Proto musíme uvažovat v termínech "biologických systémů", kde funkce definují struktury, a vyhnout se uvažování o "fyzikálních systémech", kde struktury definují funkce."

V ekonomii a podnikové administrativě se o informacích již dlouho hovoří v souvislosti s podnikatelskými rozhodnutími. "Informace se vždy ukazují jako nedokonalé, a stávají se tak motorem inovační konkurence" (Stock a Stock, 2013). "S koncepcemi pro učící se organizace a později znalostní management se předmětná oblast průmyslové ekonomie a podnikové administrativy na téma informace přibližně od roku 1980 výrazně rozšířila" (Nonaka et al, 1995). "Cílem je sdílení a ochrana vnitropodnikových znalostí" (Probst et al, 2000) a "integrace externích znalostí do organizace" (Stock et al, 2010). Znalosti jsou využívány, informační signály lze blíže sledovat ze tří hledisek (Stock a Stock, 2013):

- "v jejich vzájemných vztazích (syntax),
- ve vztazích mezi znaky a popisovanými objekty (sémantika) ,
- ve vztazích mezi znaky a jejich uživateli (pragmatika)."

Disciplíny pragmatiky a sémantiky zkoumají význam a použití znaků. Stock & Stock (2013) také navrhuje znalost strukturovat následovně:

- částečně dovednost pojímat objekt takový, jaký skutečně je, na jedné straně, a dovednost úspěšně zacházet s objekty poznání na straně druhé,
- částečně epistemický stav, který člověk zaujímá v důsledku úspěšného plnění svých kognitivních úkolů,
- částečně obsah, na který se poznávající osoba při tom odvolává.

Podíváme-li se na tento popis vědění, vidíme, že vědění se dělí na dva aspekty dovednosti a stavu:

- 1) Vědění jako dovednost:
 - a) správného pochopení objektu (VĚDĚT, ŽE),
 - b) správného zacházení s objektem (VĚDĚT, JAK).
- 2) Vědění jako stav:
 - a) osoby, která VÍ (něco),
 - b) to, co je samo poznáváno, OBSAH,
 - c) jeho jazykové vyjádření.

Vědění má dva pevné body: poznávající subjekt a to, co je poznáváno, přičemž aspekty (1a,b a 2a) patří k subjektivnímu poznání a (2b,c) jsou objektivním poznáním (Stock et al, 2010). Nás ovšem zajímá především (2c), protože ten může být objektivní pouze tehdy, je-li jazykový výraz trvale fixován na fyzickém nosiči, dokumentu. Dokumentem může být jakákoli "náhražka – substitut" reálného objektu. Ve stavebnictví, kterému se zde věnujeme především, to může být například:

- výkres nebo jakákoli jedinečná část výkresu,
- popis stavebního prvku se statickými výpočty,
- grafy,
- smlouvy atd.

Zde se ukazuje i důležitost tvorby jednoznačných slovníků a ontologií pro všechny stavební objekty, prvky, výrobky i činnosti.

V dalším textu má slovo "dokument" význam "digitálního substitutu" v informačním systému jakéhokoli druhu reálného objektu v reálném světě, včetně "papírových" dokumentů.

Podle Brookese (1980, s. 131) "spojení mezi znalostmi a přenášenými informacemi lze vyjádřit pomocí (pseudomatematické) rovnice. Znalost (K) je chápána jako struktura (S) pojmů a výroků; přenášená informace (ΔI) nese malý výňatek ze světa znalostí." V této rovnici je také popsána struktura pojmů a výroků. Rovnice 2 zní:

$$K[S] + \Delta I = K[S + \Delta S] \quad (2)$$

Struktura znalostí příjemce je modifikována prostřednictvím ΔI . To má za následek změnu samotné struktury, jak ji značí ΔS . Tentýž ΔI , přijatý různými příjemci s různými $K[S]$ než každý jiný, může mít za následek různé strukturální změny ΔS . Proces předávání informací se liší "od člověka k člověku a od situace k situaci" (Brookes, 1980). Pro informační vědu je tedy zásadní "pochopení struktury znalostí člověka" (Cool et al., 2011).

Informační činnosti zpracovávají znalosti, prezentují je uživatelsky přívětivým způsobem, reprezentují je pomocí kondenzace a přidělování "informačních filtrů" a připravují je pro snadné a komplexní vyhledávání a získávání. Všechny aspekty, které přesahují rámec původních znalostí, jsou informačními přidanými hodnotami, které lze nalézt v soukromých i veřejných informačních zdrojích. Kromě "vědět jak" a "vědět, že" je informační přidanou hodnotou "vědět o". Informační aktivity vedou ke znalostem "o" dokumentech a "o" znalostech fixovaných v dokumentech. Podle Bucklanda (2012) se "knowing about" týká informační vědy více než "knowing how" a "knowing that".

Řízení znalostí a informací se zdá být nejzásadnějším bodem při zavádění BIM v konkrétním průmyslovém odvětví v dané zemi. Je zřejmé, že se potýkáme s výzvou, jak přenést základní myšlení o procesech ve stavebnictví. Nejde jen o BIM ve smyslu modelu nebo modelování, ale musíme se podívat ještě dál, a to na BIM ve smyslu řízení. Existuje velký potenciál, podpořený rozvojem technologií, využít LIM (Land Information Modelling) - geografická data společně s BIM-Modelem a vykročit směrem k "lepšímu informačnímu managementu". Řízení sdílení znalostí a změna a/nebo zlepšení procesů v rámci celého odvětví se stává výzvou, které právě teď čelíme. Zdá se, že je to způsob, jak se vypořádat se všemi překážkami, které musí přijetí BIM překonat.

Samozřejmě, že nedostatek vyškoleného personálu zůstává významnou překážkou pro přijetí BIM, což nutí mnoho společností přeškolit zkušené operátory CAD na nové nástroje. Protože BIM vyžaduje odlišný způsob uvažování o tom, jak se vytvářejí návrhy a řídí výstavba budov, vyžaduje přeškolení nejen učení, ale i odnaučování starých návyků, což je obtížné. Noví absolventi, jejichž celá vysokoškolská praxe byla ovlivněna seznámením se s BIM a jeho využitím přes celou škálu studentských projektů, budou mít pravděpodobně zásadní vliv na způsob, jakým podniky všeho druhu BIM nasazují. Nevyhnutelně lze očekávat značnou míru inovací v pracovních postupech.

2.6 Vizualizace znalostí

Důležitým rozměrem práce se znalostmi bude "vizualizace znalostí". Pod tímto termínem představíme prezentaci znalostí tak, aby pomohla odborníkům zapojeným do projektu lépe se orientovat, resp. aby je navigovala přímo ve znalostních bázích a v jejich vlastní činnosti nad touto bází. Jedná se o techniku, která usnadňuje porozumění sdíleným zkušenostem a odborným znalostem a na základě tohoto porozumění provádí činnosti. Vizualizace znalostí je důležitá zejména v dnešním světě, kdy je stále obtížnější rozpoznat znalostní vzorce, protože znalosti jsou stále komplexnější a hlavně propojenější.

Vizualizace bude dosaženo optimálně způsobem (Vytlačil, 2018) následující strukturou postupných kroků:

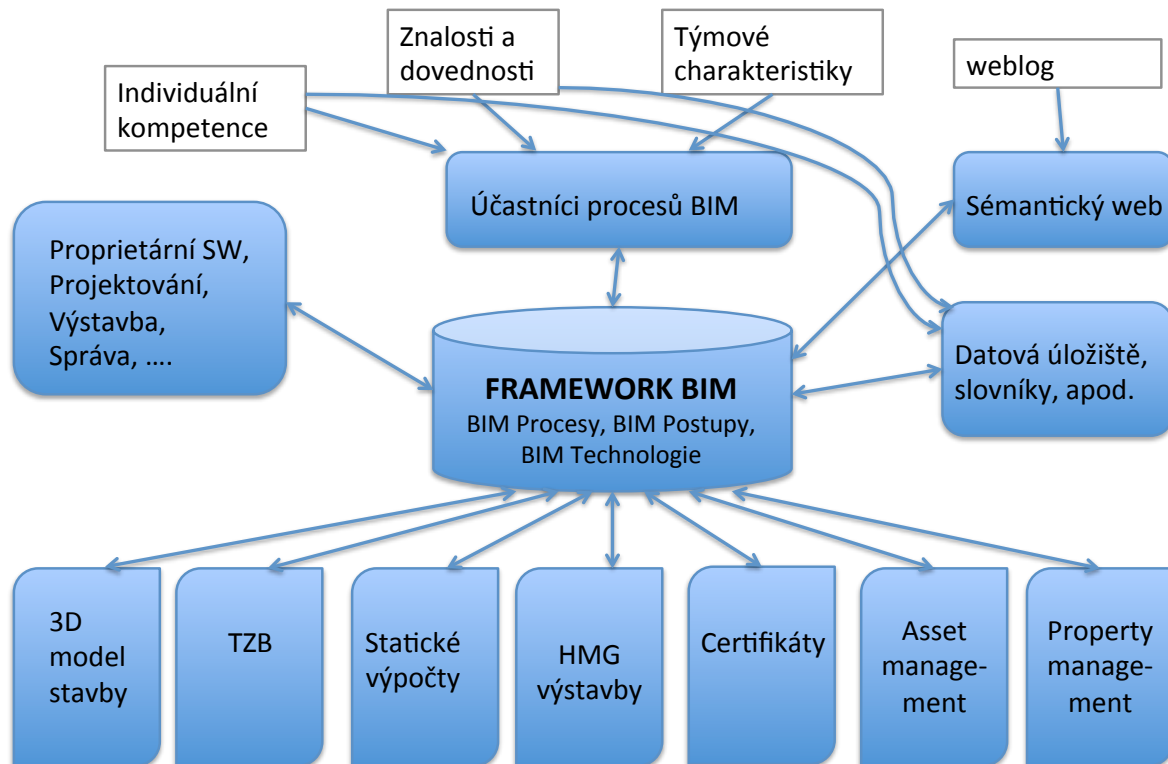
- vytvoření "rich picture" všeho, co je již známo, aby propojení znalostí bylo srozumitelné a viditelné,
- lepší komunikace složitých vztahů,
- prezentace času, prostoru a činností ve vícerozměrném prostředí (časoprostorová orientace),
- prezentace víceúrovňových vztahů, příčin a důsledků,
- stimulace vzniku nových znalostí – vizualizace toho, kde znalosti podporují vznik nových znalostí, takže nejsou jen výstupem procesů, ale i cenným vstupem do dalších procesů,
- zobrazení schémat všeho, co dosud nebylo známo,
- vytvoření společných symbolů pro zdůraznění skupinové sounáležitosti.

Základní výhodou vizualizace znalostí v řízení projektů, programů i podniků je zapojení pracovníků do procesu sdílení znalostí, což vede ke zvýšení produktivity díky snížení nákladů na vyhledávání, pochopení, přijetí a aplikaci znalostí.

Na základě předchozích analýz literatury a dostupných zdrojů se pokusíme zmapovat mnohodoménové struktury, které umožňují účastníkům celého životního cyklu stavby pochopit základní struktury znalostí a zároveň pomáhají při vyjednávání požadavků na implementaci BIM (nebo příslušných oblastí v rámci BIM).

2.6.1 Rámec BIM

Podíváme-li se na BIM, jako na platformu pro sdílení znalostí ze systémového hlediska, můžeme BIM chápat jako rámec, který lze zjednodušeně znázornit v celkovém ontologickém modelu (Nývlt et.al., 2019a) obsahujícím všechny komunikační toky a toky znalostí, jak je znázorněno na obr. 3. Podstatou BIM bude komunikace, ukládání a sdílení znalostí. Obr. 3 ve zjednodušené podobě ukazuje rozložení základních znalostí, které mohou být digitálně uloženy v modelech (modré obdélníky), a jejich provázanost se znalostmi lidí v závislosti na jejich kompetencích, dovednostech a vlastnostech, které budou vždy uloženy v jejich hlavách (bílé obdélníky).



Obrázek 3 Návrh rámce BIM a komunikačních toků s držiteli znalostí v modelu celé ontologie (Nývlt et al. 2019a).

Rámec BIM lze zaznamenat způsobem tří vzájemně se prostupujících znalostních uzlů (technologie BIM, procesy BIM a zásady a postupy BIM). Dále je uveden popis tří znalostních uzlů BIM, jak byl odvozen z literatury, např. ze Succar (2010), a také z diskusí s odborníky, zejména v rámci pracovních skupin czBIM a agentury ČAS.

a) Technologie BIM

Technologie je "Aplikace vědeckých poznatků k praktickému využití" (OXFORD Dictionary) Prostor technologie slouží ke shlukování účastníků BIM, kteří se specializují na SW, HW a další zařízení, včetně sociálních sítí a systémů nezbytných pro zvýšení efektivity, produktivity a ziskovosti celého investičního sektoru. Patří sem organizace zabývající se tvorbou SW řešení a nástrojů, které jsou přímo i nepřímo použitelné v procesech architektů, projektování, výpočtů (statických, rozpočtování apod.), tvorbou komponent knihoven BIM, realizací projektů, výstavbou a facility managementem.

b) Procesy BIM

Proces je "specifická organizace pracovních činností v čase a prostoru, s počátkem a koncem a jasně definovanými vstupy a výstupy". Procesy BIM shromáždí skupiny účastníků BIM, kteří navrhují, vyrábějí, staví, spravují a udržují stavby. Patří sem developři, architekti, majitelé

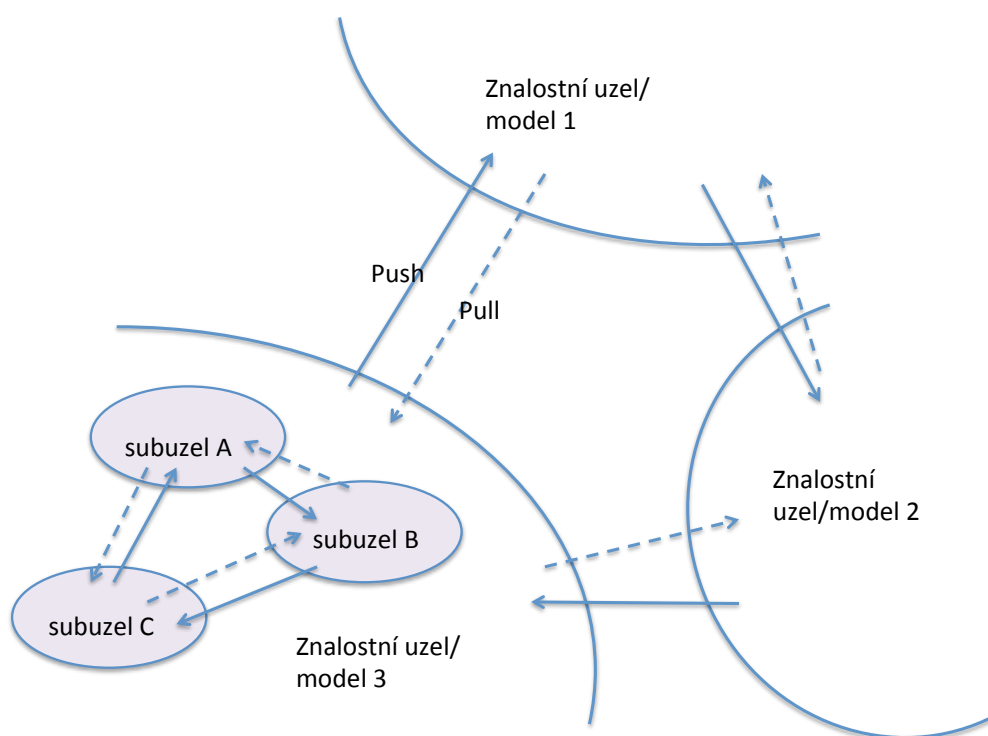
nemovitostí, projektanti, stavební inženýři, dodavatelé staveb, výrobci stavebních dílů, facility manažeři a mnoho dalších, kteří se podílejí na procesech investičního rozvoje.

c) Zásady a postupy BIM (Strategie)

Zásady jsou "písemné principy nebo pravidla pro řízení rozhodování". Zásady BIM zavazují garanty rozvoje BIM, aby se zaměřili na vzdělávání odborníků, další výzkum v této oblasti, sdílení přínosů, rozdělení rizik a minimalizaci konfliktů mezi účastníky stavebního procesu. Tito rozvojoví garanti nevytvářejí žádný reálný produkt (stavbu), ale jsou to většinou účelové organizace – agentura ČAS, czBIM, pojišťovny, výzkumná centra, vzdělávací organizace, regulační orgány, státní organizace a státní správa – které plní počáteční, přípravné, regulační a smluvní úkoly v celém spektru investiční výstavby.

2.6.2 BIM – interakce v rámci systémů BIM

Vzájemné vztahy BIM jsou transakce založené na push a pull znalostech, které probíhají v rámci BIM nebo mezi ním a znalostními uzly znázorněném na obrázku 4 (Nývlt et al., 2019b). Tlakový mechanismus "přenáší znalosti do jiného prostoru nebo uzlu, zatímco tahový mechanismus přenáší znalosti za účelem uspokojení potřeby znalostí požadovaných jiným prostorem nebo uzlem". Vzorce transakcí zahrnují přenosy dat, týmovou dynamiku a smluvní vztahy mezi prostory a uzly. Identifikace a znázornění takových vazeb a vztahů je důležitou součástí toho, co může přinést rámec BIM.



Obrázek 4 Vzájemné "vztahy BIM" uvnitř znalostních modelů / uzlů i mezi nimi. Vztahy jsou jak typu push-pressure, tak typu pull-pull, (Nývlt et al., 2019a)

Vzájemné překrývání znalostních uzlů BIM

Tři základní znalostní uzly BIM se vzájemně překrývají, protože sdílejí jak rozdílné účastníky rozvoje BIM, tak výstupy implementace. K takovému překrývání mezi podsítěmi dochází, když:

1) Realizační výstup vyžaduje, aby se takoví účastníci rozvoje BIM připojili k více než jednomu uzlu. Vývoj, aplikace a sdílení sdíleného a spolupráci podporujícího schématu (např. IFC) vyžaduje společné úsilí jak politik a regulátorů BIM (výzkumníci, tvůrci norem, zákonodárci), tak technologií BIM (vývojáři SW).

2) Účastníci rozvoje BIM patřící do jednoho uzlu vytvářejí výstupy zařazené do druhého. Např. czBIM je společnost, jejíž členové jsou součástí Procesů BIM (např. architekti). Tato společnost však vytváří výstupy pro podprostor Standardy BIM v rámci uzlu Postupy BIM (Best Practices), nikoliv výstupy Procesů BIM (architektonické návrhy, konstrukční detaily).

2.7 Bariéry pro zavedení BIM

2.7.1 Identifikace kritických faktorů

Kritickými faktory jsou jistě kritéria pro výběr a identifikaci softwaru BIM a funkcí BIM, pilotní projekty BIM apod. Vytlačil (2018) píše, že BIM přináší příležitost změnit pracovní rutinu. V řadě zemí již byly provedeny výzkumy (Hartmann, 2018), které se zaměřují na identifikaci těchto kritických faktorů a navrhují jejich eliminaci. Také na finanční rizika spojená s kapitálovými investicemi do hardwaru i softwaru a na investice potřebné k vyškolení a udržení technologicky vyspělých zaměstnanců (Hitka et al., 2017). Won (2013) identifikoval následující seznam kritických faktorů úspěchu BIM (seřazených podle důležitosti získané na základě rozsáhlého výzkumu):

- Ochota sdílet informace mezi účastníky projektu.
- Správce BIM modelu celého projektu prostřednictvím DCO.
- Efektivní spolupráce mezi účastníky projektu.
- Organizační struktura (ve firmách) podporující BIM.
- Trvalé investice do rozvoje.
- Vedení a vyšší management.
- Protokoly o sdílení informací.
- Vzdělávací a školicí programy pro BIM.
- Technická podpora interoperability.
- Standardizované pracovní postupy pro BIM.

Ve výše uvedeném průzkumu (Won, 2013) byly identifikovány i další faktory úspěchu, které však již nejsou zařazeny do kategorie "kritické", ale jsou rovněž důležitými faktory pro řízení BIM a jeho implementaci v organizacích a samotných projektech BIM. Mezi faktory úspěchu (nekritické) patří:

- spokojenost klientů s projekty BIM,

- počet odborníků na BIM ve firmě,
- rozsáhlé knihovny BIM,
- nástroje na podporu projektové spolupráce,
- sdílená odpovědnost mezi účastníky projektu,
- metriky pro kvantitativní hodnocení efektivity projektů BIM,
- zájem nebo požadavek klienta o projekt BIM,
- počet subdodavatelů a partnerů se zkušenostmi s projekty BIM,
- program odměn za BIM.

Pokud se firmy rozhodnou pro implementaci BIM, nebude to u všech projektů najednou, ale spíše tak, že se nejprve pokusí implementaci realizovat v projektech, kde mají dostatečné znalosti a důvěru k jejímu zvládnutí. Jinými slovy, kde lze eliminovat rizika, aby mohli pracovat s nejkritičtějšími faktory úspěchu. sdílení znalostí a informací, efektivní spolupráce a dostatečné schopnosti zaměstnanců a týmu jsou opět klíčem k vytvoření "úspěšného modelu řízení znalostí BIM", a tím i úspěšného BIM jako takového.

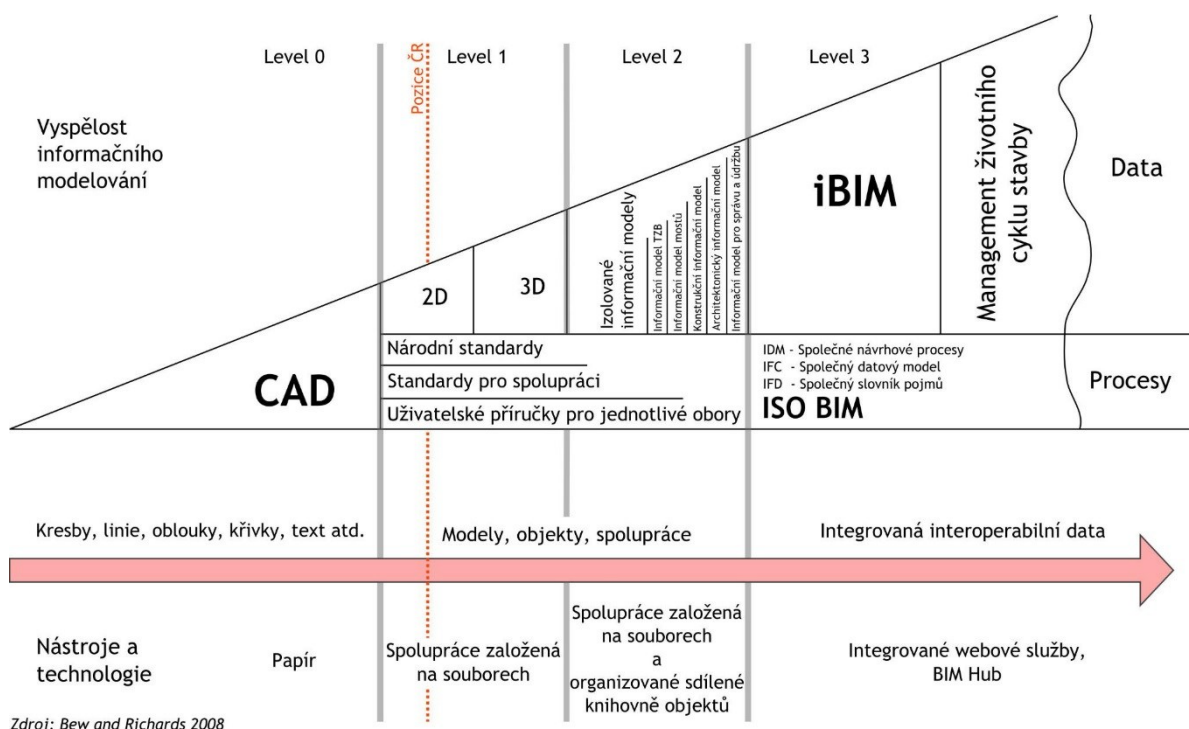
2.7.2 BIM – nová změna paradigmatu

Building Information Modelling byl původně definován jako součást systémů CAD, neboli "paradigma CAD". To vedlo k vytvoření "souboru vzájemně se ovlivňujících zásad, procesů a technologií vytvářejících metodiku pro správu základních dat návrhu budovy a projektu v digitálním formátu v průběhu celého životního cyklu budovy" (Succar, 2009).

Základní koncepce představuje úroveň dokumentace, modelování a přenosu informací ve stavebních procesech. Obrázek nazvaný "Úroveň vyspělosti BIM" (obr. 5), který navrhli a představili Richards a Bew v (Bew a Richards, 2008), se často používá jako jeden z příkladů vývoje BIM v čase. Pracovní skupina BIM Industry Working Group (2011) pak uvádí, že ve Velké Británii jsou úrovně BIM následující:

- Úroveň 0 - tato úroveň představuje způsob navrhování, používá se již velmi dlouho. Představuje ji klasická komunikace na papírovém formátu předávání 2D návrhů. (Tomanová 2014). Neřízený CAD pravděpodobně 2D, s papírem (nebo elektronickým papírem) jako nejpravděpodobnějším mechanismem výměny.
- Úroveň 1 - řízený CAD ve formátu 2D nebo 3D s využitím ČSN ISO - TS 12911:2014, ČSN ISO 29481-1:2014 a ČSN ISO 29481-2:2014 s nástrojem pro spolupráci poskytujícím společné datové prostředí, případně některé standardní datové struktury a formáty. Komerční data spravovaná samostatnými balíky pro řízení financí a nákladů bez integrace. Úroveň BIM 1 předpokládá klasické 2D projektování, ale s využitím nástrojů CAD a s elektronickým přenosem mezi účastníky BIM. V architektonickém návrhu se mohou vyskytovat 3D informace. Výstupem však zůstává vizualizace a obrázky používané při prezentaci projektu. 3D vizualizace se sice používá i pro jiné účely, ale pouze u velkých projektů a využití je omezeno především na koordinaci, často jen jako vizuální pomůcka (Tomanová, 2014).

- Úroveň 2 - řízené 3D prostředí vedené v samostatných oborových "BIM" nástrojích s připojenými daty. Komerční data spravovaná aplikací pro plánování podnikových zdrojů (ERP). Integraci na základě proprietárních rozhraní nebo middlewaru na míru lze považovat za "pBIM" (proprietární BIM). Tento přístup může využívat 4D data v časovém měřítku a 5D nákladové prvky, stejně jako být vstupem do provozních systémů, procesů výstavby.
- Úroveň 3 - Plně otevřené webové služby umožňující integraci procesů a dat v souladu s nově vznikajícími standardy IFC, spravované kolaborativním modelovým serverem. Lze ji považovat za iBIM nebo integrovaný BIM, který potenciálně využívá souběžné inženýrské procesy.



Obrázek 5 Bew-Richardsův model výpělosti BIM. (Bew a Richards, 2008)

Pracovní skupina BIM Industry Working Group (2011) uvádí, že v USA, Skandinávii, dalších evropských zemích a na Dálném východě probíhá zavádění BIM na národní úrovni. V těchto regionech byly dokonce stanoveny cíle BIM. I přes značný tlak ze strany úřadů, klientů a dalších zdrojů však zavádění BIM stále čelí výzvám kvůli dramatické změně pracovních postupů, které jsou pro jeho přijetí nutné (Jordani, 2008; Mihindu a Arayici, 2008).

Také Arayici a Aouad (2010) ukazují, že je možné rozšíření dále v celém životním cyklu budovy a lze jej využít pro správu budov. Efficiency a Reform Group (2011) uvádí, že BIM byl prosazován místními orgány jako prostředek podpory spolupráce a snížení roztržičnosti ve stavebnictví. Khosrowshahi a Arayici (2009) však při poskytování plánu pro zavedení BIM ukazují, že stále existují překážky, které je třeba překonat.

Vlády v mnoha zemích (Skandinávie, USA, Austrálie a Velká Británie) přijaly strategii zavádění a používání BIM. Jako příklad uveďme strategii BIM britské vlády, která od roku 2016

zavedla povinnou úroveň 2 BIM pro všechny projekty financované z veřejných zdrojů. V České republice se podobná povinnost, ale pouze pro nadlimitní zakázky zavádí na základě prozatím jednou odsunutého termínu (Koncepte BIM – viz dále) na červenec 2022. Důvodem je vytvoření spolupráce mezi projekčními a realizačními týmy a snížení roztříštěnosti ve stavebnictví, která byla identifikována ve vládních zprávách (Wolstenholme et al., 2009).

V podmínkách ČR vznikla Koncepte zavádění metody BIM v ČR, která byla zpracována na základě usnesení vlády č. 958, o významu metody BIM (Building Information Modelling) pro stavební praxi v České republice a návrh dalšího postupu pro její zavedení, ze dne 2. listopadu 2016. Vláda v něm vyjádřila podporu zavádění metody BIM v ČR v souvislosti s jejím vlivem na růst ekonomiky a konkurenceschopnosti ČR a uložila Ministerstvu průmyslu a obchodu (MPO), za podpory ostatních ministerstev, zpracovat Koncepti zavádění metody BIM v České republice.

Tato koncepte je zaměřená na podporu zavádění metody BIM, což má pro stavebnictví obdobný význam jako iniciativa Průmysl 4.0 pro průmyslová odvětví. BIM může být někdy zjednodušeně chápán jako „digitalizace“. Podobá se revoluci technologického a digitálního procesu, která se odehrála v odvětví výroby v Evropě v letech 1980 až 1990 a která měla za následek zvýšení míry produktivity a výsledné kvality. BIM kombinuje využití počítačového 3D modelování s informacemi o stavbách za účelem zlepšení spolupráce, koordinace a procesu rozhodování při výstavbě a jejich provozování. Pro zadavatele z veřejného sektoru to znamená, že výstavba a správa budov by měla být efektivnější, riziko překročení nákladů na projekty zejména veřejné infrastruktury nižší a transparentnost využívání veřejných finančních prostředků vyšší. Nezbytností je užší spolupráce všech zúčastněných stran spojená se vzájemnou důvěrou. Jedním z pozitivních dopadů procesů BIM je, že vede k dílčím změnám v myšlení a přístupech.

Tomanová (2014) popisuje následující 4 základní požadavky na práci s daty v prostředí BIM:

a) Požadavky na výměnu – Exchange Requirements (ER)

Požadavek na výměnu je soubor informací, které je třeba sdílet a vyměňovat, vyžadovaný činnostmi v rámci určité fáze projektu. Životní cyklus budovy je charakteristický obrovským množstvím informací, které vytváří, udržuje a mění mnoho účastníků v průběhu celého životního cyklu budovy. Každý účastník BIM potřebuje získávat informace od svých kolegů a poskytovat jim své vlastní informace. Zatímco pro předávání informací se používá klasická papírová forma 2D dokumentace, často dochází k chybám a informace jsou neúplné a neaktuální. Metodika BIM naproti tomu předpokládá používání SW nástrojů a udržování aktuálnosti dat v každém okamžiku, přičemž obsah dat je definován pro každého konkrétního účastníka a konkrétní fázi stavebních procesů. Požadavky na výměnu dat definují obsah informací potřebných pro předávání mezi jednotlivými fázemi životního cyklu stavby.

b) Manuál předávání dat – Information Delivery Manual (IDM)

IDM definuje proces, který zahrnuje alespoň dva typy software, které si mezi sebou potřebují vyměňovat data. Je to způsob, jak identifikovat procesy, požadavky na výměnu dat, obchodní pravidla a funkční části pro výměnu informací v projektu stavby.

IDM pochází z dílny buildingSMART aliance, která se zabývá právě vývojem a definicí všech potřebných procesů a formátů (včetně formátu IFC, BCF a slovníků bSDD). V tomto případě je lepší rovnou používat jen zkratku IDM a nehledat český ekvivalent, protože pro IDM vznikají standardy a normy a je tak naprosto jasné, o jaký účel se jedná.

c) Definice pohledu (sad údajů) na model – Model View Definition (MVD)

Schéma MVD je dokument definující výběr informací ze specifikace BIM-IFC modelu, které jsou potřebné pro výměnu definovanou jedním nebo více IDM.

MVD říká vývojáři software, které objekty-elementy-atributy má pro svůj účel použít a jak by implementovaná funkce měla fungovat.

A jak spolu předcházející pojmy IDM-ER-MVD souvisí? IDM pokrývá pravidla, která by měla být pro každý stavební projekt dohodnuta, MVD je záležitost implementace práce s daty v software a vlastní software slouží jako nástroj pro uživatele na tvorbu a správu BIM modelu stavby.

d) Datový slovník BuildingSMART (bSDD)

Datový slovník (bSDD) umožňuje vytváření vícejazyčných slovníků a ontologií. Funguje jako referenční knihovna zaměřená na lepší interoperabilitu. Funguje také jako jedna z hlavních součástí datových standardů buildingSMART a podporuje také vývoj dalších standardů BIM.

2.7.3 Nedostatek podpory ze strany vrcholového managementu

Zatímco v literatuře je uvedena identifikace překážek pro přijetí BIM uvnitř organizací (Succar, 2009), chybí nám identifikace vzájemných závislostí a významu vzájemných vztahů mezi identifikovanými překážkami. Pokusme se tedy tyto vztahy odvodit. To může implementátorům pomoci zvážit nejhorší překážky v průběhu procesu implementace a přijmout strategii k jejich překonání. BIM, jak je běžně označován, je digitální reprezentace fyzických a funkčních charakteristik budovy, která vytváří sdílený zdroj znalostí informací o budově a tvoří spolehlivý základ pro rozhodování v průběhu jejího životního cyklu, od nejranějšího konceptu až po demolicí.

Cíl úspěšného zavedení BIM do stavebních firem je podmíněn, že si implementátoři musí být vědomi toho, co je třeba během procesu překonat. Důležitost jednotlivých překážek je proto pro nové implementátory zásadní jako nástroj k určení, na co mají zaměřit svou energii při snaze o zavedení BIM. Další zjištění umožňují implementátorům zvážit nejtěžší překážky během procesu implementace a přijmout strategii k jejich překonání.

Ruikar et al. (2005) uvádějí řadu důvodů, proč se vrcholoví manažeři zdráhají zavádět nové technologie a procesy do svých organizací. Podpora vedení při zavádění nových technologií a procesů je však nezbytná, pokud mají být realizovány jejich přínosy. Arayici et al (2011) naznačují, že přístup zdola nahoru s "učením se praxí" je účinnějším prostředkem zavádění BIM a řešení odporu ke změnám než přístup shora dolů. Naznačují však, že úspěšná implementace je stejně tak o lidech a procesech jako o použitém softwaru a hardwaru. Uznávají, že pro zahájení procesu bylo

vytvořeno partnerství pro přenos znalostí (KTP). To svědčí o "buy-in" ze strany vrcholového managementu.

Jung a Joo (2011) to dále potvrzují tím, že ukazují, že pro urychlení praktické implementace BIM je nezbytná strategie a politika pro konkrétní úroveň přijetí. Coates et al. (2010) navrhuje klíčové ukazatele výkonnosti (KPI), které může management využít k měření úspěšnosti implementace. Bez toho chybí vize úspěchu, který může implementace přinést, a dokumentace přínosů z pohledu vrcholového managementu. Toto vše potvrzují i výstupy našeho výzkumu prováděného v letech 2019-2021, viz. kap. 4.

Pro pracovníky vrcholového managementu s finančními znalostmi může být také obtížné určit peněžní hodnotu implementace BIM (Giel et al, 2010). Při zvažování nákupu, který má jasně identifikovatelné náklady a přínosy, je běžné provádět výpočty návratnosti investic (ROI) (Azhar, 2011; Giel et al, 2010).

2.7.4 Náklady na implementaci (software a školení)

Zavedení BIM vyžaduje, aby organizace zakoupila příslušný software a hardware a vyškolila své zaměstnance v používání tohoto softwaru.

Dopad těchto nákladů se může lišit podle finanční situace organizace. Vysoké počáteční náklady na zavedení BIM jsou považovány za významnou překážku pro jeho zavádění ve stavebnictví (Azhar, 2011; Giel et al, 2010). Aranda-Mena et al (2009) však nesouhlasí a pomocí výzkumu případových studií uvádí "konzistentní nesoulad" mezi vysokými náklady na implementaci ve spojitosti se zdroji a výdaji. V této souvislosti nezůstaly důkazy o potenciálu BIM snížit počet opakovaných prací, zpoždění a v konečném důsledku i náklady aniž by si toho všimli odborníci v průmyslu (Ahmad et al, 2010; BIMhub, 2012). Stavebnictví je však stejně tak o podnikání jako o stavění (Lowe a Leiringer, 2006). Proto je nezbytné, aby ti, kteří mají v rámci dodavatelské organizace obchodní odpovědnost, prozkoumali obchodní důvody pro zavedení BIM (Giel et al, 2010). BIM však není jen softwarový balík, ale také proces (Arayici et al, 2011). Zatímco proces vede k prospěšnému výsledku, Thompson a Miner (2010) ukazují, že je třeba zaplatit i náklady na jeho zavedení. Softwarové balíčky potřebují aktualizace, a proto je nutné počítat i s tím, že softwarové balíčky BIM bude nutné pravidelně aktualizovat, což představuje další náklady (Lee et al, 2012).

2.7.5 Rozsah potřebné změny kultury

Zavedení nových procesů do organizace zahrnuje změnu kultury organizace, což s sebou nese rizika a problémy, které se neomezují pouze na finanční aspekty, ale zahrnují také flexibilitu či univerzálnost lidí a systémů organizace (Ahmad et al, 2010). Tyto faktory ovlivňují strategická rozhodnutí přijímaná vedením, které se musí neustále odvolávat na svůj podnikatelský plán a doplňovat jej v rámci neustálého úsilí o zajištění podnikatelského úspěchu (Langford a Male, 2001). Součástí tohoto procesu je posouzení silných a slabých stránek organizace, mimo jiné s ohledem na lidi, finance, systémy a fyzické zdroje. Zavedení BIM vyžaduje dramatické změny v

podnikových postupech (Jordani, 2008; Mihindu a Arayici, 2008). To vyžaduje rozsáhlou změnu kultury v organizaci (Watson, 2010). Může se stát, že při hodnocení kultury a dovednostní základny organizace jako v analýze SWOT bude mít vrcholový management pocit, že zavedením BIM by pouze sladil své slabé stránky s hrozbami ve vnějším provozním prostředí (Langford a Male, 2001). To přispělo k relativně pozvolnému zavádění BIM ve stavebnictví (Watson, 2010). Toto je v souladu se závěry zjištěnými v našem výzkumu (kap. 4). Nicméně výzkum také ukázal, že mladá generace je poměrně více ochotná ke změně kultury ve firmě a je i schopná nové přístupy rozšiřovat směrem ke starším pracovníkům, když na oplátku dostane zkušenosti z jejich praxe.

2.7.6 Další konkurenční iniciativy

Dalším faktorem, který brání zavádění BIM, je množství probíhajících iniciativ, do nichž jsou organizace již zapojeny. Existují hnutí, jejichž cílem je reformovat průmyslovou praxi (jak ve finanční, tak ve stavební oblasti), omezit plýtvání a dosáhnout lepšího poměru mezi kvalitou a cenou při zadávání stavebních zakázek. Zadavatelé stavebních prací stále častěji stanovují cíle v oblasti kvality, bezpečnosti a ochrany zdraví a životního prostředí jako smluvní závazky (Harris a McCaffer, 2006). Aby si dodavatelé udrželi nebo získali status kompetentních osob v těchto oblastech, pravidelně se účastní školení a hodnocení, aby získali akreditaci od příslušných orgánů (Harris a McCaffer, 2006). Pro organizace to představuje značný závazek v podobě finančních a časových zdrojů, a když k tomu připočteme zavedení nové technologie, která vyžaduje takovou změnu kultury, nemusí to pro vrcholový management dávat obchodní smysl.

2.7.7 Sociální aspekty

Bariéry z hlediska sociálních vztahů popsali Szabo a Sidor (2014) pro systémy. Spolu s jejich zjištěními tvrdíme, že přijetí systémů BIM může vyvolat změny ve strategii. Je proto nutné zaměřit se na kritické sociální aspekty, jako je organizační kultura styl vedení a komunikace s organizací nebo s projektovým týmem.

2.7.8 Nedostatek podpory v rámci spolupracujících podniků

BIM je považován za hnací sílu spolupráce (Efficiency Reform Group, 2011). Existuje příležitost, aby projektanti již od počátku prací na projektu spolupracovali s klienty, hlavními dodavateli, subdodavateli a výrobci a dalšími členy dodavatelského řetězce za účelem integrované realizace projektu (Eastman et al, 2011). Z toho vyplývá, že dodavatelé, kteří chtějí svým klientům poskytovat služby za využití metody BIM, budou požadovat, aby jejich subdodavatelé a výrobci byli "gramotní v oblasti BIM". Vzhledem k tomu, že hlavní zadavatelské organizace, které uvažují o zavedení BIM, lze pravděpodobně označit za "rané průkopníky", může pro ně být obtížné zajistit kompetence dále v dodavatelském řetězci, aby plně využily potenciál BIM (Ruikar et al, 2005; Jung a Joo, 2011). Má-li být dosaženo výhod spojených s lepší spoluprací, je nezbytné, aby softwarové balíčky BIM používané různými účastníky projektu byly "interoperabilní" (Pniewski, 2011). Interoperabilita byla definována jako " ... schopnost dvou nebo více systémů nebo komponent vyměňovat si informace a používat vyměněné informace" (IEEE Standards Board, 1990). Skutečně

interoperabilní aplikace by měly být schopny bezproblémové výměny dat, aniž by zaváděly možnost vnášení lidských chyb tím, že by vyžadovaly duplikaci dat na rozhraní (Moon et al, 2011).

Bez toho je koncept spolupráce ohrožen a BIM místo zefektivnění komunikace v dodavatelském řetězci bude působit jako bariéra (Azhar et al, 2011). Čím více organizací je do projektu zapojeno, tím větší jsou potíže, protože rozmanitost softwarových programů se zvyšuje, čím více v dodavatelském řetězci je spolupráce nutná. Dále, pokud investice do softwaru BIM představují finanční zátěž pro velké hlavní dodavatele, mohou být potenciálně finančně nedostupné pro jejich subdodavatele. Technologická vyspělost společností v dodavatelském řetězci je zásadní, protože "mnohé z nich nedisponují technologiemi ani know-how, které by jim umožnily využívat tyto inovace bez značných finančních investic a investic do lidských zdrojů" (Aouad et al, 2006). To může být z projektového hlediska významnou překážkou implementace BIM.

2.7.9 Odpor zaměstnanců a ICT gramotnost

Studie Mitchella a Demiana (2006) o implementaci extranetových CPE stavebních projektů uvádí, že je běžné setkat se s odporem zaměstnanců ke změnám. Lze se setkat i s výrazným odporem zaměstnanců k zavádění nových technologií a procesů (Ruikar et al., 2005). Je tomu tak zejména v případě, kdy se zaměstnanci domnívají, že jim nebylo poskytnuto dostatečné školení a/nebo že technologie může ohrozit jejich zaměstnání (Ruikar et al, 2005). Arayici et al (2009) dochází k závěru, že stavebnictví se s tímto odporem ke změnám vypořádává pomalu. Aouad et al (2006) dále uvádějí jako významnou překážku pro zavedení BIM nedostatek kvalifikovaných pracovníků v oboru. Arayici et al (2009) naznačují, že v důsledku zavádění BIM vznikla mezera v kvalifikaci.

2.7.10 Právní nejistoty

Oluwole (2011) identifikuje následující právní problémy spojené s BIM: povinnost péče včetně vlastnictví a duševního vlastnictví a smluvní ujednání včetně jurisdikce, virtuální podnikání, uznávání, daňové zákony a vládní politiky. Christensen et al. (2007) označují za hlavní právní překážku BIM autenticitu, zatímco Race (2012) identifikuje rizika odpovědnosti za výrobek.

2.7.11 Vlastnictví a duševní vlastnictví

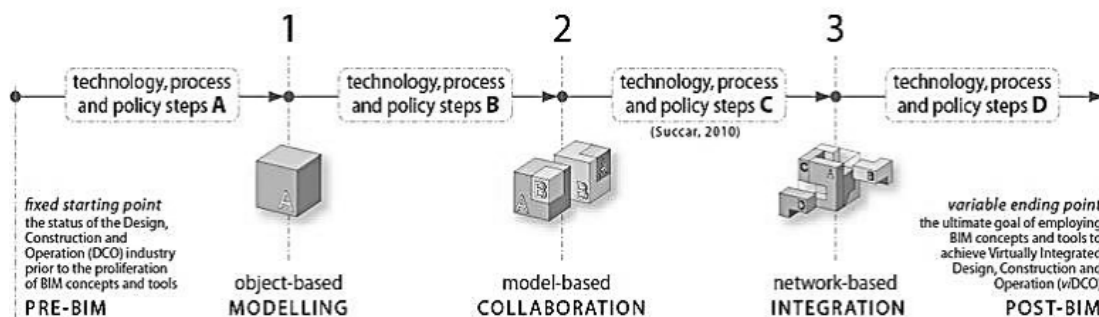
První právní problém, který uvádí Oluwole (2011), se týká vlastnictví. Pokud byl vlastníkem aplikace BIM pro projekt klient, může si nárokovat vlastnictví dat a dokumentů v ní obsažených, protože za návrh platí. Naopak projektanti budou tvrdit, že jejich návrhy zůstávají jejich vlastním duševním vlastnictvím. Pokud se projektant domnívá, že předáním informací klientem přišel o konkurenční výhodu, může se toho domáhat u soudu. Určit, kdo může být touto stranou, nemusí být nutně jednoduchý proces, zejména s tím, jak odvětví směřuje k plně integrované úrovni 3 BIM (Udom, 2012). Pracovní skupina BIM Industry Working Group (2011) uznala tento problém a navrhla, že vlastnictví autorských práv by mělo obecně náležet autorovi, nikoliv osobě, která jej

žadává. Christensen et al (2007) s tím nesouhlasí a tvrdí, že model je kombinované dílo, a proto by se s právem duševního vlastnictví (IPR) nebo vlastnictvím mělo zacházet podobně jako s výstupem konvenční týmové práce. Neexistuje však žádná judikatura, která by tento postoj podporovala, a tento problém zůstane problémem, dokud soud nerozhodne v nějakém případě a nebude vytvořen precedens. Pracovní skupina BIM Industry Working Group (2011) dále uvádí, že by to neměla být dlouhodobá překážka pro přijetí BIM a měla by se hledat jednoduchá řešení. Furneaux a Kivvits (2008) navrhuji, aby se těmito problémy zabývaly vlády.

2.8 Stupně vyspělosti BIM směrem k iBIM

BIM se přisuzují rozsáhlé možnosti představující řadu výzev, které musí zúčastněné strany z oblasti architektury, inženýrství, stavebnictví, provozu a údržby (AECOM) řešit.

Tři fáze vyspělosti BIM a měnící se koncový bod, který umožňuje nepředvídaný budoucí technologický pokrok. Rámec BIM identifikuje vyspělost BIM v rámci organizací, projektů a odvětví jako řadu stádií, která musí zúčastněné strany postupně a důsledně zavádět. Každá z těchto etap je dále rozdělena do kroků. Etapy se od kroků liší tím, že etapy představují transformační nebo radikální změny, zatímco kroky jsou postupné (Holsapple a Joshi 2006). Zralost BIM zahrnuje složky TPP (technologie, procesy a politiky) a dělí se na tři etapy znázorněné (obr. 6) (AIA, 2007, Succar 2009).



Obrázek 6 Stupně vyspělosti BIM – lineární pohled podle Succara (2009)

V zásadě Succar (2009) naznačuje, že Rámec měří dvě nejdůležitější proměnné, podle kterých se fáze BIM posuzují – datové toky v BIM a fáze životního cyklu.

2.8.1 Datové toky v BIM

Informační modely budov jsou tvořeny "inteligentními" objekty (Ibrahim & Krawczyk 2003), které představují fyzické prvky, jako jsou dveře a sloupy (Fischer & Kunz 2005), a obsahují "inteligenci" (Halfawy & Froese 2002). Inteligentní objekt AECOM se liší od projektu v CAD, který obsahuje jen málo metadat nebo neobsahuje žádná (Ibrahim a Krawczyk, 2003). Intelligence

objektu, označovaná také jako "sémantické bohatství" (Halfawy a Froese 2002), a datové toky mezi zúčastněnými stranami BIM jsou kritickými a zjistitelnými proměnnými vyspělosti BIM.

Datové toky BIM jsou rozmanité a zahrnují přenos strukturovaných/počítačových (např. databáze), polostrukturovaných (např. tabulky) nebo nestrukturovaných/nepočítačových (např. obrázky) dat mezi počítačovými systémy (Halfawy a Froese, 2002). Tento přenos může být založen na souborech nebo na principu push-pull dat mezi servery a klientskými počítači (Froese, 2003b). Datové toky BIM jako takové nezahrnují pouze odesílání a přijímání "sémanticky bohatých" objektů – hlavních součástí modelů BIM – ale také odesílání a přijímání informací založených na dokumentech (Froese 2003a).

Tuto rozmanitost dat a způsobů jejich přenosu mezi účastníky BIM lze klasifikovat a později měřit na základě stupňů vyspělosti BIM mnoha způsoby. Datové toky BIM mohou být buď "přeposílání" dat BIM, nebo "výměny" dat BIM.

- Přeposílání dat BIM je situace, kdy uživatel BIM exportuje nebo importuje data, která nejsou ani strukturovaná, ani vypočitatelná. Typickým příkladem přeposílání dat je export 2D výkresů CAD z 3D objektových modelů, což vede ke značné ztrátě geometrických a sémantických dat.
- Výměna dat BIM je, když uživatel BIM exportuje nebo importuje data, která jsou strukturovaná a vypočitatelná a zobrazitelná jinou aplikací. Výměna předpokládá "odpovídající interoperabilitu" mezi systémy odesílatele a příjemce. Interoperabilita je definována jako "schopnost dvou nebo více systémů nebo komponent vyměňovat si informace a používat vyměněné informace" (IEEE, 1990). Výměna BIM (interoperabilní výměna dat BIM) může probíhat mnoha technickými způsoby, včetně výměny proprietárních (např. RVT a DGN), otevřených proprietárních (např. DWF a mnoho XML) nebo neproprietárních formátů souborů (např. IFC, CIS/2). Typickým příkladem "přiměřené interoperability" je export souboru IFC z jedné aplikace BIM a jeho následný import jinou aplikací bez větší ztráty bohatosti objektových dat.

2.8.2 Fáze životního cyklu projektu

Stavební projekty procházejí třemi hlavními fázemi životního cyklu. Implementace BIM pravděpodobně změní složky a vztahy mezi fázemi životního cyklu, činnostmi a úkoly a také změny způsobené různými interakcemi BIM (jak je uvedeno výše) a vyspělostí BIM na základě vyspělosti podle úrovně implementace BIM (viz. kap. 2.4).

Úroveň 0 a její znalostní modelování:

Spolupráce mezi zúčastněnými stranami není prioritní a pracovní postup je lineární a asynchronní. V podmínkách před zavedením BIM trpí stavební průmysl nízkými investicemi do technologií a nedostatečnou interoperabilitou (CWIC 2004).

Úroveň 1 a její znalostní modelování:

Znalostní model předpokládá, že modelování založené na objektech podporuje zrychlený postup – kdy se projekt stále realizuje postupně, ale projektové a stavební činnosti se v zájmu úspory času překrývají (Jaafari 1997). Succar (2009) tvrdí, že po dosažení vyspělosti v rámci implementace na úrovni 1 aktéři BIM uznají potenciální výhody zapojení dalších aktérů v oblasti projektování a výstavby s podobnými schopnostmi modelování. Takové uznání a následné kroky povedou tyto hráče k další revoluční změně TPP: spolupráci založené na modelech.

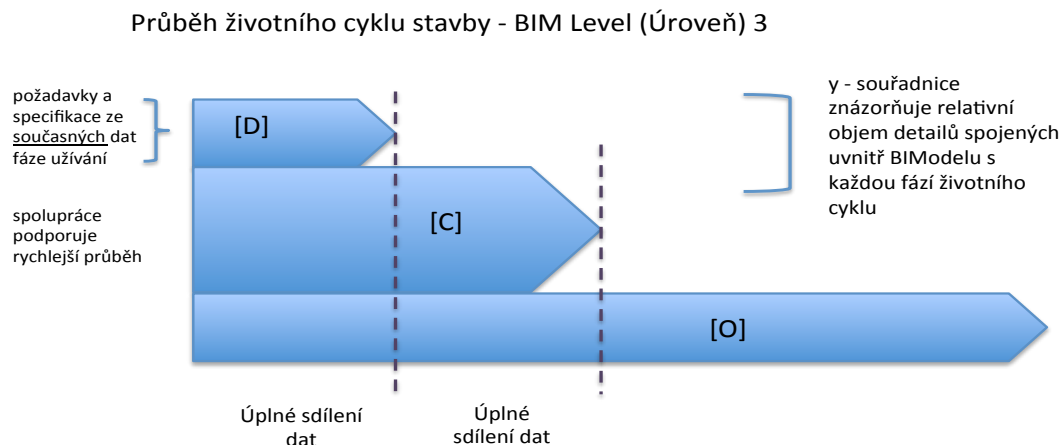
Úroveň 2 a její znalostní modelování

Znalostní model předpokládá, jak je spolupráce založená na modelech faktorem podněcujícím zrychlení a změnu relativní intenzity modelování v rámci jednotlivých fází životního cyklu. Succar (2009) tvrdí, že zobrazené překrývání je způsobeno tím, že stavební subjekty stále častěji poskytují služby související s projektováním jako součást svých nabídek v rámci úrovně 2 a projektanti stále častěji přidávají do svých modelů projektování informace o výstavbě a zadávání veřejných zakázek. Také dochází ke změnám v sémantickém bohatství napříč fázemi životního cyklu, protože podrobné modely konstrukce a výroby (např. modely výroby ocelových detailů a potrubí) částečně nahrazují obecnější modely konstrukčního a mechanického návrhu v předchozím kroku.

Úroveň 3 až 4 a její znalostní modelování

Znalostní model předpokládá, jak integrace prostřednictvím sdílení přes společnou komunikační síť umožňuje a podporuje "souběžnou výstavbu" - termín používaný v případě, kdy "všechny činnosti projektu jsou integrovány a všechny aspekty návrhu, výstavby a provozu jsou souběžně plánovány tak, aby se maximalizovala hodnota objektivních funkcí při optimalizaci proveditelnosti, provozuschopnosti a bezpečnosti" (Jaafari, 1997).

Implementace BIM úrovně 3 až 4 (iBIM) vyžaduje zásadní přehodnocení smluvních vztahů, modelů rozdělení rizik a procesních toků. Předpokladem všech těchto změn je vyspělost síťových/softwareových technologií umožňujících sdílený mezioborový model, který zajistí obousměrný přístup k zúčastněným stranám projektu. Vyspělost všech těchto technologií, procesů a politik nakonec usnadní integrovanou realizaci projektu (IPD). Činnosti výstavby i správy budov se tak budou od samého začátku projektu překrývat, resp. Budou vykazovat signifikantní souběh, viz obr. č. 7.



Obrázek 7 Fáze životního cyklu projektu pro BIM úroveň 3 - lineární model (Nývlt et al., 2019b)

2.9 Úloha používání ontologií v řízení znalostí (KM)

2.9.1 Řízení znalostí jako cesta k iBIM

Řízení znalostí nevykazuje ve stavebnictví silnou pozici a je nepravděpodobné, že by si udrželo dobrou pozici v jakémkoli počátečním odvětví BIM kvůli jejich nedostatečné ochotě. To zdůrazňuje potřebu hlubšího posouzení vyspělosti KM v úzkém spektru. Primárním měřítkem by bylo zjistit, jak dobře by se současný systém (ať už účelný, nebo ne) dobře mapoval s vhodným automatizovaným systémem. Za přidanou vyspělost by bylo možné považovat jakoukoli současnou implementaci systému.

Návrh řízení (a informací) v rámci životního cyklu stavby se tak ukazuje jako zásadní pro úspěšné začlenění BIM do stavební praxe v celé svojí šíři (viz kapitola 4.2, tabulka 2), přináší komplexní pohled na řízení informací ve stavebním podniku a to nejen informací uložených v modelu BIM, ale ve všech podnikových informačních systémech, včetně používaných řešení partnerských organizací, zákazníků, dodavatelů atd. Uchopení řízení informací tímto komplexním způsobem může přispět i k návrhům změny řízení podniku tak, aby digitalizace jeho řízení mohla být úspěšná. Přináší návod, jak pracovat s informacemi, pro úspěšný change management podniku.

2.9.2 Ontologie jako nástroj pro model komunikace v BIM

Ontologické modelování podporující správu informací o životním cyklu majetku ve vystavěném prostředí. Vystavěné prostředí zahrnuje aktiva, jako jsou:

- budovy (obytné a užitkové, skleníky);
- stavební infrastruktura (jako silnice, koleje, mosty, viadukty, tunely a zdymadla, kabelová vedení a kanály/potrubí);
- námořní, říční i pobřežní stavby (přístavy, vodní turbíny); ale také
- komplexní kombinace, jako jsou přístavy, letiště, města, čtvrti, veřejná prostranství atd.

Celkový kontext je shrnut na následujícím obr. 8, kde je zdůrazněno, že se obvykle musíme zabývat "sítí (nebo "ekosystémem") sladěných ontologií" umožněných společným, jednotným standardem sémantického modelování a propojování.

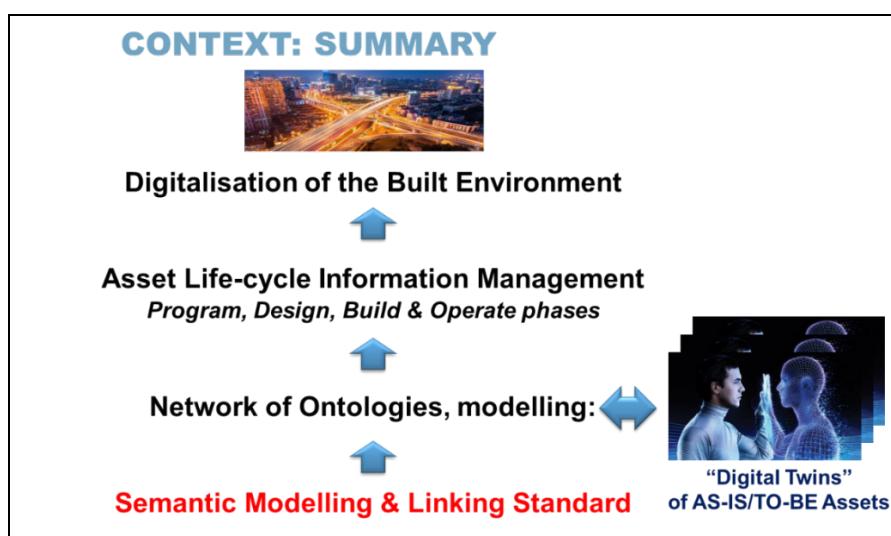
Tento přístup se musí zaměřit na sémantické modelování a propojování údajů o majetku. Sémantické znamená, že data jsou nejen strukturovaná a tím jsou strojově čitelná/zpracovatelná, ale také definovaná explicitní specifikací, zde označovanou jako datový model, což umožňuje strojovou interpretaci dat.

Primárním kontextem jsou aktiva ve vystavěném prostředí. Vystavěné prostředí zahrnuje budovy, občanskou, energetickou a komunikační infrastrukturu a stavby na vodních tocích.

Budovy jsou obvykle obytné budovy, kanceláře, budovy pro veřejné služby, například nemocnice, a technické budovy, jako jsou továrny. Infrastruktura zahrnuje mosty, tunely, estakády, zdymadla, silnice, železnice a energetické sítě. Námořní stavby a stavby na vodních tocích zahrnují zdymadla, jezy, větrné turbíny, mořské plošiny a mola. Do oblasti působnosti spadají také agregáty těchto aktiv (komplexní kombinace aktiv nebo dokonce celé silniční/železniční sítě, portfolia budov nebo smíšené typy letišť, přístavů, měst, zpracovatelských závodů atd.) a jejich části (systémy, prostory/elementy, komponenty a stavební materiály).

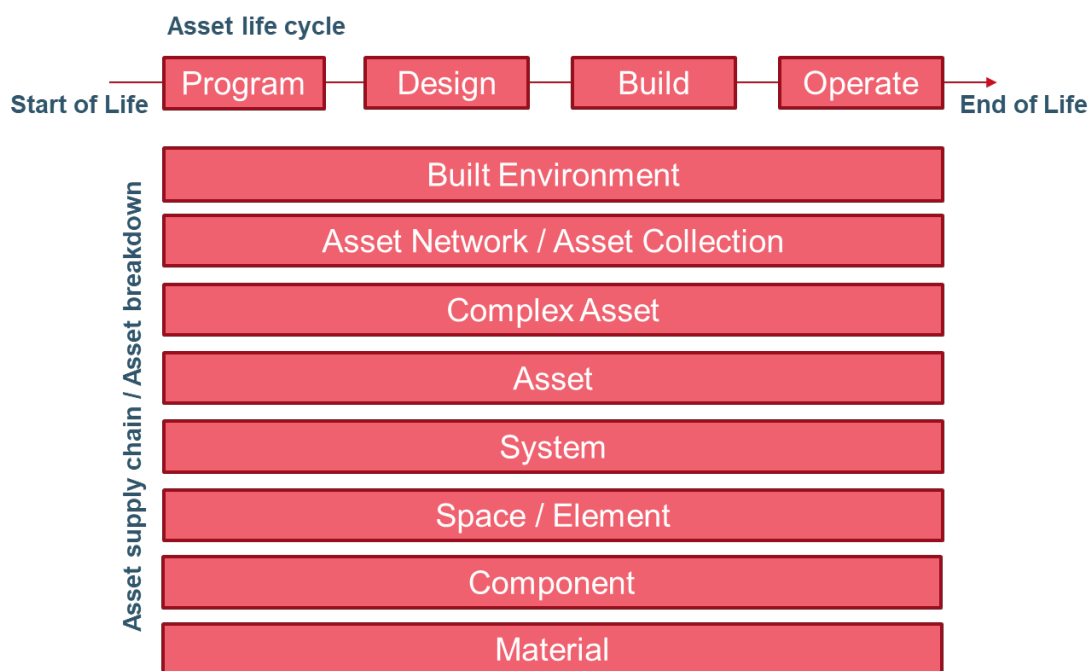
Životní cyklus aktiva obsahuje jeho dodávku (program, návrh a výstavba) a jeho provoz (používání, správa, údržba, renovace nebo změna účelu) až do jeho případného ekonomického, funkčního nebo technického "konce životnosti", po němž dochází k demolici a případné recyklaci a opětovnému použití materiálů.

Během celého životního cyklu aktiva pokrývá příslušný poptávkový a dodavatelský řetězec klienty, dodavatele, subdodavatele a dodavatele/výrobce produktů. Fáze dodavatelského řetězce jsou úzce spjaté se strukturou členění aktiva zahrnující různé úrovně agregace. "Výrobek" je tímto definován jako "aktivum, které lze koupit" na jakékoli agregační úrovni. Z těchto definic vyplývá, že "modelování aktiv" obsahuje „modelování produktů“.



Obrázek 8 Kontext informačního životního cyklu aktiv (ALIM) v rámci vystavěného prostředí. (CEN, 2021)

Síť ontologií odráží soubor vzájemně propojených koncepčních pohledů na aktiva, často označovaných jako "digitální dvojčata", které definují a popisují či sledují konkrétní aktiva v průběhu jejich životního cyklu od programování, přes návrh a konstrukci až po jejich provoz a případné ukončení životnosti. Vlastní hrací pole našeho úsilí o modelování a propojování je znázorněno na dalším obr. 9, který je maticí jak tohoto životního cyklu, tak dodavatelského řetězce pro aktiva ve vystavěném prostředí.



Obrázek 9 Znáznornění vzájemného působení životního cyklu aktiv a dodavatelského řetězce a vztahů. (CEN 2021)

2.9.3 Ontologická reprezentace rámce BIM

Rámec BIM si klade za cíl zkoumat a reprezentovat řadu konceptů a vztahů. Aby se snížila složitost, umožnilo získávání znalostí a ověřování témat rámce BIM, měla by být vytvořena specializovaná konceptuální ontologie BIM. Succar (2009) tvrdí, že ontologie BIM jako jazyk pro reprezentaci rámce BIM bude fungovat jako "formální popis prvků a vztahů mezi prvky" v rámci domény. Bude také pomáhat při aplikaci nástrojů, technik a metodik pro získávání znalostí, usnadní konstrukci doménových modelů a opakované použití znalostí napříč doménami.

Modely jsou reprezentace a koncepty popisující zjednodušeným způsobem "obrovské bohatství tohoto světa" (Ritter, 2010, s. 360). Dobře navržený model podle Rittera (2010, s. 349) "poskytuje hustší reprezentaci originálu z reálného světa". Přispívá ke sdílení znalostí tím, že snižuje složitost a nejednoznačnost, což vede k "porozumění lépe přenositelnému mezi lidmi". Aby tvůrce modelu přesně reprezentoval vnější jev, musí prokázat vysokou míru úsudku při identifikaci jak pozorování / zhušťování dat, aniž by ztratil podstatné atributy jevu, ale také při identifikaci správné úrovně jednoduchosti a složitosti pro tvorbu modelu, aby "usnadnil porozumění" danému jevu (Ritter, 2010). Naproti tomu v matematických nebo statistických modelech (Reisman, 1988), které reprezentují data a jejich vztahy, obsahuje konceptuální model

soubor pojmů, "charakteristik spojených s určitými událostmi, objekty nebo podmínkami, k reprezentaci nebo popisu (nikoli k vysvětlení) objektu nebo procesu".

2.10 Modely a jejich principy

2.10.1 Princip centrálního modelu

Základní myšlenkou je záměr zjednodušit propojení velkého počtu uzlů. Pro snížení velkého počtu propojení používáme jeden centrální uzel. Uzly v tomto modelu mohou být dílčí modely různých aplikací, domén, knihoven a dalších prvků. V praxi je tento přístup samozřejmě složitější, než se na první pohled zdá. Zde se v případě centrálního uzlu bude jednat o poměrně rozsáhlý model, který bude zodpovídat za mnoho jednotlivých, dílčích informačních potřeb, propojených aplikací a bude udržovat propojení a znalosti v mnoha zdrojích, ze kterých může aplikace čerpat konkrétní informace (Kusý, 2013b).

Při této velikosti systému jej nelze implementovat v celém rozsahu, ale bude lepší jej rozdělit na části, jako jsou AP (aplikační protokoly), CC (třídy shody). Navíc význam informací je často dán kontextem, je otázkou, zda u tohoto modelu výměny dat skutečně dojde k zamezení ztráty informací ve smyslu ztráty významu. Rovněž sdílení dat prostřednictvím sdílené databáze není pro potřeby informací dostačující, protože sémantiku informací v kontextu jednotlivých aplikací nelze spolehlivě zabezpečit pomocí řízeného databázového systému, byť sofistikovaného. Proto se objevují další scénáře, které jsou předmětem výzkumu a testování nových cest. Jednou z nich je SOA (Service Oriented Architecture), kdy uživatelé nepoužívají aplikace jako nástroj pro výměnu informací, ale je jim nabídnuta tato konkrétní aplikace přístupná přes internet. Tím se zamezí rozdílné interpretaci informací různými aplikacemi, ale toto řešení stále neposkytuje řešení pro výměnu informací nebo jejich sdílení mezi různými druhy aplikací.

Pro řešení druhého problému se ukazuje, že možným řešením by mohl být vývoj ontologií. Ontologie není jen specifikace sémantických nebo znalostních objektů, ale může také vytvořit spustitelné prostředí, ke kterému lze přistupovat prostřednictvím mnoha aplikací na internetu. Ontologie tak zajišťuje konzistenci interpretace sémantických dat jednotlivými aplikacemi.

Pro modelování staveb to nestačí, a jak bylo uvedeno výše, cílem BIM je poskytnout dostatečné množství konzistentních, jednoznačných a neredundantních dat. To znamená, že pro každou skutečnost uchovávanou v modelu bude akceptována pouze jedna hlavní kopie. Všechny ostatní kopie stejných skutečností musí být v režimu "odvozené" nebo "sekundární".

2.10.2 Objektově orientované modelování

Je zřejmé, že jak modely výrobků, tak modely BIM budou mít za úkol zachovat v informačním modelu všechny druhy vlastností výrobků. To je velmi podobné základním principům objektově orientovaného programování a modelování. Tato objektová orientace znamená, že se na vše pohlíží jako na objekty s jejich vlastnostmi a chováním. Takové výrobky, jako jsou stěny, stropy, podlahy atd. lze samozřejmě velmi snadno popsat jako objekty s určitými vlastnostmi a chováním.

V případě diskrétních nebo nehmotných jevů však bude takové modelování obtížnější. Jak můžeme např. objektivizovat takové přírodní jevy, jako je vítr, déšť, sluneční světlo, vodní toky, chování lidí?

Objektově orientované modelování používá pojmy jako třídy a instance, zapouzdření, dědičnost a polymorfismus. Tyto pojmy jsou také základními koncepty informačních modelů staveb. Existuje mnoho literatury, kde jsou tyto pojmy podrobně popsány, například v Booch et al (1999).

2.10.3 Modelování objektů a staveb

Modely informací o stavbách a objektech mohou být velmi komplikované. Vždy bude dobré začít s jednoduchým BIM (Modelem), který bude vázán na fyzický objekt nebo konstrukci stavby. Jako příklad uveďme:

- stavební objekty, jako jsou stěny, okna nebo dveře, a jejich vlastnosti,
- vztahy, vazby a závislosti mezi těmito objekty,
- úroveň složení (jednotky nebo části) budov, stavební úseky, stavební prvky, stavební součásti,
- stavební systémy: stavební konstrukce, otopné systémy atd.

Pomocí výše uvedených pojmů je možné svázat řadu informací o stavbě. V tomto okamžiku se mohou objevit první úkoly BIM (modelování), které je třeba vyřešit. Například skladba budovy snadno popíše vztah mezi objektem a jeho částmi. Co to však ve skutečnosti znamená? Je celek stejný jako součet všech jeho částí? Mohou být objekty součástí větší stavby? Může docházet k překrývání stavebních kompozic?

Ukazuje se, že konstrukční struktury souvisejí se systémovými koncepty a obecně se systémovým myšlením. Měli bychom nastínit rozdíl mezi subsystémy a funkčními nebo organizačními systémy. Použijeme-li k modelování subsystémy, bude se stavba postupně skládat z částí, které mají společnou (geografickou nebo prostorovou) polohu: severní část budovy, horní patro.

V případě organizačního systémového přístupu a metod systémového myšlení (Petr, 1989) takové organizační systémy vykonávají určité činnosti nebo plní určitou funkci. Nazývají se také funkční systémy. Stavba se skládá z částí, které sdílejí "roli v čase".

2.10.4 Modelování taxonomie

V rámci výzkumu (Succar, 2010) bylo navrženo několik taxonomií specifických pro BIM, které mají objasnit znalostní struktury nezbytné pro oblast BIM a usnadnit vývoj koncepčních modelů a nástrojů potřebných ke zlepšení výkonnosti. Např. organizační hierarchie, hierarchie kompetencí BIM a taxonomie znalostí BIM jsou běžné koncepční nástroje na podporu hodnocení výkonnosti jednotlivců a organizací nebo celého stavebního trhu (např. v určité zemi). Každá z

navržených taxonomií je "prostředkem k učinění řady různých závěrů; jedním ze závěrů může být poskytnutí směru a/nebo vodítka pro rozšíření, zobecnění znalostí " (Reisman, 1988, s. 216).

2.10.5 Modelování partonomie (meronomie)

Dalším způsobem znázornění (reprezentace) znalostí je partonomie. "Znalosti mohou být organizovány prostřednictvím taxonomie nebo partonomie" (Tversky a Hemenway, 1984, s. 189). Partonomie (někdy označovaná jako meronomie) je typ hierarchie, která se zabývá vztahy mezi částmi a jednotkami (což je právě vhodné pro organizaci znalostí o objektech BIM nebo možnostech BIM). To je zásadní rozdíl od taxonomie, jejíž kategorizace je založena na diskrétních množinách. Z toho vyplývá, že partonomie bude použitelnější všude tam, kde se jedná o objektově orientované programování nebo modelování.

Tversky a Hemenway (1984) se zabývají využitím partonomie pro reprezentaci znalostí jako hierarchie reprezentující složení částí a entit. Poukazuje na to, že klasické studie částí a jednotek jsou založeny na 3 axiomech:

- Přechodné - "části částí jsou částmi celku" - jestliže A je částí B a B je částí C, pak A je částí C.
- Reflexivní - "vše je částí sebe sama" - A je částí A.
- Antisymetrické - "nic není částí své části" - jestliže A je částí B a $A \neq B$, pak B není částí A.

Partonomie lze reprezentovat pomocí sémantických webových jazyků, jako je OWL, které modelují některé obecné doménové a specifické ontologie.

2.10.6 Modelování klasifikace znalostí

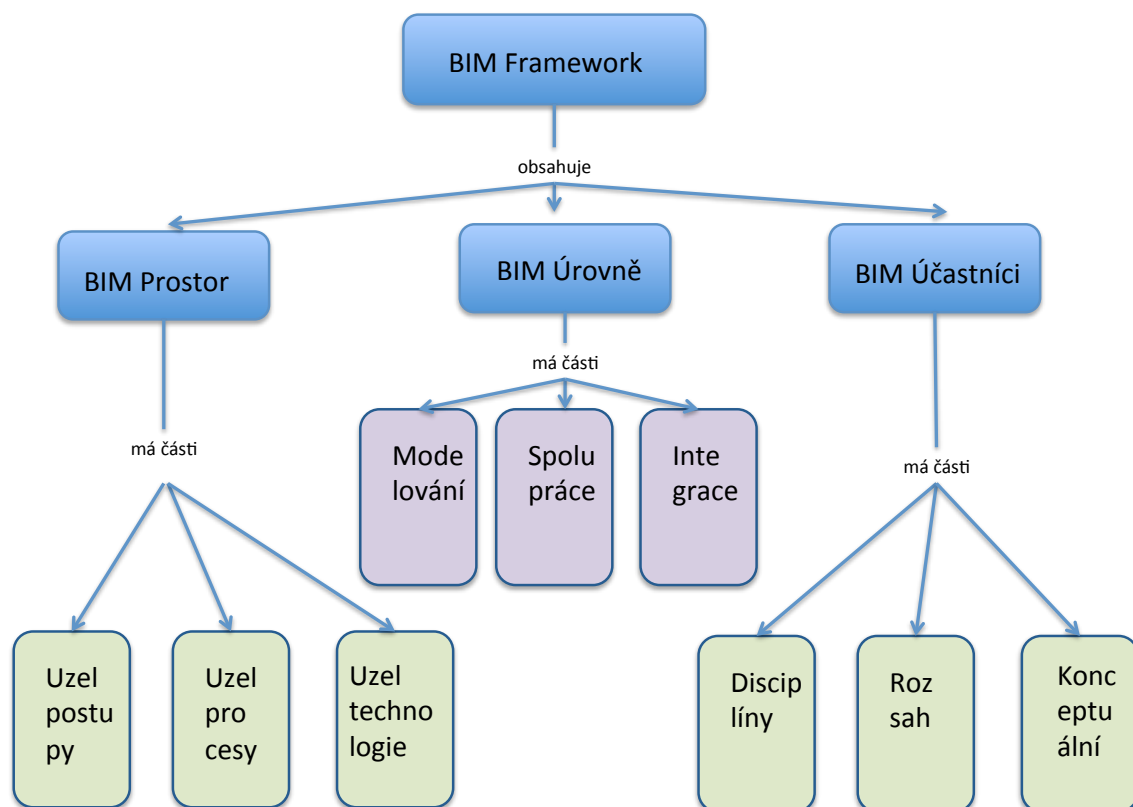
Klasifikace je "smysluplný soubor zkušeností" a "leží v centru každé vědecké oblasti". Klasifikace je také "heuristický nástroj užitečný ve formativních stupních objevování, analýzy a teoretizování". Například při procházení existující literatury je klasifikace "jednoduchou metodou uspořádání pojmů a umožňuje objevit vhodné vzory".

a) Ontologické modely

Ontologie jsou teorie obsahu o typech objektů, vlastnostech objektů a vztazích mezi objekty, které jsou možné v určité oblasti znalostí. Poskytují možné pojmy pro popis našich znalostí o doméně Podle Chandrasekana et al (1999) existuje několik typů ontologií, včetně aplikačních, doménových a reprezentativních ontologií. Doménové ontologie hrají důležitou roli při získávání, analýze a opětovném využívání doménových znalostí tím, že vytvářejí implicitní předpoklady a usnadňují komunikaci mezi lidmi. Prostřednictvím ontologie je možné formalizovat doménové pojmy a jejich vzájemné vztahy pomocí získávání, sebepozorování a reprezentace znalostí, které následně mohou tvořit základ pro další získávání znalostí.

BIM ontologie je určena jako doménový slovník pro reprezentaci pojmů BIM a jejich vzájemných vztahů; usnadňuje zaznamenávání znalostí od expertů v oboru a sdílení doménových znalostí. Nezbytnou součástí bude také kategorizace zaznamenaných / získaných znalostí.

Ontologie BIM bude polostrukturovaná doménová ontologie, jejímž posláním bude získávání a komunikace znalostí mezi lidmi. Jejím záměrem je reprezentovat push / pull vztahy mezi účastníky BIM v různých procesech, jejich příspěvky k procesům a jejich požadavky. Návrh na využití ontologie BIM v celém procesu řízení znalostí v rámci BIM je znázorněn na obrázku 10.



Obrázek 10 Partonomický (taxonomický) zápis BIM Frameworku, reprezentující BIM Ontologii (Succar, 2009)

Taxonomie, dnes roztržštěné díky fragmentaci stavebnictví, jsou slovníky, které se zdají být účinným a efektivním způsobem organizace a konsolidace znalostí. Dobře strukturovaná taxonomie umožňuje smysluplné seskupování zkušeností a je prostředkem vedoucím k více cílům, z nichž jedním je poskytnout směr a/nebo vést k rozšíření či zobecnění znalostí. Při vytváření specializované taxonomie pro organizaci kompetencí BIM je vhodné přijmout návod, který navrhuje Gregor (2006), očekáváme, že taxonomie bude "komplexní a vyčerpávající; zahrnuje třídy, které obsahují všechny jevy našeho zájmu; je založena na pravidlech rozhodování; která jsou jednoduchá v přiřazování tříd; a třídy by se měly navzájem vylučovat". Kromě toho, protože taxonomie mají napomáhat lidskému porozumění, měly by být tyto třídy snadno pochopitelné a působit přirozeně.

Ontologie BIM obsahuje specifické pojmy, jejich vztahy a atributy usnadňující analýzu nad doménovými znalostmi, které umožňují získávání a komunikaci znalostí. Ukazuje se také, že ontologické vztahy usnadňují "pojmovou směs" vytvořenou propojením různých typů pojmových konstrukcí: rámce, modely, taxonomie, klasifikace a specializované termíny ze slovníků BIM.

b) Ontologie jako základ "obecného kódu" budovy

Ontologie není jen znalostní model, který je popsán jazykem s vyšší vyjadřovací schopností; ontologie slouží také jako primární prostředek k dosažení interoperability na webu. Termín ontologie původně pochází z filozofie; Thomas Gruber (2019) definoval její použití pro účely znalostního inženýrství jako formální a explicitní specifikaci sdílené konceptualizace určité oblasti. Význam této definice je následující:

- "Formální a explicitní" znamená, že ontologie vyjadřuje znalosti pomocí určitého ontologického jazyka s určitou vyjadřovací schopností, který má formální logický základ;
- "sdílená" znamená, že ontologii používají všichni členové komunity. Každý člen této komunity se zavazuje používat ontologii k popisu pojmů dané domény. Ontologie se tak stává společenským závazkem dané komunity.
- "Konceptualizace" znamená, že ontologie definuje pojmy domény na určité úrovni abstrakce, která odpovídá požadavkům na modelování domény.

c) Výhody používání ontologií

Ontologie mají obrovskou výhodu v tom, že jsou srozumitelné pro člověka a strojově čitelné (Dibley et al, 2012). Ontologie se nejčastěji dělí podle zdroje konceptualizace:

- obecná ontologie (též ontologie vyššího řádu),
- zachycující obecné vzory – doménová ontologie,
- určená pro konkrétní obor (nejčastější)
- úkolová ontologie (též reprezentativní ontologie nebo meta-ontologie),
- zaměřená na odvozovací procesy,
- aplikační ontologie – přizpůsobená konkrétní aplikaci (nejkonkrétnější, obvykle zahrnuje jak doménovou, tak úkolovou část).

Podíváme-li se alespoň částečně z knihovnického hlediska na ontologie, pak je můžeme srovnat s tezaury. Ontologie do jisté míry vycházejí z funkcí a účelu tezauru, ale v podstatném směru jdou mnohem dál (Roussey et al, 2012)

Právě proto, že ontologie připomíná tezaurus nebo křížové odkazy, vyvstává v komunitě stavebního průmyslu dosud nezodpovězená otázka, zda je dobré stát se správcem ontologie ve smyslu vytváření rozsáhlých slovníků založených na taxonomii.

Ontologie pro web se obvykle skládají z taxonomie a souboru odvozených pravidel. Taxonomie definuje třídy objektů a jejich vztahy. Třídy, podtřídy a vztahy jsou mocným nástrojem, protože můžeme vyjádřit velké množství vztahů mezi entitami. Z toho také vyplývá, že podtřídy dědí vlastnosti tříd.

Tvorba ontologie se obvykle skládá z následujících kroků:

1. Určení rozsahu a cílů ontologie.

2. Určení domén specifických pro entity.
3. Uspořádání entit v hierarchii.
4. Definování entit.
5. Vlastnosti entit.
6. Identifikace vztahů.
7. Upřesnění a rozšíření.

d) Interoperabilita ontologií

Posláním ontologií, zejména pro návrh metamodelu, kterým je rámec BIM a kterým se zabýváme, je zajistit interoperabilitu prostřednictvím sdílení znalostí. Reálně však nelze předpokládat, že bude vždy existovat jedinečná ontologie, která popisuje kompletní prostředí. Jednotlivé aplikační domény nemají jasně definované hranice, takže mezi nimi dochází k překryvům. Někdy je také obtížné dosáhnout shody při tvorbě ontologií (ať už z organizačních důvodů, nebo z důvodů vzájemného nepochopení), takže se mohou při tvorbě ontologií rozvíjet podobné vývojové větve. Z tohoto důvodu je důležité zajistit interoperabilitu ontologií mapováním pojmů určité ontologie na pojmy druhé ontologie (Jackson, 2010). V návrzích sémantického webu 3.0 se toto mapování označuje jako sladování. Mapování ontologií definuje dvě fáze:

(1) Inženýr pomocí vhodných nástrojů mapuje koncepty zdrojové ontologie na koncepty cílové ontologie.

(2) Software (mediátor) fyzicky transformuje instance, které těmto konceptům odpovídají.

Současný výzkum mapování ontologií, jak uvádí Roussey at al (2012) používá jazyková pravidla k popisu mapování v podobě sémantických vztahů, které existují mezi dvěma ontologiemi. Pomocí takových pravidel můžeme zejména říci, že třídy první ontologie jsou ekvivalentní třídám druhé ontologie. Pomocí logických výrazů můžeme popsat pravidla, která jednoznačně definují, jak mohou být data obsažená v instanci zdrojové třídy obsažena v instanci cílové třídy.

Většina organizací podnikajících ve stavebnictví čelí velké výzvě. Jak již bylo zmíněno, technologie BIM, stejně jako nové technologie Web 2.0, si může dobře a bezproblémově osvojit nová generace, někdy nazývaná "net generation", která od dětství vyrůstala na internetu, mobilních telefonech a počítačových hrách (Jackson, 2010). Při spoléhání se na tento fenomén v tom smyslu, že při výměně pracovníků budeme zvládat nové technologie hrozí ztráta znalostí předchozí generace. Stojíme před výzvou využít tyto technologie k zachycení těchto potenciálně unikajících znalostí spolu s jejich nositeli.

Zde je analogie mezi implementací BIM a technologiemi Web 2.0. Web 2.0 je fenomén sám o sobě a BIM má tento potenciál také (Svetel a Pejanovič, 2010). Připomeňme, že na rozdíl od technologií Web 1.0, které byly založeny na tehdy klasické architektuře klient-server, se jedná o počítačové aplikace se zabudovanými SW možnostmi, které umožňují vytvářet spojení mezi lidmi,

kteří tento SW používají. To představuje výrazné matematické vlastnosti a potenciál těchto sítí, které jsou stále častěji uváděny jako základní argumenty pro jejich komerční využití.

S vědomím všech těchto aspektů Jackson (2010) uvádí, že zavedení a využití technologií Web 2.0 v podnikových systémech zajistí úspěšnou odpověď na tyto otázky, příležitosti a výzvy:

- Záplava informací reprodukováných elektronickou poštou.
- Potřeba větší návratnosti nákladů spojených s vytvářením a udržováním znalostí jako klíčového aktiva podniku.
- Splnění očekávání a preferencí nové generace pracovníků (net generation).
- Zabránění ztrátě rozsáhlých znalostí generace, která se chystá odejít do důchodu.
- Možnosti propojení, které nabízí obrovská dynamika sítě.
- Potřeba zlepšit rozhodovací procesy zapojením co největšího počtu dalších lidí do sítě.
- Možnost vytvářet rozsáhlé sofistikované znalostní produkty tím, že se na této práci bude moci podílet mnoho malých přispěvatelů.
- Roztříštění hodnotového řetězce pracovních procesů do několika menších částí.
- Distribuce práce na libovolnou vzdálenost.
- Vytváření a šíření nových znalostí podporou rychlých, ale důsledně řízených rozhovorů.
- Rozšíření outsourcingu některých prací na dodavatele a krátkodobé pracovníky.
- Používání softwaru, který sám o sobě bude formovat očekávání zaměstnanců, jak by měl firemní software vypadat.
- Potřeba, aby společnosti řídily veškerou komunikaci na základě zákonných a regulačních povinností a účelů.

Je však známo, že ďábel se skrývá v detailech. Nůžky mezi těmito tvrzeními, byť na základě faktů, a realitou podnikání a jeho rozhodovacích procesů jsou velmi rozevřené. Vzhledem k tomu, že stále není k dispozici dostatek publikovaných a kvalitních výzkumů, které by tyto body potvrdily, je zde dostatek prostoru pro skeptiky. Kromě toho existuje mnoho ukazatelů, že ne vše může fungovat tak, jak se uvádí. Podle Jacksona (2010) se podívejme, jak je to s organizacemi ve stavebnictví:

- Generace seniorů se často překrývají po dobu několika let a nehrozí radikální a rychlá ztráta znalostí.
- Pro dosažení účinného síťového efektu musí být v organizaci dostatečný počet spojovacích uzlů, což v řadě organizací není běžné (mnohé mají stále architekturu klient-server založenou na IT).
- Moudrost sdílení velkého počtu lidí musí zahrnovat tento počet lidí.
- V mnoha společnostech jsou však odborníci osamoceni.
- Nová generace využívá nové technologie přirozeně a obratně, ale po vstupu do firem se musí přizpůsobit setrvačnosti a rigiditě procesů uvnitř, kde sdílení a interaktivita nejsou vnímány pozitivně.
- Jsou potřeba nové styly řízení, ale řízení a kontrola v podobě často spojené s privilegií a ochranou je pro mnoho vedoucích pracovníků stále prioritou. Je potřeba, aby se nové technologie používaly v praxi.

- Flexibilita je žádoucí, ale přílišný prostor pro složitost a prodlužování konkrétní výroby vede ke ztrátě efektivity v dalším období.

Tyto zkušenosti z procesů přijímání Web2.0 lze zobecnit na přijetí jakékoliv jiné technologie na základě robustního vývoje jak SW, tak změn ve způsobu komunikace, které umožňuje současný rozvoj komunikačních sítí a kanálů. Proto se BIM a jeho implementace bude potýkat a v mnoha případech již potýká s podobnými problémy.

e) Vhodnost ontologií pro řízení znalostí v BIM

Ve filozofii je ontologie chápána jako nauka (nebo soubor nauk) o "bytí" nebo jako univerzální systém znalostí popisující předměty, jevy a zákony světa. V informatice je ontologie specifikována jako "explicitní specifikace konceptualizace". Konceptualizace (tj. systém pojmů modelující určitou část světa) musí být explicitně specifikována, tj. nejen "schována" v hlavě autora. Účelem ontologií je podpora porozumění mezi lidmi, podpora komunikace mezi počítačovými systémy a podpora návrhu znalostních systémů.

f) Typy ontologií:

- Terminologie – pokročilý tezaurus – slovníky. Používají se v knihovnictví a oborech zaměřených především na textové informace.
- Informační – Vývoj pojmových schémat databází. Poskytují abstrakci a vyšší kontrolu integrity
- Znalosti – reprezentace umělé inteligence. Objekty a vztahy mezi objekty jsou důsledně definovány pomocí formálního jazyka.

Jak se ukazuje v praxi, komunikace prostřednictvím (lidského) jazyka je způsob, který přispívá ke vzájemnému porozumění a efektivnímu předávání znalostí mezi jednotlivci – účastníky komunikace. "Pro efektivní výměnu informací je nezbytné, aby tito účastníci komunikace sdíleli společnou slovní zásobu (lexikon) a také obecný model tvorby této slovní zásoby. Takový model může být reprezentován ontologií, jejíž vlastní funkcí je seskupovat podobné pojmy, definovat jejich vzájemné vztahy, podporovat dědičnost a další dedukce" (Oltamari, 2013).

Zkusme se podle Oltamariho (2013) nejprve podívat na integraci ontologií a slovníků (např. knihovny stavebních prvků BIM) jako na předpoklad "reprezentace, odvozování a výměny znalostního obsahu v informačních systémech, webových službách, textových dokumentech a dalších aplikačních doménách. V těchto rozmanitých kontextech se digitální slovníky (jako jsou rozmanité národní nebo podnikové knihovny stavebních prvků BIM) a digitálně vytvořené ontologie sbližují do sémantických popisů znalostního obsahu. Zde si ukážeme, jak se ontologie a slovníky liší, zatímco digitální slovníky obsahují jednotky z horní vrstvy a podporují různé (i jazykové) přístupy ke znalostnímu obsahu, ontologie zachycuje a spoluvytváří logickou strukturu propojující tento znalostní obsah. Společně digitální slovníky a ontologie přispívají k charakterizaci dílčích prvků daného sémantického prostoru a specifikují různé vztahy, které se mezi nimi vytvářejí.

Digitální slovník i ontologie bude každý shromažďovat a pracovat s jiným typem informací. Jazykově specifické syntaktické a morfologické informace budou obsaženy ve slovnících; navíc budou vždy něčím víc než jen souborem názvů sloužících k označení pojmů definovaných ontologiemi. Ontologie, jak předpokládáme "jazykově neutrální", obsahuje a sestavuje formální významy pojmů a vzájemné vztahy mezi pojmy, které nejsou obsaženy ve slovnících. Rádus ontologie se vhodně uplatní zejména tam, kde se zabýváme sémantickými vlastnostmi informací, přirozeného jazyka apod. Texty v přirozeném jazyce neobsahují pouze základní pojmové vztahy mezi entitami v určité oblasti, jako je konstrukční návrh, architektonický návrh a výstavba, ale obvykle zahrnují velmi složité aspekty lidské komunikace, včetně nejistot, řízení rizik, nových znalostí, emocí a sociálních vztahů.

2.10.7 Rámec hodnocení zralosti BIM v dlouhodobém horizontu.

Modely vyspělosti BIM (viz odst. 2.6.2) se vyvíjejí na základě pozorování vývoje odvětví, která již dosáhla určitého pokroku v oblasti BIM. V případě nezralého odvětví BIM by aplikace těchto modelů vyspělosti BIM k porovnání jeho vyspělosti odhalila jen málo informací. Absence technologie umožní větší flexibilitu při rozhodování, protože rozhodování není ovlivněno preferencemi a křivkou učení současných uživatelů (protože žádná neexistuje). To může také eliminovat požadavek konvenčních stupňů vyspělosti, které je třeba dodržovat, aby bylo dosaženo konečné úrovně. Pro vývoj navrhovaného rámce hodnocení vyspělosti jsou jako primární parametry použity komponenty integrovaného systému projektování a dodávek (IDDS). Tento rámec hodnocení umožní dobře informovat o rozhodnutích o strategické implementaci BIM. Například odvětví s lepší spoluprací (bez BIM) má vyšší schopnost vyspět v oblasti BIM ve srovnání s odvětvím se špatnou spoluprací. Podívejme se stručně na klíčové prvky rámce BIM.

a. Procesy spolupráce

Kultura nedůvěry a soudních sporů brání spolupráci v praxi. Owen et al. (2010) na str. 234 uvádí, že "obecně převládá silová mentalita a kultura a výměna informací založená na dokumentech napříč profesemi a napříč dodavatelskými řetězci zajišťuje, že informace a zejména jakákoli související inteligence, koordinace a agilita jsou buď poškozeny, nebo dokonce ztraceny. Rozhodnutí jsou tak často přijímána autonomně bez multidisciplinární účasti a při absenci holistických nebo komplexních a přesných znalostí. Využití iterativně a inkrementálně vyvíjeného návrhu, vytaženého z pohledu koncového uživatele nebo klienta, je v rámci současných struktur prakticky nemožné, nebo alespoň zřídka kdy dosažitelné." Tento popis výstižně vysvětluje nespolečnost, která se ve stavebnictví často vyskytuje. Má-li být dosaženo výhod BIM, nebo alespoň zabráněno tomu, aby se implementace BIM stala katastrofou, je nutná změna paradigmatu. Je třeba poznamenat, že BIM se do značné míry spoléhá na výkon počítačů, které uchovávají a zpracovávají velké množství dat, jež jsou sdílena mezi mnoha účastníky projektu. Ne jako lidský mozek jsou počítače méně tolerantní k chybným a chybějícím údajům, a proto by generovaly neočekávané výsledky, pokud by všichni účastníci neposkytli správné informace včas.

Spolupráce ve stavebnictví je podporována již mnoho desetiletí. Není to nový koncept ani pro nezralý obor BIM. Perspektivy kolaborativních zadávacích řízení pro české stavebnictví byly již

dříve zkoumány a ukázaly se pozitivnější výsledky, než by se dalo usuzovat ze současného stavu. Studie ukázala změnu postojů a kultury příznivě nakloněnou spolupráci, jakmile se cíleně změní kontext. Ukázala, že spolupráci brání systémy zadávání veřejných zakázek, které spolupráci nepodporují a nepropagují. Pouhé pozorování existence procesů spolupráce tedy nenabídne úplné pochopení; rámec by měl zahrnovat posouzení bezprostředního potenciálu pro procesy spolupráce.

b. Rozšířené dovednosti

Dovednosti v oblasti integrace jsou zdůrazněny jako důležitá potřeba. To se netýká dovedností používat nástroje BIM. Týká se především schopností při paralelní spolupráci. Owen et al (2010) poznamenali, že v současném stavebnictví je víceúlohová práce vzácná a převažuje myšlení založené na dokumentech. Zjednodušený příklad: Architektonické výkresy očekává stavební inženýr, aby mohl začít navrhovat konstrukci, následně inženýr vzduchotechniky očekává výkresy od obou pro svůj návrh. Při víceúlohovém uspořádání by tři projektanti pracovali paralelně a každý z nich by si vyměňoval malé části vývoje návrhu v rámci společného pracovního procesu.

Nutností je také dovednost používat nástroje BIM relevantní pro práci prováděnou každým odborníkem nebo technickým účastníkem. Vývoj v odvětví informačních a komunikačních technologií a podnikání vývojářů softwaru zbavily většinu účastníků znalosti nebo dovednosti v oblasti hardcore technologií BIM. Softwarové nástroje jsou schopny zpracovávat a vyměňovat data BIM na pozadí a zároveň poskytují uživatelsky přívětivé a známé pracovní rozhraní pro uživatele.

3D grafické rozhraní pro architekty jim pomáhá snadno virtuálně modelovat jejich představy, zatímco stejný model je sdílen s kvantitativním odhadcem ve 2D výkresech a tabulkových rozpisech pro odhad nákladů. Od každého účastníka se tedy vyžaduje, aby byl zručný pouze v nástrojích, které používá pro svůj vlastní výkon. To ho však nezabavuje povinnosti vědět, co dělají všichni ostatní z hlediska realizace projektu, protože tato znalost je pro spolupráci klíčová. Další omezení s tím spojené je diskutováno v následující podkapitole. Když CAD nemohl přilákat některé odborníky (z různých důvodů), když se začal stávat průmyslovým standardem, vyřešil tento problém zavedením nové technické vrstvy kresličů CAD do průmyslu. Totéž by mohlo být možné i v případě BIM. Víceúlohové práce tak zůstanou hlavním rozšířením dovedností, které průmysl vyžaduje.

c. Integrované informační a automatizované systémy

Owen et al. (2010) zjistili, že v současné době je v BIM a souvisejících nástrojích podporována integrace. Ty jsou specifické pro jednotlivé dodavatele, a proto propojují pouze malý počet návrhových a dodavatelských nástrojů; nejsou tedy schopny komplexní integrace. Standard IFC nabízí interoperabilitu, ale vyžaduje v každé organizaci osoby se speciální kvalifikací, aby byla zajištěna integrita výměny dat. Budoucnost integrace vidí v tom, že odborníci z praxe nemusí rozumět technologii pod ní, ale musí používat nástroje k provádění příslušných úkolů. Manažer

interoperability nastavil rámec pro nástroje, které se navzájem bezproblémově propojují, aby aktualizovaly informace požadované jakýmkoli nástrojem nebo procesem. Integrace informací by se měla rozšířit i na členy hodnotového řetězce, jako jsou dodavatelé materiálů a týmy provozu budov (nebo facility managementu). Studie van Berlo et al. (2012) ukázala, že je to slibné, a autoři se domnívají, že je to nejvyšší praktická blízkost ke skutečnému BIM, jak byl koncipován. Konečná úroveň hodnocení z hlediska integrace se tedy stanoví podle van Berlova modelu. Odvětvová infrastruktura ICT musí být přezkoumána z hlediska jejího souladu s konečným modelem.

Při implementaci BIM integrace dobře podporuje a je podporována automatizovanými systémy. BIM a související nástroje jsou pravidelně zdokonalovány s cílem zlepšit jejich automatizační schopnosti. Při absenci BIM v nezralém odvětví BIM nejsou identická pozorování možná. Jiné automatizované systémy, jako je ERP (Enterprise Resource Planning), jsou však pozitivním znakem vyspělosti.

3 Cíl a metodika habilitační práce

Cílem habilitační práce je navrhnout **struktury řízení informací (komplexního modelu) ve stavebním podniku v souvislosti s digitalizací procesů spojených s výstavbou a vlastním provozem podniku**. Je zaměřen na návrh jak sladit ve stavebních podnicích postupně implementované procesy výstavby podporované technologiemi BIM s ostatní informační podporou podniku založenou na používání systémů ERP. Pro tento cíl je potřebné zodpovědět stěžejní výzkumnou otázku: **Jak změnit zavedené postupy a digitalizovat pracovní prostředí?**

Pro dosažení tohoto cíle a zodpovězení stěžejní výzkumné otázky byla práce rozdělena do dvou okruhů zabývajících se v kapitole 2 uvedenými kritickými faktory zavedení BIM do praktického používání. Transformace stavebnictví do digitální doby, za primárního používání metodik na bázi BIM přináší celou škálu problémů a bariér. Rozdělení řešení práce do dvou částečných a vzájemně se doplňujících okruhů vychází z identifikace dvou stěžejních bariér, kterým rozvinutí digitalizace stavebních podniků do potřebných rozměrů musí čelit. Tato identifikace byla provedena na základě syntézy poznatků autora v práci na rozvoji metodik spolupráce s pracovními skupinami České agentury pro standardizaci a evropského CEN realizujícími postupné kroky v souladu s Konceptí zavádění metody BIM v ČR (Koncepce, 2017), a také na základě dlouhodobých výsledků dosahovaných postupně při digitalizaci stavebnictví (zejména v aktivitách probíhajících v czBIM a České agentuře pro standardizaci při práci na Koncepti (2017) včetně spolupráce s ČKAIT). Lze tedy definovat tyto okruhy výzkumu:

- A. **První okruh výzkumu: První bariérou** jsou příčiny resistance na úrovni lidského faktoru ve stavebních podnicích. *Částečným cílem je tedy jejich identifikace a determinace možností jejich překonání, což přímo navazuje na hledání manažerského paradigma vztahujícího se k řízení stavebního podniku.* Vzhledem k zaměření tohoto okruhu jsou stanoveny tyto výzkumné otázky:
1. Výzkumná otázka: Jaká je v současnosti struktura kompetencí pracovníků v prostředí stavební společnosti?
 2. Výzkumná otázka: Jaká je připravenost a ochota pracovníků stavebních společností učit se nové věci, měnit zaběhnuté metody a zejména ochota více digitalizovat svoje pracovní prostředí?
 3. Výzkumná otázka: Jaké možnosti pro získávání a zlepšování digitálních kompetencí pracovníci vnímají pozitivně?
- B. **Druhý okruh výzkumu: Druhou bariérou** je nepochopení úlohy BIM v širším kontextu. Názvu BIM rozumí každý rozdílně a to často i v prostředí jediné firmy, a vidí je převážně pouze jako tvorbu stavebních projektů za použití modelování v 3D prostředí a předávání digitálního modelu stavby mezi některými účastníky výstavby formou předávání a posílání pdf dokumentů namísto předávání kopií vytištěné výkresové dokumentace, apod. Širší pojetí BIM, kde M znamená management, představuje a popisuje vytváření databáze BIM, dokonce i propojených databází jednotlivých účastníků procesů výstavby, celého životního cyklu

stavby i okolí (infrastruktury v okolí stavby, celkového prostředí ve městě, apod.). To vše na základě společného sdílení dat podporované vytvořením BIM modelu stavby. Rovněž tak vlastní digitalizace procesů spojená s výstavbou i údržbou, aby byla optimálně využita, vyžaduje propojení na další již dříve digitalizované procesy, které firmy používají, ať už se jedná o finanční řízení, logistiku nejen spojenou s výstavbou, personální agendu atd. Jak se ukázalo následně, překonání nebo vyřešení této bariéry je významným krokem i pro snazší realizaci odstranění resistance i v tak konzervativním prostředí, jakým je stavební sektor. Druhý okruh se tedy z hlediska **částečného cíle soustředí na hledání podstaty porozumění vlastnímu řízení informací ve stavební firmě v celém jejím kontextu, aby bylo správným způsobem porozuměno všem datům a informacím, vznikajícím při řízení stavebních procesů metodou BIM a obecně digitalizací všech procesů v podniku**. Za tímto účelem by měla být data srozumitelná jakémukoliv příjemci, ať už lidskému nebo počítači, a byla i v čase vždy aktuální. Důležitým prvkem se ukazuje nalezení způsobu, jak se dívat na informace a data v jednotlivých datových a informačních modelech, včetně BIM modelu. Účelem je, aby jim každá profese zapojená do řízení stavebního podniku porozuměla, uměla je správným způsobem použít a data zůstávala neustále korektní a správná. Výstupem tohoto okruhu jsou podklady pro návrh komplexního řešení řízení informací ve stavebním podniku v kontextu digitalizace. V rámci druhého výzkumného okruhu jsou stanoveny tyto výzkumné otázky:

4. Výzkumná otázka: Jak by měla a mohla vypadat struktura předávání informací v digitální formě napříč celou společností, včetně komunikace s okolím, aby se výrazně zvýšila její efektivita a naplno se využily přínosy dané používáním informačně bohaté databáze BIM modelu?
5. Výzkumná otázka: Jak integrovat data, aby byla zamezena jejich duplicita a aby způsob integrace dat byl vhodný a srozumitelný všem účastníkům projektu i ostatním pracovníkům v podniku, resp. lidem i počítači?

Zodpovězení těchto položených výzkumných otázek zadává možnost navrhnout vhodné řešení jak obě bariéry (stanovené okruhy) překonávat, což může sehrát klíčovou úlohu ve zvyšování ochoty všech účastníků působících ve výstavbě digitalizovat svoje procesy a zvyšovat komunikační dovednosti a BIM gramotnost celé firmy i jednotlivců. Zároveň by tyto odpovědi měly přispět k lepšímu porozumění důvodům, stojícím za neochotou stavebních podniků digitalizovat a postupně zavádět procesy BIM do svých rozvojových plánů a tyto plány realizovat. Rovněž by měly ukázat cestu, jak lze pracovat s lidským faktorem a jak zapojit pracovníky do procesů změn vedoucích k digitalizovanému znalostnímu stavebnímu podniku.

3.1 Materiál a metody výzkumu

Při hledání cesty vedoucí k odpovědím na dané otázky byla zvolena cesta provedení kvalitativního výzkumu pro oba řešené výzkumné okruhy. Prezentované závěry a jejich interpretace jsou následně podkladem (za využití syntézy a logické indukce) pro:

- a. návrh klasifikace potřebných kompetencí BIM, jako prostředníka organizačních kompetencí,

- b. návrh pro účinné zapojení lidského faktoru v rámci procesu digitální transformace probíhajícího v prostředí stavebního podniku,
- c. návrh kompetencí do okruhu BIM k usnadnění fungování digitálně řízeného podniku
- d. návrh způsobu integrace dat,
- e. návrh obecného datového modelu nejvyšší úrovně – integrace dat do tvorby digitálního dvojčete,
- f. návrh na včlenění informací a znalostí ukládaných pomocí technologií BIM do co nejširšího kontextu řízení podnikových informací ve stavebním podniku a ve stavebnictví obecně formou sestavení Mapy řešení BIM informací.

3.1.1 Metodika prvního výzkumného okruhu

Pro první okruh, spojený s bariérou neochoty firmy měnit obvyklé rutinní postupy se jako nejvhodnější nabízí použití kvalitativního výzkumu. Z metod používaných kvalitativním výzkumem (Hendl, 2016), byla vybrána „případová studie“, kde půjde o detailní řešení jednoho případu, ve kterém budeme sbírat data kvalitativního charakteru od vybraného počtu jedinců v rámci jednoho stavebního podniku, kterého je možné považovat za přiměřeného reprezentanta běžných subjektů v řešeném oboru. V této případové studii jde o zachycení složitosti případu a o popis vztahů v jejich celistvosti. Předpokládá se, že důkladným prozkoumáním jednoho případu lépe porozumíme jiným podobným případům. Na konci studie se případ vřazuje do širších souvislostí (Hendl, 2016). Zejména se nám bude jednat o zkoumání procesů adaptace na změny, případně na změny v zavedení určitého typu řízení. Stake (1995) zdůrazňuje, že od tohoto typu výzkumu očekáváme „hustý popis“ všímající si pohledu účastníků, že nejde „o dobývání světa“, ale spíše o jeho osvojení. Rovněž byla použita i aplikace metod „akčního výzkumu“ zejména prvky, kdy:

- výzkumníci i zkoumaní mají rovnocenné postavení, zkoumaní mohli (a také to dělali), přinášet i zcela nové pohledy na výzkumný problém,
- témata byla vztažena k běžné praxi v rámci jejich pracoviště,
- proces výzkumu byl také procesem učení a změny a přinesl tak sebou i prvky „kritického výzkumu“ (Hendl, 216 str. 143).

Pro výzkum byl použit souběh s výzkumem, který byl prováděn v rámci projektu TAČR TL02000017 prováděného v letech 2019-2021, a který byl zaměřen na sběr dat o sdílení informací mezi pracovníky na různých pracovních pozicích. Vzhledem k vhodnému nastavení kvalitativního sběru dat, účastníci výzkumu v rámci hloubkových rozhovorů, průběžných a souhrnných zpráv (kde odpovídali na předem položené otevřené otázky) spontánně předávali informace o svých preferencích, potřebách i bariérách vztahujících se k digitalizaci stavebních procesů. Tato data byla pro účely zodpovězení výzkumných otázek prvního výzkumného okruhu dostatečná.

Data získaná z případové studie přinesla další informace, vzniklé na základě spontánních reakcí všech zapojených pracovníků – členů výzkumného týmu stavební společnosti. Kvalita

těchto výstupních dat je podpořena tím, že se nejedná o odpovědi na otázky typu vyberte si z několika možností odpovědí, nebo jak se díváte na danou problematiku, uveďte na škále od nesouhlasím po souhlasím apod. Jednalo se naopak o spontánní odpovědi na otevřené otázky, získané v rámci hloubkových rozhovorů a podtržené komunikací ve dvojicích uvedené ve zprávách setkání těchto dvojic (otázky jsou uvedeny v příloze A). Na základě kategorizace zúčastněných členů týmu podle věku i pracovního zařazení byla provedena následná komparační analýza a syntéza těchto odpovědí a informací, jejíž výsledky po vyhodnocení prostřednictvím deskriptivní (absolutní a relativní početnost, vážený aritmetický průměr) a inferenční statistiky (korespondenční analýza a chí-kvadrát) jsou prezentovány v kapitole 4.

Výběrový soubor v rámci výzkumu zaměřeného na první bariéru/výzkumný okruh byl determinován tak, aby nezahrnoval pouze „elitu“ tj. vedení firmy a vrcholové řídicí pracovníky, ale naopak, aby zahrnul také celou širší pracovníků typu „knowledge worker“ (viz kap. 2.4.3) pracujících na nejrůznějších pozicích od juniorních – začátečníků až po velmi zkušené zaměstnance a rovněž s různorodým vzdělanostním zázemím. Zohlednění názorů a přístupů tzv. „průměru“ všech typů pracovníků ve stavebních firmách tak poskytuje přesnější pohled na problematiku implementace BIM do stavební praxe běžné stavební firmy.

Kvalitativní výzkum pro případovou studii probíhal v termínu od podzimu 2019 do podzimu 2020. Průzkumu se zúčastnilo (výzkumný soubor) cca 50% (48,8%) z kategorie nejmladších do 34 let a zhruba po čtvrtině z obou dalších kategorií (24,4%, resp. 26,8%). Pro správnou interpretaci výsledků je důležité vycházet ze složení účastníků projektu (blíže tab. 4). Řídicí pozice (ředitel závodu, vedoucí oblasti) tvoří jen 11,9 %, přičemž nejvíce je zastoupena věková kategorie 35 – 49 let. Nejpočetnější kategorií tvoří výrobní pozice (stavbyvedoucí, vedoucí stavby a mistři) a to až v rozsahu 52,38 % a ekonomická kategorie (technik oddělení přípravy a kalkulací, ekonom, ekonomický referent, vedoucí obchodního oddělení) je zastoupena z 35,71 %.

Kategorie pozice vs. kategorie vzdělání	do 34 let	35 - 49 let	nad 50 let	Celkový součet
Ekonomické a kalkulační pozice	19,05%	4,76%	11,90%	35,71%
SŠ	4,76%	2,38%	4,76%	11,90%
VŠ	14,29%	2,38%	7,14%	23,81%
Řídicí pozice	0,00%	9,52%	2,38%	11,90%
SŠ	0,00%	2,38%	2,38%	4,76%
VŠ	0,00%	7,14%	0,00%	7,14%
Výrobní pozice	28,57%	11,90%	11,90%	52,38%
SŠ	19,05%	7,14%	7,14%	33,33%
VŠ	9,52%	4,76%	4,76%	19,05%
Celkový součet	47,62%	26,19%	26,19%	100,00%

Tabulka 4 Struktura účastníků výzkumu

Vize společnosti vychází z dlouhodobého výhledu: digitalizace procesů společnosti v horizontu 5 let a významné zvýšení IT gramotnosti pracovníků – manažerů na nižších a

středních manažerských pozicích. Tato vize je založena na předpokladu měnících se podmínek pro zadávání staveb v souvislosti s Koncepcí (2017) i na dynamickém rozvoji technologií ve všech oblastech „stavařiny“.

Pro ověření závěrů o připravenosti zaměstnanců na změnu ještě byla uskutečněna ověřovací analýza formou korespondenčního oslovení původních účastníků průzkumu. Tato analýza se zaměřila na zjištění připravenosti zaměstnanců stavebního podniku přijmout nebo podílet se na změnách vyvolaných digitalizací. Toto ověření proběhlo v listopadu 2021 a otázky společně s výsledky jsou uvedeny v příloze A.

3.1.2 Metodika druhého výzkumného okruhu

Pro druhý okruh se rovněž jako nejvýhodnější ukazuje použití kvalitativního výzkumu, při kterém lze jako případovou studii použít rozsáhlé zapojení odborníků ze všech profesí přímo se týkajících stavebnictví či s ním souvisejících. Pro výzkum jsou využity výsledky (sekundární data) pracovních skupin ustavených Českou agenturou pro standardizaci při práci na Koncepci zavádění metody BIM v ČR (Koncepce, 2017). Výstupy jsou k dispozici na <https://www.koncepcebim.cz/koncepce>. Pracovní skupiny pracují v rozdělení na jednotlivé odbornosti:

- PS 1 Pilotní projekty
- PS 2 Zadávání, projektové řízení a smlouvy
- PS 3 Datové standardy a informační požadavky
- PS 4 Podklady pro oceňování
- PS 5 Vzdělávání a propagace
- PS 6 Terminologie a normy
- PS 7 Facility Management
- PS 8 BIM&GEO – spolupráce BIM a GIS

Byl ustaven způsob spolupráce, kde společným cílem všech skupin bylo nastavit standardy a procesy v různých oblastech stavebnictví, systémy vzdělávání v nových stavařských digitálních technologiích tak, aby do konce roku 2022 v souladu s Koncepcí (2017) byla celá struktura připravena pro hladkou implementaci BIM procesů do českého stavebnictví. Mezi pracovními skupinami se postupem času ukázaly rozpory v přístupu ke zpracování základních informací, jejich struktury, včetně jejich podrobnosti pro určité konkrétní účely, i způsoby jejich předávání. Tím se potvrdila i síla současné fragmentace celého stavebního odvětví, kde každá ze stran má sice svoji jasně vymezenou roli, ale vzájemná komunikace je zatížena tím, že neexistuje společný všemi shodně porozuměný kontext cíle, kterého má být dosaženo.

Do tohoto přístupu se celkem věrně promítly právě i základní rozpory plynoucí z nepochopení, resp. různorodého přisuzování kvality, obsahu, struktury informací a dat v komunikaci v podnikové praxi ve stavebním odvětví. Ukázala se tak v plné šíři potřeba

jednoznačného přiřazování kontextu informačního systému již používaného k informacím vznikajících, přiřazovaných a používaných v modelech BIM (management). Jinými slovy objevila se potřeba sjednocení základního pohledu na informace a data ze stavebních projektů, ale i ze všech dalších podpůrných aktivit, které digitalizovaný podnik používá. Kolize vznikající při této spolupráci tak vedou k zamyšlení, zda na základě zkušeností popsanych v kapitolách 2.5 a 2.6 o vizualizaci znalostí bude možno navrhnout vizualizaci mapy řešení řízení BIM informací do kontextu procesů stavebního podniku, korporace nebo jiného typu společnosti pohybující se v některých procesech stavebního sektoru.

Výstupy z provedených výzkumů jsou sekundárně integrovány s dosud publikovanými poznatky autorů zbývajících se problematikou (blíže kap. 2), dosavadními výstupy a návrhy práce autora nebo prací, na kterých se podílel, zejména prací uvedených v CEN (2021), Švamberská (2021) a obecně s výstupy pracovních skupin agentury ČAS, uvedených na <https://www.koncepcebim.cz/koncepce>.

4 Výsledky výzkumu připravenosti stavebního podniku na digitalizaci

Postup byl sestaven na základě 2 okruhů, které byly v praxi identifikovány jako problematické a vyžadující řešení. Identifikace proběhla při diskusích v pracovních skupinách ČAS nebo CEN, a to při zpracování projektů zabývajících se možnou aplikací BIM ve stavebních firmách (např. formou projektů TAČR apod.).

1. okruh je zaměřen na důležitou změnu v řízení pracovníků stavební firmy tak, aby důležité znalosti, které firma historicky nashromáždila z práce na stavebních projektech, byly vhodně integrovány se znalostmi BIM do celých stavebních procesů a vedly také k jeho osvojení jak lidmi, tak stavebními podniky a jejich managementem. Současně půjde pravděpodobně o přestavbu interních procesů ve firmě a spuštění procesů řízení změn. Některé výstupy z těchto projektů lze také využít k identifikaci problémových oblastí.

2. okruh se zaměřuje na potřebu strukturovat informační management jak v celém životním cyklu stavby, tak v celém stavebním prostředí. Celá oblast je v současné době řešena a podporována velkým množstvím různých a často odlišných metodik a postupů, SW od různých dodavatelů, často nekompatibilních, a komunikace v tomto rámci je pak velmi obtížná a náročná. Nejde jen o nekompatibilitu SW, ale také o nekompatibilitu informací, které jsou v rámci BIM a dalších podnikových informačních systémů shromažďovány a předávány. Fragmentace a vzájemné nepochopení pak vytváří celou konstelaci chyb, zpoždění a kolapsů dílčích procesů. Zde se zejména v pracovních skupinách České agentury pro standardizaci a dalších odborných skupinách v rámci Evropy, např. v CEN, začala výrazně objevovat "Potřeba strukturovat tyto činnosti, SW, metodiky a další do společného rámce", což by mohlo, resp. mělo vést mj. ke standardizaci tolik potřebné při práci s informacemi ve stavebním prostředí. Významným východiskem těchto iniciativ jsou aktivity iniciativy "Buildingsmart", stejně jako normotvorné CEN apod. Stále však chybí jednotící model, jak celý proces strukturovat, aby byly dány základní body pro komunikaci v celém prostoru a zároveň nebyly vytvořeny bariéry pro vstup jakéhokoli účastníka.

4.1 První okruh výzkumu – připravenost na změnu interních procesů při digitalizaci podniku formou případové studie

Zaměření případové studie bylo především na stavební organizace, které v dnešním rozmachu digitální ekonomiky trpí nejvíce. Tato případová studie se zaměřila na zkoumání kompletní oblasti kompetencí jednotlivců i týmů v rámci standardní stavební společnosti. Metodika se zaměřila na to, jak seskupit skutečně různé a různorodé kompetence do souborů, s nimiž můžeme pracovat.

Stavební firmy se dlouhodobě potýkají s problémy konzervativního přístupu k jakémukoli změně a z velice pomalého a neochotného přístupu k využívání nových technologií, a to

především u služebně starších pracovníků. Neochota měnit interní rutinní postupy však přináší obtížné podmínky pro adaptaci jakýchkoliv nových technologií, často nejen informačních. Rovněž částečně přispívá k nedorozuměním mezi zkušenými dlouholetými pracovníky a motivovanou mládeží, která vyrůstá na nových technologiích a jejichž nepoužívání je pro ně obtížně pochopitelné. Z tohoto důvodu jsme v rámci projektu TAČR (TL02000017) uvítali možnost testování mezigeneračního vzdělávání a dalšího profesního rozvoje zaměstnanců u jedné z větších stavebních firem. Oddělení lidských zdrojů a personalistiky pocíťovalo potřebu posouzení postoje a praxe týkající se zaměstnanců, podporu zaměstnanců plánujících proškolení, zvýšení flexibility a adaptability svých zaměstnanců, podporu jejich profesního rozvoje směrem k digitalizaci a nastartování sdílení zkušeností, kvalifikace a kompetencí mezi zkušenějšími a mladšími pracovníky.

Pro realizaci průzkumu nabídla tato společnost odpovídající IT prostředí a vedení společnosti ve spolupráci s řediteli divizí vytipovali dvojice pracovníků, u kterých bylo možné očekávat přínos při sdílení vzájemných kompetencí.

Projekt zpracování případové studie byl naplánován od podzimu 2019 do podzimu 2020, kdy proběhl společný evaluační workshop a v roce 2021 byl projekt zakončen konferencí a vydáním knihy. Na projektu spolupracoval celý tým. Ze strany stavební společnosti bylo jejím vedením zajištěno organizační, IT a prostorové zázemí spojené s motivací zaměstnanců zapojených do projektu. Akademická část týmu pak zajišťovala včasnou implementaci „Metodiky“ a poskytovala pomoc Mentora. Současně pracoval tým akademických pracovníků na vyhodnocení dat a jejich interpretaci. Komunikace a ukládání dat během projektu probíhalo na samostatném portálu projektu s dodržováním zásad GDPR. Na konci roku 2021 byly pracovní týmy společnosti osloveny, aby účastníci 1 rok pro proběhlém prvotním výzkumu zhodnotili, jakým způsobem se změnil jejich přístup a preference ke vzdělávání a získávání znalostí v oblasti digitalizace stavebních procesů. Bylo přistoupeno k formě korespondenční analýzy, jejíž výsledky jsou uvedené v grafech v příloze A, kde se ukázala poměrně vysoká přesnost zjištěných výsledků a korelace je cca ch² kvadrát -0,014. viz příloha A.

Jednou z forem mezigeneračního přenosu kompetencí je společné zapojení do nových projektů, do kterých mohou zkušenější pracovníci přinést svoje praxí ověřené pracovní kompetence a mladší pracovníci pak do této vzájemné spolupráce přinášejí znalost práce s digitálními technologiemi. Ukazuje se, že existuje i určitá skupina starších pracovníků, kteří sami nebo s pomocí kolegů aktivně vyhledávají a získávají kompetence v moderních IT nástrojích a stávají se tak tím nejcennějším, co zaměstnavatel má. Udržení této skupiny pracovníků má pozitivní dopad na konkurenceschopnost firmy, což potvrdil výše uvedený následný rychlý průzkum mezi účastníky v listopadu 2021, jeden rok po skončení průzkumu, viz kap. 4.1.5.1 a příloha A.

4.1.1 Analýza stavební společnosti a možné strategie.

Digitalizace procesů společnosti v horizontu 5 let a významné zvýšení IT gramotnosti pracovníků – manažerů na nižších a středních manažerských pozicích. Tato vize je založena na

předpokladu měnících se podmínek pro zadávání staveb v souvislosti s Konceptí (2017) i na dynamickém rozvoji technologií ve všech oblastech stavební výroby. Struktura vzdělání a kompetencí v IT 3D (11,1%, podle věku pak 7 - 12%,), v IT 2D (16,7%, podle věku pak 5,6 - 22,7%,), multimédia a sociální sítě (4,6 % a to výhradně u nejmladší věkové kategorie, kde to činí 7,6%) a jak vypadá potřeba zvyšovat si kompetence a znalosti v tomto směru – zde je možno spatřit velký potenciál do budoucna, kladný vztah k učení se má 32,6 % účastníků, dalších 29,1 % věří a je uspokojeno se vzděláváním poskytovaném zaměstnavatelem a 34,9 % uvedlo, že cítí další potřebu se vzdělávat. Pouze 3,49 % se vyjádřilo, že žádné další vzdělávání není třeba. Z poměrně velké důvěry ve vzdělávání dodávané zaměstnavatelem je možno odvozovat, že dobře cílené vzdělávání nastavené tak, aby vedlo k dosažení požadovaných kompetencí a znalosti jak v oblasti IT dovedností, tak komunikačních a zejména jejich kombinací bude pracovníky přijato příznivě, viz obr. 11 a 12.

Nejvýznamnější výzvy a představy kariérního růstu jsou rozloženy takto (viz obr. 21):

- digitalizace a nové technologie 18,97 %,
- kompetence, praxe, zodpovědnost 44,83 %,
- a zvýšení kvalifikace a vzdělávání 27,59 %.

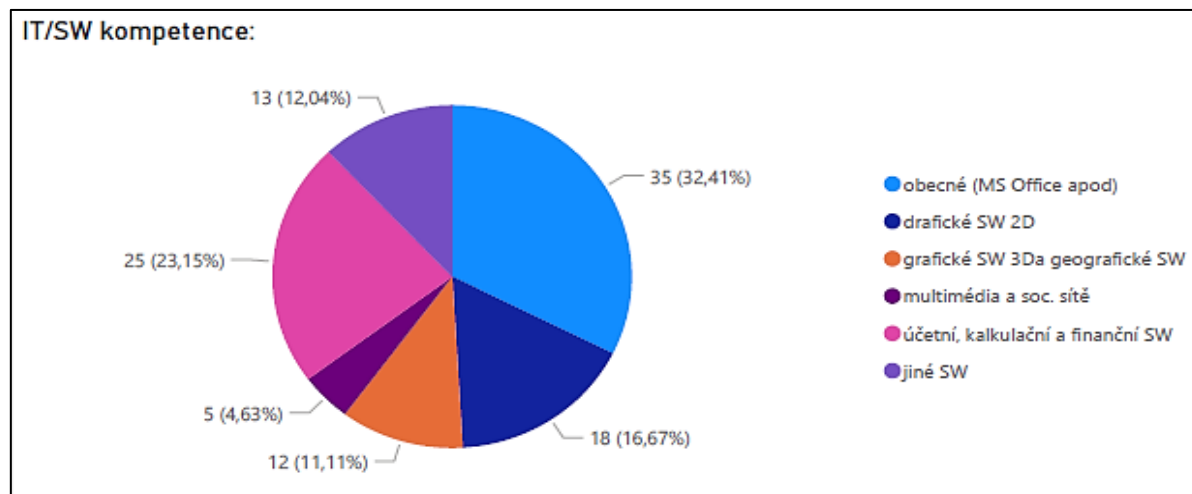
Druhé dvě oblasti mohou při dobrém vedení postupně do sebe zahrnout i potřebu vzdělávání v IT dovednostech a digitalizaci (zcela jistě potřebné v budoucnu pro zodpovědnost, praxi i zvyšování kvalifikace – jen to dnes zřejmě nedovedou vyjádřit).

4.1.2 Struktura současného stavu kompetencí

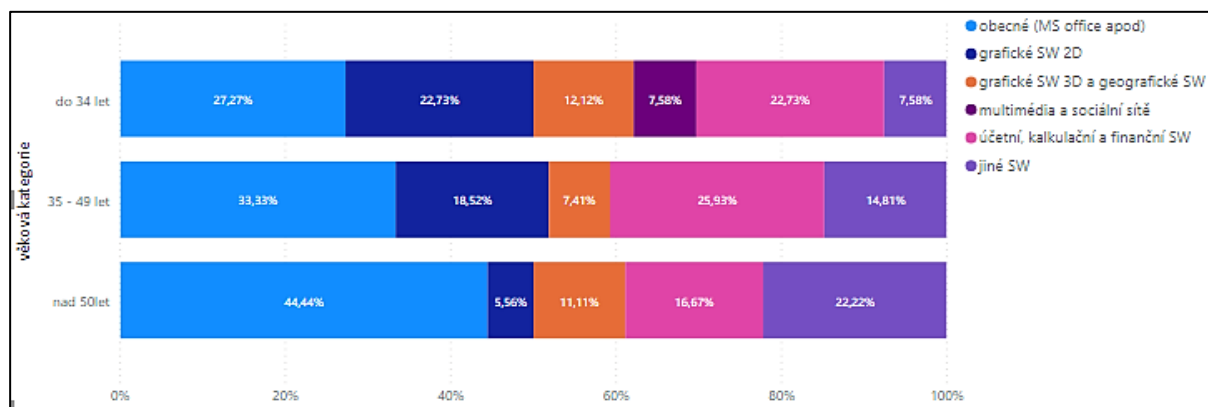
Na základě výsledků z průzkumu je možné konstatovat, že pracovníci dle věkových kategorií disponují srovnatelným podílem odborných kompetencí (kolem 35 %) a IT kompetencemi v rozsahu od 29 % do 35 %, kde nejmladší skupina disponuje těmito IT kompetencemi nejvíce na úkor soft skills. Při pohledu na kompetence v hlavních kategoriích dle typů pozice je možné vidět, že zastoupení kompetencí je dle kategorií poměrně vyrovnané, ale u výrobních pozic dominují odborné kompetence a u řídicích odborné a soft skills.

4.1.3 IT kompetence

Pokud se podíváme na strukturu těchto IT kompetencí souhrnně (obr. 11), nejmenší podíl (15,74 %) představují multimédia a sociální sítě (4,63 %) společně s grafickými 3D a geografickými SW (11,11 %). Jen 16,67 % účastníků disponuje grafickými 2D SW kompetencemi a z hlediska odborných SW je nejpočetněji zastoupena skupina účetní, kalkulační a finanční SW (23,15 %).



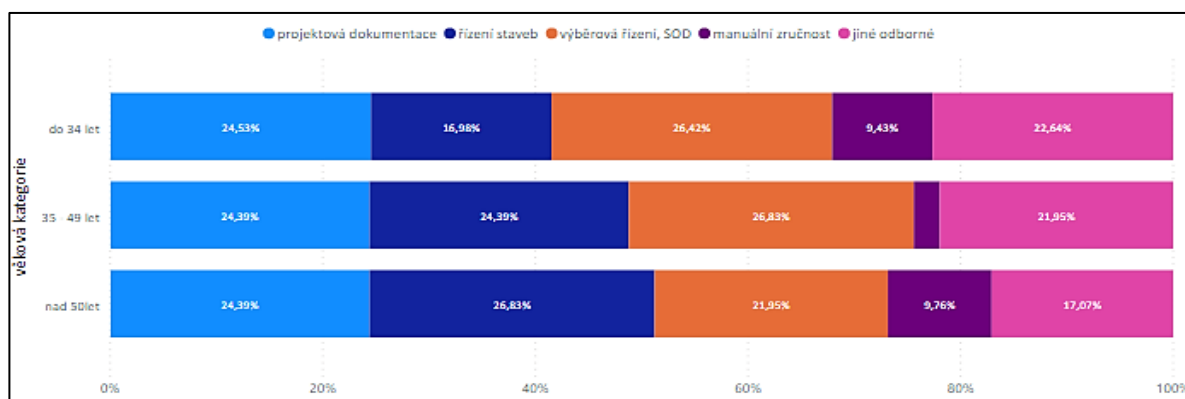
Obrázek 11 IT/SW kompetence souhrnně



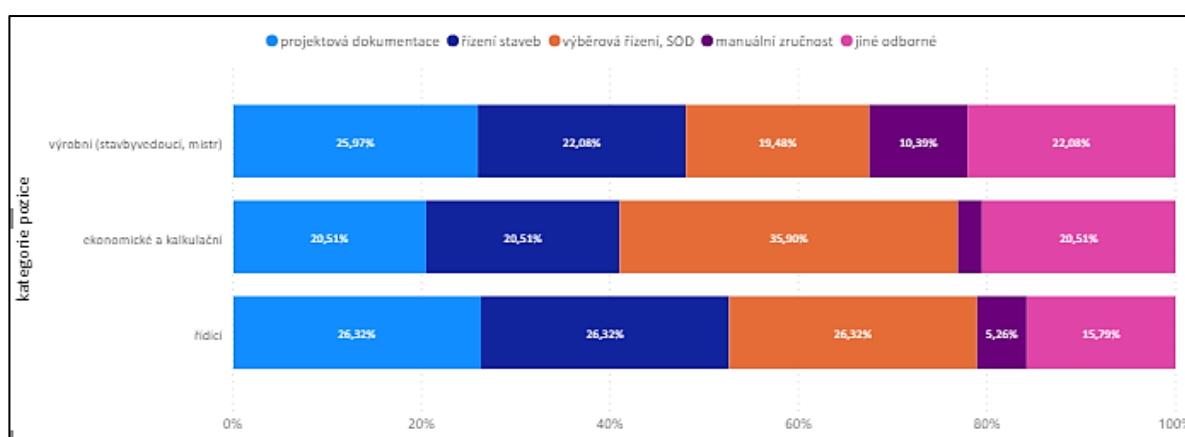
Obrázek 12 Podíl IT/SW kompetencí z hlediska věkových kategorií

Dalo by se předpokládat, že IT/SW kompetence budou nejméně zastoupené u kategorie pracovníků nad 50 let. Podle obr. 12 není na tom nejstarší věková kategorie z hlediska grafických 3D SW nejhůře (v porovnání se střední věkovou kategorií) a to především díky ekonomickým pozicím, které je ovládají více (u výrobních a řídicích pozic je v nejstarší kategorii tato znalost nulová). U výrobních pozic je znalost 2D a 3D SW jen u nejmladší kategorie a částečně u střední (jen 2D). Řídicí pozice nemají zastoupení účastníků do 34 let a 2D a 3D SW kompetence jsou zaznamenány jen u střední věkové kategorie.

Lze tedy shrnout, že z hlediska 3D SW kompetencí je na tom nejlépe nejstarší a nejmladší věková kategorie účastníků (12,12 % a 11,11 %), přičemž u nejstarší kategorie se jedná o zastoupení ekonomických pracovních pozic a u nejmladší věkové kategorie výrobních a ekonomických pozic. Znalost střední věkové kategorie v 3D SW je díky ekonomickým a řídicím pozicím (u výrobních pozic tato kompetence chybí).



Obrázek 13 Zastoupení odborných kompetencí podle věku

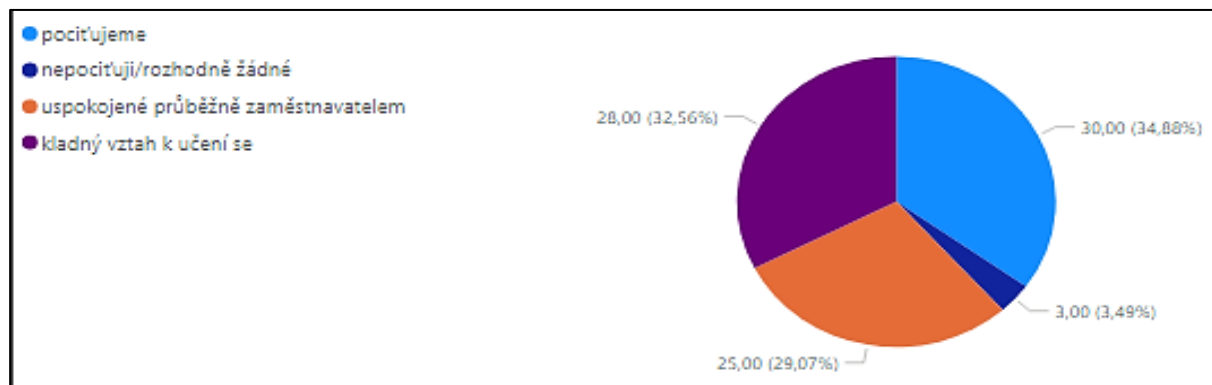


Obrázek 14 Zastoupení odborných kompetencí podle kategorie pozic

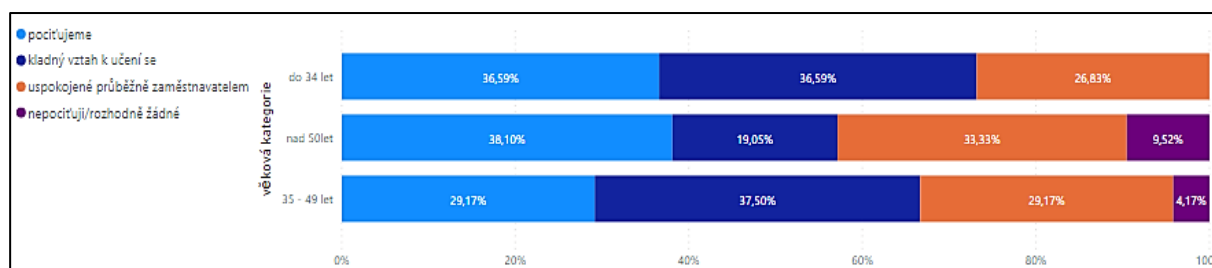
Obr. 13 prezentuje disponování odbornými kompetencemi u věkových kategorií. Můžeme konstatovat, že znalost projektové dokumentace je u všech účastníků porovnatelná z hlediska věku. Obr. 14 nám ale naznačuje, že u ekonomických pozic je tato znalost nejslabší (20,51 %). Naopak, nejmladší věková kategorie má v poměru menší znalosti v oblasti řízení staveb (16,98 %) a naopak hodnotí lépe rozsah kompetencí z hlediska výběrových řízení (26,42 %) a jiných odborných kompetencí (22,64 %). Střední věková kategorie a také ekonomické pozice mají největší slabiny v oblasti manuálních zručností (2,44 % a 2,56 %), ale největší zastoupení kompetencí v rámci výběrových řízení (26,83 % a 35,9%).

4.1.4 Potřeby a postoj ke vzdělávání se

Účastníci projektu vykazují vysoký potenciál a pozitivní postoj k dalšímu vzdělávání (obr. 15, 16)

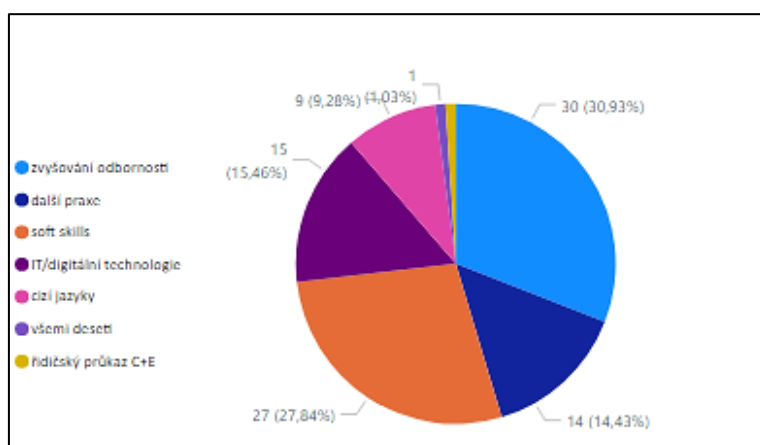


Obrázek 15 Postoj ke vzdělávání se

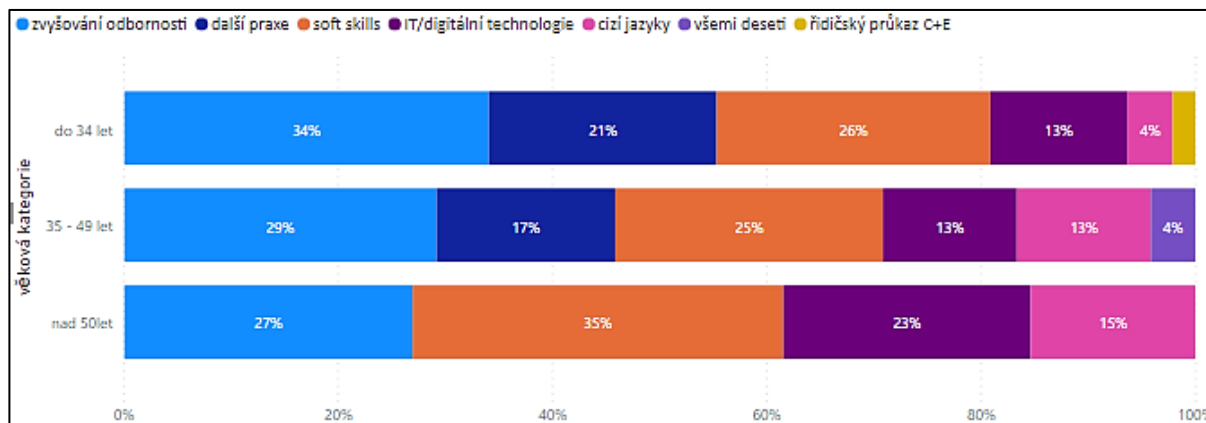


Obrázek 16 Postoj ke vzdělávání se podle kategorie věku

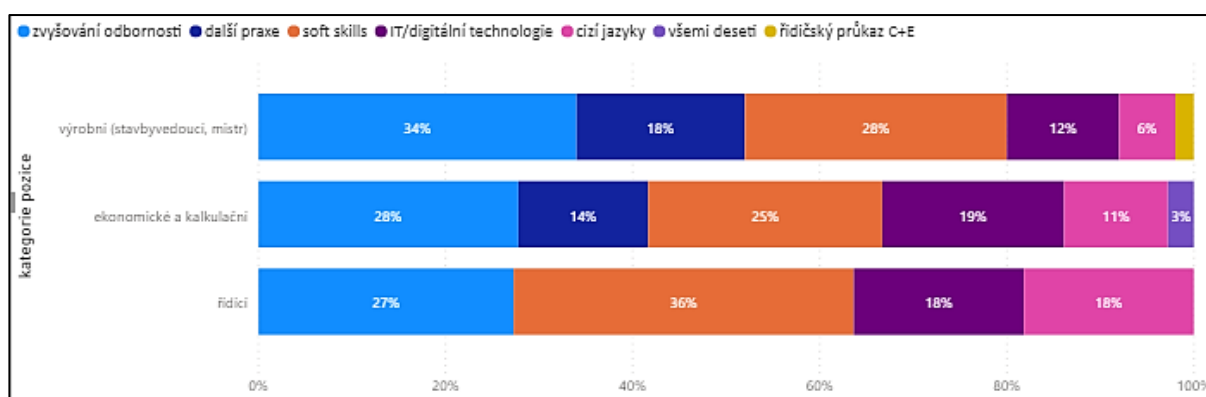
Celkově má kladný vztah k učení se 32,56 % účastníků, dalších 29,07 % věří a je uspokojeno se vzděláváním poskytovaném zaměstnavatelem a 34,88 % uvedlo že cítí další potřebu se vzdělávat. Zde je možné postřehnout, že u věkové kategorie nad 50 let je uváděn nejmenší pozitivní postoj k učení se (jen z 19,05 %) navzdory tomu, že tuto potřebu pocítují (38,10 %) a je dle vyjádření i průběžně naplňována zaměstnavatelem (33,33 %). U nejmladší kategorie je nejnižší míra odpovědí o dostatečném průběžném naplnění ze strany zaměstnavatele (26,83 %, což může souviset s jejich kratší dobou u zaměstnavatele).



Obrázek 17 Potřeby vzdělávání v hlavních kategoriích



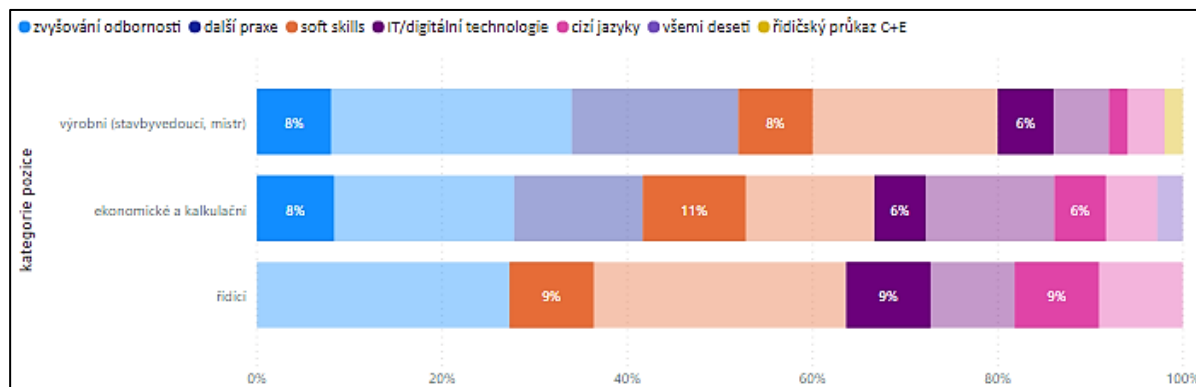
Obrázek 18 Potřeby vzdělávání v hlavních kategoriích podle věku



Obrázek 19 Potřeby vzdělávání v hlavních kategoriích podle pozice

Z hlediska hlavních kategorií oblasti vzdělávání (obr. 17, 18, 19) nejvíce účastníci vidí potřebu zvyšování odbornosti. Vzhledem k vývoji oboru stavebnictví to již úzce souvisí i s digitálními prvky, které jsou do stavebnictví aplikovány. Vzdělávání zaměřené speciálně na IT/digitální technologie jako na třetí nejpotřebnější (tuto potřebu vnímá 15 účastníků) hned za soft skills kompetencemi. Pokud se podíváme na tuto věkovou kategorii blíže, plně si uvědomuje potřebu dalšího odborného vzdělávání a zvyšování praxe (celkem 55,32 %), podobně jako střední věková kategorie a má nejmenší potřebu vzdělávání v cizích jazycích. U nejstarší věkové kategorie požadavek na zvyšování kvalifikace a praxe není již tak silný, ale stoupá potřeba zlepšování soft skills (34,62 %) a také si nejvíce uvědomuje potřebu zvyšování IT kompetencí (23,08 %).

Vzhledem ke skutečnosti, že u nejstarší věkové kategorie je vnímána výrazně vyšší potřeba vzdělávání v IT/digitálních technologiích, na obr. 20 je prezentován průřez vnímání potřeby vzdělávání účastníků nad 50 let dle příslušnosti ke kategorii pozice. Dle tohoto klíče můžeme konstatovat, že si tuto potřebu uvědomují na všech typech pozic (u řídicích mírně výrazněji a to o 3 %).



Obrázek 20 Potřeby vzdělávání účastníků nad 50 let podle kategorie pozice

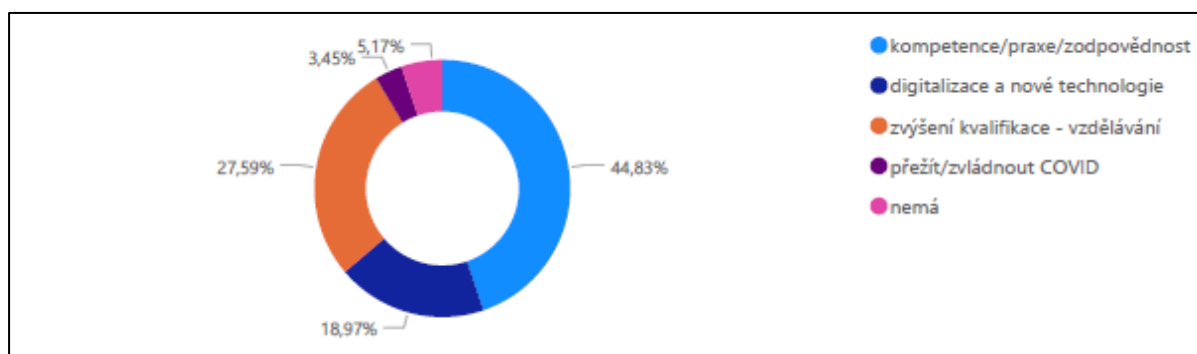
Lze konstatovat, že nejvýraznější aspirace obecně se vzdělávat je u nejmladší a střední věkové kategorie z hlediska udělování certifikátů a poskytovaného vzdělávání ČKAIT a nových technologií. Z poměrně velké důvěry ve vzdělávání dodávané zaměstnavatelem (viz obr. 15 a 16) lze odvozovat, že dobře cílené firemní vzdělávání nastavené tak, aby došlo k syntéze potřeb odborného vzdělávání s obohacením o nové směry v daných odbornostech, které přináší digitalizace a používání 3D modelů i v procesech výstavby bude přijato kladně.

Rovněž lze konstatovat, že dobře cílené vzdělávání nastavené tak, aby vedlo k dosažení požadovaných kompetencí a znalosti jak v oblasti IT dovedností, tak komunikačních a zejména jejich kombinací bude pracovníky přijato příznivě. Viz obr. 21, kde představy spojené s kariérním růstem vyjádřilo v digitalizaci a nových technologiích 18,97 % účastníků, ve zvyšování kvalifikaci obecně pak 27,59 % a ve zvyšování kompetencí a zodpovědností formou další praxe 44,83 %. Vzhledem k tomu, že se do praxe bude postupně dostávat právě i digitalizace, dá se očekávat, že lze připravit vzdělávací programy tímto směrem, aby byla uspokojena i potřeba vzdělávání formou další praxe. ***Jako příklad uveďme vzdělávání v liniových stavebách spojené s 3D modelem takových staveb a jeho používání při všech fázích výstavby.***

Zajímavý i když nižší potenciál, než u vzdělávání je možné spatřit i v možnosti vzájemného sdílení kompetencí, avšak dle výstupů z workshopu s účastníky vyplývá, že toto sdílení je v některých útvarech pozitivně a automaticky uplatňováno v rámci zaběhnuté kultury, která je zde nastavena. Tato kultura podporující sdílení také indikuje přátelské vztahy a větší týmovou spolupráci. Z výsledků lze tedy uvést, že sdílení jako takové má v podniku potenciál, ale spíše v rovině budování podnikové kultury, která sdílení podporuje a pro pracovníky se stává přirozenou součástí a bez nutnosti formálního nařizování vzájemných setkání. Dle průřezu kategorií kompetencí pro sdílení účastníci vidí největší prostor právě z hlediska odborných a IT kompetencí, což v podstatě odráží původní záměr projektu propojení zkušených pracovníků s méně zkušenými, kteří mají větší IT kompetence.

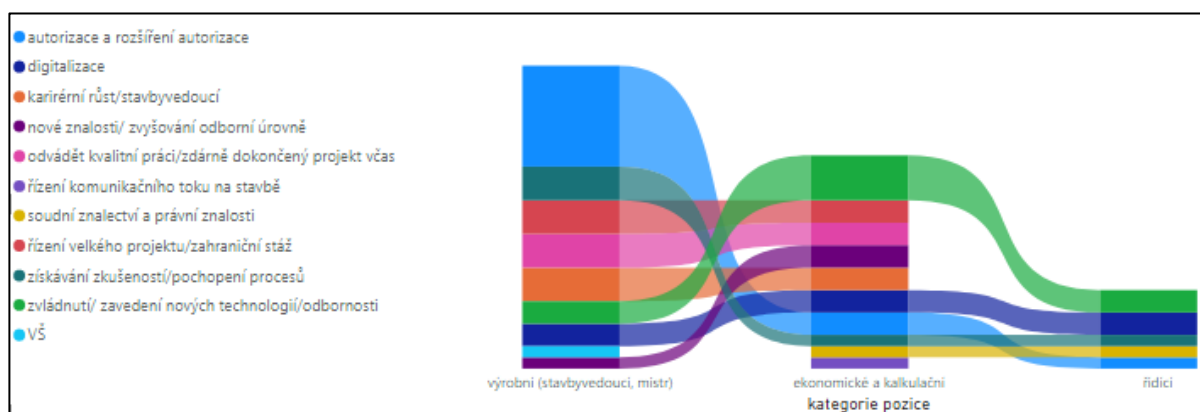
4.1.5 Možnosti dalšího rozvoje vnímané pracovníky

Otázkou zůstává, zda existuje určitá skupina pracovníků, která by mohla být pozitivním nosným propagátorem těchto změn? Zejména pracovníci nejmladší věkové kategorie cca 3D a 2D SW –74% ze všech věkových kategorií, ale i pracovníci z obou skupin starších 13% + 13%.

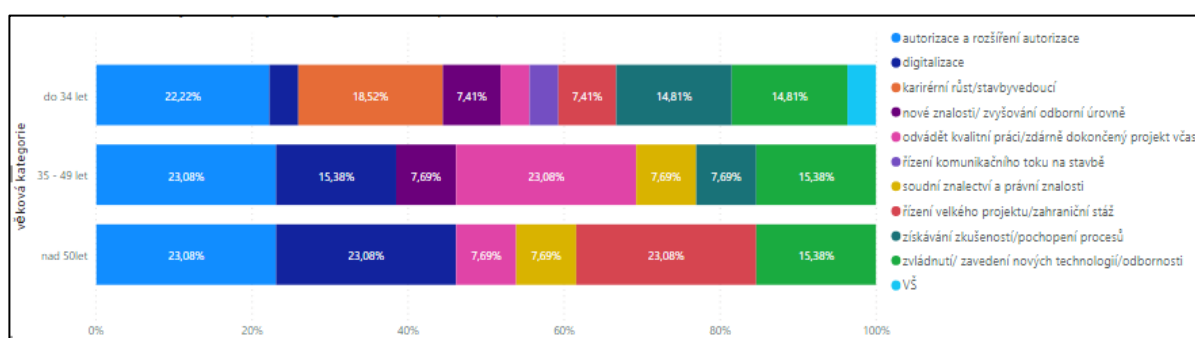


Obrázek 21 Představy a výzvy spojené s kariérním růstem

Obr. 22 a 23 ukazují rozdělení představ kariérního růstu po jednotlivých věkových kategoriích. To by mohlo být užitečné k zacílení dalšího firemního vzdělávání.



Obrázek 22 Představy a výzvy kariérního růstu podle kategorie pozic

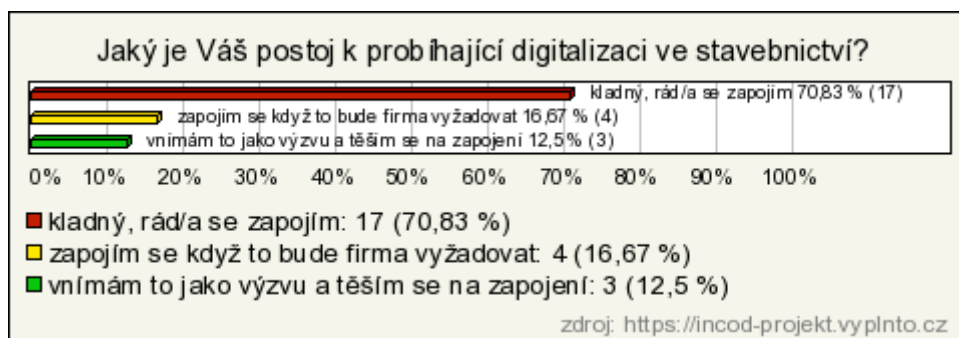


Obrázek 23 Představy a výzvy kariérního růstu podle kategorie věku

4.1.5.1 Korespondenční analýza provedena po roce od průzkumu

Ověřovací analýza formou korespondenčního oslovení původních účastníků průzkumu se setkala mezi respondenty se zájmem. Tato analýza se zaměřila na zjištění připravenosti zaměstnanců stavebního podniku přijmout nebo podílet se na změnách vyvolaných digitalizací. Zcela jistě se projevil efekt vyplývající ze skutečnosti, že vlastním provedením výzkumu se účastníci dozvěděli množství informací o digitalizaci stavebních podniků a stavebnictví celkem a ztratili částečně zábrany.

Po roce začal převažovat veskrze pozitivní přístup, viz. obr. 24 kde nejvíc negativní odpověď byla: Zapojím se, když to bude firma vyžadovat (16,7%), naprostá většina pak projevila kladný vztah a 12,5% dokonce mimořádně kladný.



Obrázek 24 Postoj účastníků k digitalizaci po jednom roce od průzkumu

4.1.5.2 Přípravenost na měnící se manažerské paradigma vyplývajících ze změn vyvolaných digitalizací

Výzvy a představy kariérního růstu ukazují, že 18,97% (obr. 21) účastníků považuje digitalizaci a nové technologie jako dominantní požadavek pro budoucnost. Přitom podle obr. č. 11 se ukazuje, že kompetence v SW potřebných pro budoucí digitalizaci stavebních procesů, tj. 3D SW, geografické SW a multimedia disponuje pouze 11,11% zaměstnanců, při zahrnutí 2D SW, kde je nejsnazší rozšíření znalostí směrem k 3D SW dalších 16,67% zaměstnanců (obr. č. 11). Přičemž zajímavé je že distribuce těchto kompetencí je téměř rovnoměrně rozdělena do všech věkových kategorií, jen s drobnou 6% kladnou odchylkou u kategorie do 34 let. Kromě toho dalších 27,59 % (obr. č. 21) účastníků vidí pro růst potřebu vzdělávání ve zvyšování odborností/kvalifikace, což lze vhodnou komunikací ve firmě rovněž podchytit a nasměrovat potřebným směrem. Celkově však zatím není většina pracovníků na změny, které digitalizace stavebnictví přinese, dostatečně připravena. Vzdělávání v IT/SW bez navázání na odborné zaměření nemá pro zaměstnance vysoký potenciál. Tím, že zaměstnanci sami cítí jako nejvyšší potřebu právě prohlubování odborných kompetencí, je zcela přirozené, že odborná školení jsou v duchu současných trendů v oboru navázána na využívání digitálních technologií v dané oblasti. Nejeefektivnějším a také pozitivně vnímaným řešením je odborné vzdělávání s důrazem využití digitálních modelů ve všech segmentech výstavby s podporou vzájemného sdílení, které bude vyplývat z podnikové kultury.

4.1.5.3 Změna podnikových procesů

Nesmí se opomenout skutečnost, že využívání digitálních modelů sebou přináší potřebu změny podnikových procesů. To znamená nejen řízení stavby pomocí využívání 3D modelů, ale také změnu komunikace se všemi partnery výstavby. V praxi to znamená, že všichni účastníci procesů výstavby mají interaktivní přehled o postupu výstavby a všech změnách v daném momentě. Tím odpadají dosavadní zaběhnuté postupy a objevují se zcela nové postupy a propojení samotných procesů, které přinášejí zcela nové výzvy, např. v ochraně dat,

v odpovědnosti a kompetenci za změny stavby, evidování všech dat o průběhu výstavby (stavební deník apod.) včetně archivace dat a průběžné tvorby dokumentace skutečného provedení stavby.

Dostáváme se tak k podstatě porozumění bariéry resistance. I na základě vysoce motivovaných pracovníků pracovních skupin, zapojených v rámci aktivit v Agentuře ČAS, kteří při komunikaci mezi pracovními skupinami naráželi na bloky v komunikaci dané rozdílným chápáním kontextu, což dokreslilo přetrvávající komunikační bariéry zapříčiněné přílišnou fragmentací stavebního odvětví.

Ukazuje se tak, že možná příčina resistance (při osvětě evidentně klesající) je úzce spojená s komunikačními problémy mezi všemi zapojenými osobami i počítači v životním cyklu stavby, včetně komunikace v rámci všech procesů uvnitř stavebního podniku, ale i v co nejširším kontextu stavby jako takové.

Předpokladem stěžejní příčiny rezistence, dle analýzy kritických faktorů (kap. 2, odst. 2.7.1), je neochota firem měnit své zaběhnuté postupy a procesy nebo přinejmenším jejich neporozumění přínosům, které pro podnik můžou ve střednědobém horizontu přinést. Tato neochota se hlavně projevuje v resistenci vedení takových společností k řízení změny. Change management tohoto druhu totiž sebou přináší nezbytné změny i v řídicích a komunikačních procesech v celém managementu firem a vede i ke změně kultury.

4.2 Druhý okruh výzkumu – hledání cesty k předávání informací napříč celou stavební společností a celým životním cyklem stavby

Analýza dat, informací a zpětné vazby získaných pracovními skupinami PS 1 až PS 7 ukázala, že nefunguje a někdy selhává komunikace a porozumění tomu, jak s daty, informacemi i znalostmi zacházet v celém životním celku stavby. Zejména se ukázalo jako hlavní bariéra nedořešené informační prostředí stavebního podniku, aby bylo zabráněno redundanci dat. BIM jako takový poměrně úspěšně řeší odstranění duplicit informací v datových modelech stavby, avšak není sám o sobě schopen zajistit odstranění těchto duplicit v celém informačním prostředí jakéhokoli stavebního podniku ani v prostředí celého stavebního řetězce. K tomu sice částečně přispívá řešení popsané v CEN (2021), avšak ani to v potřebném rozsahu. Dílčí závěry popsané v CEN (2021) jsou částečně integrovány v rámci kapitoly 5 - Integrace dat z případových studií, zejména kap. 5.2 a 5.3. Proto se ukazuje jako nezbytný další krok **potřeba sestavení mapy řešení BIM informací** a jejich ustavení do **kontextu používaných systémů ERP** stavebních podniků.

4.2.1 Digitalizace stavebních procesů a objektů

Pokud chceme digitalizovat stavebnictví, nemůže jít o "pouhý převod stávajících projektů, procesů, výpočtů atd." do digitálního světa. Je zde určitá analogie s digitalizací procesů v průmyslu, finančních systémů, průmyslových dodavatelských řetězců a stejně tak ve stavebnictví digitalizace procesů, pokud tyto procesy ponecháme beze změny, nepovede ke zlepšení a vyšší

efektivitě systémů, ale naopak se může dostat rychleji do problémů kvůli stávající roztržitosti procesů,

Pro úspěšnou digitalizaci stavebnictví, investiční výstavby a všech souvisejících procesů je nutno vytvořit takový "metamodel", který bude zahrnovat hmotné i nehmotné objekty, které EXISTUJÍ, jako je stavební projekt, rozestavěná stavba, stávající infrastruktura, rozpočet stavby, subdodavatelé apod., ale také činnosti, které se DĚJÍ, jako jsou schvalovací procesy na všech úrovních, dodavatelské práce podle profesí, robotizace některých stavebních prací, komunikace mezi účastníky celého životního cyklu stavby atd. Tento model se bude lišit od standardního statického modelu, jako je 3D stavební projekt - BIM model. Takový metamodel se bude skládat buď z řady snímků, nebo bude kontinuální v čase.

Tím se dostáváme k základnímu vymezení vztahů mezi fyzickými objekty a činnostmi.

- Fyzické objekty a) vykonávají činnosti
 b) transformují (mění) činnosti

Jak objekty, tak činnosti se nacházejí v časoprostoru, a proto musí mít relativní hranici v čase i prostoru.

Je nutné se na počátku těchto změn zaměřit na komplexní změnu procesů, činností a kompetencí práv účastníků, protože někdy dojde k významným změnám v celém komplexu stavebnictví a řízení výstavby. Uvědomme si, že základním stavebním kamenem řízení jsou informace. Informace pak pomáhají manažerům na všech úrovních, zejména při každodenním rozhodování – tak, aby organizace dosáhla stanovených cílů. Bez efektivních informačních toků není možné mít procesy, a tím ani celou organizaci všech procesů pod kontrolou. S trochou nadsázky lze říct, že kvalitní informace ve správný čas u správných lidí jsou jednou z nezbytných podmínek fungování každé budovy po celou dobu jejího života. V samotném informačním managementu postupně přecházíme od původního zpracování dat pomocí počítačových systémů ke znalostnímu managementu a samotný účel pořizování, ukládání, přenosu a zpracování dat vnímáme jako získávání dat pro informační a znalostní management. Díváme se na vývoj jednotlivce, jeho informační potřeby a zároveň na vývoj znalostí každé organizace, ať už se jedná o projekční kancelář, dodavatele stavby nebo státní správu. Řešíme, jak udržovat a využívat informace a znalosti v organizaci. Současný stav prostředí, ve kterém se naše organizace nacházejí, vyžaduje sledování mnoha informačních zdrojů a vyhodnocování důsledků pro nás. Informační management se stává nedílnou součástí procesu výstavby, a pokud je funkční, významně přispívá k efektivitě výstavby i provozu, rozšiřuje marketingovou hodnotu a samozřejmě podporuje rozhodování manažerů.

V současné době se ve stavebních podnicích objevují trendy směřující k digitalizaci podnikových procesů, které by podporovaly řízení změn. Tyto podniky pak čelí výzvěm a obavám, jak tento proces řídit, aby neohrozily svou roli na trhu a své znalosti a dovednosti, které nejsou spojeny s digitálně uloženými a zpracovávanými informacemi. Zároveň v těchto podnicích již začínají pracovat mladí zaměstnanci, kteří jsou vychovávaní novými technologiemi, sociálními

sítěmi a jejich každodenním využíváním. Zde tedy dochází k paradoxu, že tato nová generace často nevidí užitečnost procesů tak, jak jsou nastaveny, vnímá je jako těžkopádné a bez možnosti jejich optimalizace. To vše vede k zatím nevyslovené potřebě řízení změn ve smyslu nutnosti změn prakticky celého systému řízení procesů v podniku. Často dochází k situacím, kdy zaměstnanci na nižších pozicích obcházejí své nadřízené, protože vidí možnosti, jak rychleji a lépe urychlit rutinní činnosti, což však vede k nedorozuměním a někdy i k chybám a zbytečné deziluzi mezi všemi stranami v podniku. Tuto situaci mohou podniky řešit podporou neformální komunikace mezi různými skupinami pracovníků, a to jak mezi mladými a zkušenějšími, tak mezi jednotlivými úseky. Tím se najdou cesty k vyššímu vzájemnému pochopení jak znalostí a dovedností ve firmě, tak při řešení digitalizace procesů. V ideálním případě pak lze tuto průběžnou komunikaci využít pro cílené zaměření a nastavení školení zaměstnanců, včetně vrcholového a středního managementu. Tím by se odstranily některé bariéry odporu k rekonfiguraci procesního řízení, výměně informací a znalostí a často i organizací, aby firma byla schopna úspěšně digitalizovat své interní procesy a postupy řízení a také úspěšně vstoupit do digitalizovaného prostředí stavebnictví jako celku.

Potřeba Mapy řešení BIM informací v kontextu ERP

BIM má velký potenciál podpořit všechny oblasti stavebnictví jak informacemi a daty v čase, tak nástroji potřebnými pro práci s daty. Přírůstek v jednotlivých činnostech, rozprostírajících se od projektování přes různé stavební činnosti až po údržbu dokončených objektů, se výrazně liší. Tato různorodost v přístupu a přijetí nástrojů BIM vytváří "bariéry" v procesech zavádění BIM. Proto je důležité nezaměřovat se jen na jeden aspekt, ale snažit se identifikovat a zhodnotit více aspektů, které přispívají k všeobecně nízkému přijetí BIM, a určit, kde hledat řešení a kam zaměřit další výzkum. Co nejvíce dnes chybí a je potřeba řešit lze shrnout do následujících bodů:

- Silný důraz na představení konstrukčního úsilí, aby bylo možné co nejdříve identifikovat a ověřit podrobné požadavky na sestavu.
- Logické konvence pojmenování, které umožňují plynulý přenos dat mezi BIM a ERP.
- Znalostní inženýrství založené na podrobné analýze prototypů a přenosu znalostí dále do dodavatelského řetězce.
- Revidovaná ekologie nástrojů s podrobnou specifikací přenosu a správy dat.
- Zavedení podrobných procesních plánů s jasně definovanými body zadržení, doplněných o kontrolní seznamy postupu a identifikaci vysoce rizikových položek.
- Konsolidace oddělených informačních systémů v rámci celého podniku do centralizovaného systému pro ukládání a správu dat se zvláštním důrazem na integraci mezi ERP a BIM.

BIM má velký potenciál podpořit všechny oblasti stavebnictví jak informacemi a daty v čase, tak nástroji potřebnými pro práci s daty. Přírůstek v jednotlivých činnostech, rozprostírajících se od projektování přes různé stavební činnosti až po údržbu dokončených objektů, se výrazně liší. Tato různorodost v přístupu a přijetí nástrojů BIM vytváří "bariéry" v procesech zavádění BIM. Proto je důležité nezaměřovat se jen na jeden aspekt, ale snažit se identifikovat a zhodnotit více aspektů,

kteřé přispívají k všeobecně nízkému přijetí BIM, a určit, kde hledat řešení a kam zaměřit další výzkum.

Stále ještě se nacházíme v počáteční fázi transformace celého stavebnictví. Taková transformace může přinést jak změnu v náhledu na stavbu a stavební proces, tak i jiný přístup lidí ke stavbám, ve kterých žijí, pracují a které využívají například k dopravě. Tato změna, která již začala a je určitým způsobem prosazována metodami a technologiemi založenými na BIM umožňuje virtuálně zažít a vyzkoušet cokoli, co se připravuje ke stavbě, prostřednictvím simulací. BIM simulace budou sloužit nejen jako "procházení virtuálního 3D modelu stavby", ale budou zahrnovat i časové aspekty v průběhu celého životního cyklu stavby, tedy jejího užívání až po případnou demolicí. Dokonce i během výstavby může informační modelování staveb pomoci optimalizovat využití materiálů a energie během výstavby a minimalizovat negativní dopady na životní prostředí. Stavba bude mnohem více v souladu se svým vnitřním prostorem i s prostorem vně budovy. V současné době si tuto nadcházející změnu uvědomuje zvolna rostoucí počet stavebních odborníků, uživatelů a majitelů nemovitostí. Informační modelování budov se tak stává nástrojem transformace současného stavu investiční výstavby, který je stále založen na "papírové" výměně dat a zároveň vykazuje vysokou míru roztržitosti, směrem k jednotnému řízení investiční výstavby v celém jejím životním cyklu od samého počátku. Z tohoto pohledu je třeba definovat integraci celého stavebního projektu.

BIM jako informační model stavby obsahuje kompletní a dostatečné informace pro podporu všech procesů v průběhu celého životního cyklu stavby, které mohou být přímo interpretovány SW aplikacemi. Obsahuje informace o stavbě samotné i o jejích součástech a obsahuje také informace o vlastnostech, jako jsou funkce, tvar, materiál a procesy životního cyklu.

V této definici je však potvrzen rozpor dosavadního chápání BIM a jeho možností: **BIM je model, který je ze své podstaty statický – model je popsán jako zmrazený výřez určité reality v určitém časovém okamžiku a zároveň představuje záměr podpořit procesy životního cyklu stavby, což lze charakterizovat jako znalostní management.**

Základní rozdíl mezi použitím BIM (modelu) a dřívější technologií spočívá v tom, že informace budou uloženy explicitně, formálně a srozumitelně. Naproti tomu například výkresy jsou sice primárně určeny k tomu, aby je lidé interpretovali. Informace obsažené ve výkresech nicméně mohou být nejednoznačné, protože obsahují nadbytečné a duplicitní údaje. Z toho vyplývá, že každá skutečnost může být vyjádřena více než jednou (například v plánu, řezu, zprávě). To představuje nebezpečí, že informace mohou být nekonzistentní, zejména když dojde k procesu změn. Navíc výkresy neobsahují některé další informace. Např. procesní informace nebo odůvodnění rozhodnutí o návrhu změny nejsou zaznamenány.

Ideální BIM (Model) naproti tomu ukládá data v neredundantní podobě, tj. každá skutečnost, každá informace je v něm uložena pouze jednou. Takový model slouží jako "hlavní" model pro odvození dalších modelů (např. výkresů), které pak budou obsahovat redundantní údaje. Je tomu tak proto, že redundantním údajům se v praxi nelze vyhnout a někdy jsou vyžadovány například pro různé pohledy na různé obory, jako je projektování, statika a konstrukce. Vždy však jako zdroj

pravdivého údaje bude vlastní BIM model a dílčí výkresy budou z něj při každém dalším použití odvozovány, nejlépe on-line.

4.2.2 Mapa řešení BIM informací

V souladu s ve výzkumu zjištěných, výše uvedených skutečností, brzdících širší implementaci BIM a s potřebou integrace BIM do informačního systému podniku (kapitola 2.1) vznikla zřejmá potřeba vytvořit jasnou strukturu komplexu řešení BIM, která se rozpadají (jsou dekomponována) na základní procesy všech podnikových, lidských, finančních a dalších oblastí řízení stavebních procesů. Požadavkem je, aby taková struktura byla přehledná a hierarchicky s ní bylo možné implementovat a najít každé další dílčí řešení BIM, CIM, GIS, CAFM apod. s jasným umístěním v celkovém kontextu stavebního prostředí s definováním informačních a znalostních toků ve všech směrech. Návrh tohoto řešení je strukturován do tabulky 5 a dále je podrobněji nastíněno další řešení.

Z hlediska správy informací můžeme sledovat jednotlivé datové a informační toky, které probíhají v horizontálních úrovních v rámci jednotlivých procesních domén, a také vertikální informační toky mezi jednotlivými procesními doménami. Při řešení přenosu informací je důležité sledovat, jak detailní provozní data generují informace a následně je zpracovávají do komplexnějších informačních struktur a charakteristik trendů a jak jsou tyto informace využívány v rozhodovacích procesech. Toto je znázorněno v tab. č.: 5, kde je navržena Mapa řešení BIM jako nástroj pro vizualizaci znalostí v rámci životního cyklu stavby, včetně integrace informací a informačních systémů do systému jednotné komunikace. Podrobnější pohled na navrženou „Mapu řešení BIM“ je uveden v kap. 4.2.3.

MAPA ŘEŠENÍ BIM INFORMACÍ (BIM SOLUTION MAP)				
Výstavbové prostředí (Usazení do výstavbového prostředí)	GIS a okolní prostředí	Infrastruktura a okolí	Smart City koncept	Eco-city koncept
Projektování (Design)	Architektonický model	Statické výpočty	TZB a ostatní vnitřní sítě	Rozpočtování
Finanční řízení.	Controlling	Nákladová kalkulace	Finanční sledování postupu výstavby	Subodavatelé, banky, atd.

Řízení aktiv, (Asset management)				
Řízení výstavbových procesů a logistika	Časové plánování Harmonogram stavby (Scheduling)	Technologické postupy výstavby, robotizace	Řízení subdodávek	Monitoring, fotogrammetrické sledování apod.
Rozhodování o stavbě, rozhodovací procesy	Analýza rizik, environmentální analýzy	Studie proveditelnosti	Komunikace s okolím a všemi zúčastněnými stranami	Povolovací procesy, státní správa
Facility Management	Pasportizace nemovitostí	Správa nemovitostí, procesy údržby	Provázání informačních systému od BIM po CAFM	Optimalizace FM a AM procesů a údržby nemovitosti
Řízení informací a znalostí	Větší informovanost a úroveň zkušeností v podniku	Efektivní spolupráce a koordinace mezi účastníky projektu	Interoperabilita a kompatibilita dat	Změna manažerského paradigmatu
Řízení a rozvoj lidského kapitálu	Řízení znalostí a dovedností	Vzdělávání zaměstnanců v oblasti nových technologií	Celoživotní vzdělávání zaměstnanců	Sladění rozvoje zaměstnanců s obchodními potřebami podniku

Tabulka 5 Mapa řešení BIM informací (BIM Solution Map©) Nývlt 2021

Pro kvalitní a korektní správu informací je důležité si uvědomit, že určitý software, který bude muset komunikovat, sdílet a přenášet data v rámci všech procesů, podporuje každou oblast v tab. 5, aby mohl poskytovat informace jejich uživatelům a musí podporovat i proprietární SW těchto aplikací. V horizontální linii "Projektování" se tak děje částečně prostřednictvím dat IFC nebo v případě přenosu dat mezi softwarovými produkty jednoho dodavatele prostřednictvím proprietárních (obvykle uzavřených) datových formátů. Tento rámec komunikace se již odráží v

horizontální komunikaci v tab. 5, musíme si však uvědomit i potřebu dalších informačních toků, které budou vždy stát mimo přenos dat mezi softwarovými produkty a budou jej doplňovat. Zde se musíme dotknout i důležitého aspektu, který provází digitalizaci stavebnictví. Jedná se zejména o proces změny kulturního paradigmatu, a to nejen ve vedení stavebních firem, ale i u ostatních účastníků procesů v celém životním cyklu stavby. Tento proces změny spočívá v převedení tacitních znalostí, zejména v hlavách lidí, do explicitního vyjádření pomocí technických termínů a struktur, které budou schopny zahrnout současné nebo i budoucí informační modely a převést je do "počítačově uchopitelné" podoby.

Každý z prvků matice bude tvořen souborem jednotlivých pojmů, kterými budou SW řešení, technické aspekty, databáze, soubory procesů automatizovaných a lidských činností apod. Jako příklad uveďme popis obsahu jednotlivých prvků v základní podobě návrhu, který bude třeba dále doplnit a upřesnit odbornou veřejností. Všechny následující prvky budou implementovány a postupně upravovány tak, aby umožňovaly vzájemnou komunikaci a sdílení dat prostřednictvím jednotného prostředí (nyní pravděpodobně IFC).

4.2.3 Podrobnější pohled na prvky Mapy řešení BIM

VÝSTABOVÉ PROSTŘEDÍ (Usazení do výstavbového prostředí)

GIS a okolní prostředí:

- SW řešení grafických 3D map,
- Katastr nemovitostí,
- Mapové podklady širších vztahů i souborů staveb,
- apod.

Infrastruktura a okolí:

- 3D digitální mapy infrastruktury (technické sítě, silniční sítě, pěší komunikace, atd....),
- vazby na rozvoj území, digitální územní plány.

Smart City koncept:

- řízení všech aspektů rozvoje města (CIM),
- sběr dat o venkovních teplotách, systém sledování stavu ovzduší,
- propojení s databázemi a systémy dlouhodobých předpovědí vývoje počasí a klimatu,
- propojení se systémy smart houses, vznikajících v oblasti,
- sledování dopravních, pěších i cyklistických cest, jejich zátěže a systémy jejich optimalizace.

Eco-city koncept:

- řízení odběru a výroby energií v oblasti (solár, vítr, tepel. čerp.), sběru odpadků, odvodu splaškových vod.

PROJEKTOVÁNÍ (DESIGN)

Architektonický model:

- SW jako ArchiCAD, Revit, atd.,
- 3D modelování jako základ každého 3D BIM modelu stavby v rámci výstavbového prostředí.

Statické výpočty:

- SW jako Bentley, ad-on moduly různých výrobců atd.,
- oboustranné vazby a komunikace na všechny oblasti v rámci „Designu“.

TZB a ostatní vnitřní sítě:

- SW pro všechny sítě TZB v rámci projektu, např. jako ad-on moduly různých výrobců atd.,
- oboustranné vazby a komunikace na všechny oblasti v rámci „Designu“.

Rozpočtování:

- výpočty výkazů výměr automatizovatelné přímo ze vznikajících 3D modelů stavby,
- vazby na jednotlivé prvky 3D modelu a ceníky výrobců a na normy,
- vazby na činnosti v rámci procesů výstavby, na používání technologických procedur, na nasazení lidské práce a na možnosti a normy výkonnosti stavebních i robotických strojů,
- vazby na varianty tvorby harmonogramů.

FINANČNÍ ŘÍZENÍ A ŘÍZENÍ AKTIV (ASSET MANAGEMENT)

Controlling:

- vazby na interní finanční systémy a procesy v každé firmě,

Nákladová kalkulace:

- propojení budgetingu a konkrétními náklady, které daná stavební dodavatelská firma používá,
- jaké stavební i robotické technologie a lidské zdroje (z pohledu kvality, znalostí a dovedností) má k dispozici.

Finanční sledování postupu výstavby:

- finanční řízení každé konkrétní stavby, propojení na všechny součásti v rámci fin a asset management, ale i přímé vazby na harmonogramy a monitoring a scanning.

Subdodavatelé, banky atd.:

- součást projekt managementu.

ŘÍZENÍ VÝSTAVBOVÝCH PROCESŮ A LOGISTIKA

Časové plánování, harmonogram stavby (Scheduling)

- SW podporující tvorbu harmonogramů v návaznosti na různé SW nástroje,

- systémy vazeb na subdodavatele a dodavatele materiálů a služeb,
- logistické řízení stavby.

Technologické postupy výstavby, robotizace

- SW i další podpora nových technologií, jejich rozvoj ve firmě.

Řízení subdodávek

- propojení konkrétních harmonogramů výstavby s dodavatelskými podmínkami,
- řízení smluv se subdodavateli s konkrétním provázáním na všechny další aspekty obsažené v této matici.

Monitoring fotogrammetrické sledování apod.

- na bázi 3D scanovacích procesů monitorování procesů výstavby s vazbou na dodržování harmonogramu, kontrola správnosti, úplnosti a kvality provádění stavby,
- podklady pro vytváření finálních 3D modelu hotové stavby.

ROZHODOVÁNÍ O STAVBĚ, rozhodovací procesy:

- všechny položky budou v individuálním nastavení rozhodovacích procesů každé firmy – opět s jednoznačným propojením na ostatní položky v této matici.

FACILITY MANAGEMENT

Pasportizace nemovitostí:

- scanování i zaměřování nemovitostí a tvorba 3D modelů již hotových staveb,
- jejich následné zařazení ve formě 3D digitálních dvojčat do všech systémů, zejména ve výstavbovém prostředí.

Správa nemovitostí, procesy údržby:

- na jednotné bázi (IFC) přímé propojování systémů, např. ArchiBUS osazené do potřeb investora a zejména uživatele.

Provázání informačních systémů od BIM po CAFM:

- propojení s 3D modelem od jejich počátečního vzniku v položkách DESIGN.

Optimalizace procesů FM a AM procesů a údržby nemovitosti

ŘÍZENÍ INFORMACÍ A ZNALOSTÍ

Větší informovanost a úroveň zkušeností v podniku:

- systém strukturovaného sběru best practices, vazby na Human Capital management,

- další vazby zejména na Decision making a další.

Efektivní spolupráce a koordinace mezi účastníky projektu:

- propojení se subsystémy managementu a celého ACEO systému procesů,
- nejdůležitější oblast pro propojování efektivní BIM koordinace a BIM managementu,
- hlavní nástroj BIM managera.

Interoperabilita a kompatibilita dat:

- datová podpora pro výše uvedené.

Změna manažerského paradigmatu:

- provázání struktury firmy s rozvojem řízení lidských zdrojů (Human Capital Development,) s potřebami rozvíjejícího se trhu, a potřebami rozvoje technologií, zejména digitalizace,
- vazby na všechny položky v této tabulce,
- bez důrazu na tento aspekt bude digitalizace v každé firmě narážet na zbytečné další překážky.

ŘÍZENÍ A ROZVOJ LIDSKÉHO KAPITÁLU

- rozvoj lidského potenciálu, monitoring toho, co firma vlastní, systémy školení, rozvoj znalostí a dovedností (obecně i IT dovedností).

5 Integrace dat z případových studií a výzkumu ve spojitosti s dalšími praktickými aspekty informační technologie ve stavebnictví

Hendl (2017) doporučuje výsledky případové studie „vřadit do širších souvislostí“. Jedná se v našem případě o to, aby opravdu došlo ke změně manažerského paradigmatu, tj. k přechodu od odděleného vnímání jednotlivých fragmentovaných procesů. Není vhodné řešit samostatně BIM, samostatně nákup, samostatně výběrová řízení, samostatně finanční řízení podniku atd. Při takové fragmentaci jednotliví pracovníci nebo odbory v podniku spolu jen obtížně a zřídka komunikují, ale hlavně není možné optimalizovat komunikaci přímo v informačních systémech, ty spolu totiž nekomunikují vůbec. Stavebnictví trpí stejným neduhem jako současná státní správa, kde jako příklad uveďme, že občan musí při komunikaci s úřady vždy znovu zadávat údaje „na papíře“, přestože tyto údaje jsou v systémech státní správy uloženy, ale komunikace mezi těmito systémy je prakticky nemožná, byť se to v současné době trochu zlepšuje. V našem případě se jedná o sjednocení poznatků získaných, a to, jak usnadnit transformaci stavebního podniku směrem k digitálnímu řízení prostřednictvím lidského kapitálu v podniku a rovněž prostřednictvím změny manažerského paradigmatu uvědoměním si souvislostí všech procesů ve stavebním podniku s modelem BIM a procesy výstavby i životního cyklu stavby, jak je znázorněno na Mapě řešení BIM v tab. 5.

5.1 Širší souvislosti

5.1.1 Souvislosti zjištěných výstupů s dalšími teoretickými poznatky

Výzkum zde prezentovaný byl zaměřen na zkoumání základních možností, jak zlepšit a usadit mezigenerační a také mezi-zkušenostní komunikaci a sdílení výsledných znalostí pro zlepšení procesů ve vznikajících znalostních organizacích. I přes práci s tvrdými daty uloženými v počítačích a projektových protokolech bylo zřejmé, že je třeba se zaměřit na sémantiku všech entit a prvků více než na jejich syntaxi. Jako ideální pro popis a znázornění tohoto řešení se i na základě průzkumu literatury, viz. kapitola 2, ukazuje použití konceptu ontologií (bohatých datových digitálně propojených slovníků) jako způsob integrace celé struktury informací.

5.1.1.1 Použití ontologií a sémantického řešení

V prostředí sémantického webu budou ontologie sloužit k definování pojmů a vztahů mezi pojmy v dané doméně. Databáze znalostí je informační sklad vytvořený nad ontologií, který slouží ke shromažďování, úpravám a sdílení informací. Počítačové aplikace, které využívají sémanticky definované informace, musí nejprve importovat ontologie, které definují data, a uvědomit si, jak jsou data uspořádána. Sémantický web poskytuje distribuované systémy znalostních bází, které lze snadno integrovat.

Webové služby umožňují počítačovým aplikacím komunikovat mezi sebou prostřednictvím internetu. Je však zřejmé, že tyto webové služby mají značné množství omezení:

- 1) Zajišťují syntaktickou interoperabilitu, což vyžaduje, aby data byla přenášena ve specifickém formátu.
- 2) Rozhraní webové služby nesmí být měněno, jinak dojde k narušení aplikace komunikující se službou.
- 3) Obsah zpráv přenášených webovou službou nelze interpretovat počítačem, což znemožňuje jakoukoli automatizaci pomocí workflow. Aby bylo možné do zprávy webové služby přidat sémantický obsah, musí být tento obsah formálně a explicitně konceptualizován pomocí ontologií.

Aby bylo možné rozšířit možnosti webových služeb směrem k dynamické interoperabilitě, je nutné spojit technologie sémantického webu a webových služeb a vytvořit "sémantické webové služby". Technologie sémantických webových služeb využívá k sémantickému definování webových služeb ontologii. Tímto způsobem lze automatizovat odhalení služby, její sestavení a provedení.

V současné době bylo provedeno několik výzkumů v oblasti aplikací technologie sémantického webu pro modelování. Např. Kofler navrhl "systém chytrého domu", který doladuje všechna energetická zařízení v budově (Kofler et al., 2012). Systém využívá znalostní bázi různých energetických parametrů i dodavatelů energie k tomu, aby jménem uživatelů činil energeticky účinná rozhodnutí. Kim et al (2013) vyvinuli sémantický systém pro pojmenování materiálů, který automaticky vyhledává hodnoty materiálových hodnot, které pak vstupují do analytických aplikací energetického managementu v budově.

5.1.1.2 Rozsah kompetencí:

Rozsah základních kompetencí v rámci stavebnictví se týká schopností jednotlivce, které mu umožňují vykonávat měřitelné činnosti nebo poskytovat měřitelné výstupy. Vstupní data a informace byly vybrány z českých a evropských projektů vedených CEN (Evropský výbor pro normalizaci) a ČAS (Česká agentura pro standardizaci) a byly shromážděny do konkrétního okruhu. Tento okruh byl rozdělen do následujících kompetenčních vrstev:

- 1) Základní charakteristiky – osobnostní vlastnosti zděděné po člověku, které zpravidla nelze získat výcvikem nebo učením. Základní vlastnosti představují individuální přístup, chování, motivaci a další atributy měřitelné psychometrickými ukazateli podobnými těm, které jsou obsaženy v Myers-Briggsových ukazatelích a podobných systémech hodnocení osobnosti. Příkladem těchto vlastností je přirozenost učení se cizím jazykům, vrozená schopnost řešit složité matematické problémy.
- 2) Situační odblokovatelé – osobnostní atributy spojené s národností, mateřským jazykem nebo podobnými (kulturně) kritérii mohou hrát relevantní roli při poskytování služeb nebo produktů. Např. schopnost mluvit určitým jazykem může hrát roli v určitých situacích. U situačních odblokovatelů mohou být kritéria vhodná pro určitou situaci irelevantní pro jinou.

- 3) Držitelé kvalifikací, certifikátů a licencí – atributy související s existencí a prokázanou dostatečností akademického vzdělání, vědeckých publikací, odborných akreditací, dovedností nebo profesních certifikátů či licencí. Takové kvalifikace nebo licence jsou měřitelné a poskytují dostatečný důkaz "existence, získání a stupně způsobilosti.
- 4) Historické ukazatele – atributy ve vztahu k historii zaměstnání, zkušenostem s projekty (typy projektů i jejich velikost), zastávaným rolím a pozicím. Historické ukazatele poskytují měnící se informace o minulých činnostech osoby a naznačují potenciální schopnosti v podobných budoucích situacích. Např. role BIM manažera, kterou konkrétní osoba zastává ve stavební firmě již několik let, je ukazatelem specifických kompetencí ve stavebnictví – specifické části BIM managementu.

Čtyři základní kompetence představují individuální odborné kompetence, rozdělené do čtyř typů:

- a. Manažerské: schopnost přijímat rozhodnutí, která podporují výběr nebo přijetí dlouhodobých strategií a iniciativ. Manažerské kompetence zahrnují vedení, strategické plánování, organizační řízení (Stacho et al, 2016), (například "schopnost porozumět obchodním přínosům a rizikům řízení procesů a pracovních postupů BIM" je kompetenční položkou v rámci strategického plánování kompetenčních témat v rámci shromáždění manažerských kompetencí);
- b. Funkční: BIM: netechnické, obecné dovednosti potřebné při zahájení nového projektu. Funkční kompetence zahrnují spolupráci, zahájení projektu, řízení projektu atd. (např. schopnost zahájit a řídit schůzku o BIM pro více zúčastněných stran);
- c. Technické: individuální dovednosti potřebné k vytváření výstupů projektu prostřednictvím oborů a specializací. Technické disciplíny zahrnují modelování, projektování, práci s modelovými projekty a situacemi a také řízení realizace stavby pomocí modelu jako projektu (Lupták a Hlatká, 2018). (např. schopnost používat SW nástroje k vytvoření přesného, bezchybného modelu nebo používání SW nástrojů jako nezbytného základu pro řízení stavebních procesů);
- d. Podpůrné: tyto kompetence představují schopnost a umění udržovat informační a komunikační technologie a jejich systémy. Zahrnují podporu ICT, údržbu HW, údržbu SW a podporu chybovosti atd. (např. schopnost pomoci ostatním, SW a HW problémy, sdílení informací, ukládání do cloudu atd.)

Čtyři sekundární kompetence představují jednotlivé pomocné odborné dovednosti. Jedná se o tyto kompetence:

- i. Administrativa: činnosti potřebné k dosažení a ochraně cílů organizace. Administrativní kompetence zahrnují umění vyhlášovat soutěže a nakupovat služby a produkty, řízení smluv a řízení lidských zdrojů (například schopnost stanovit potřebné metriky pro měření finanční výkonnosti projektů BIM);
- ii. Provozní: postupy a úsilí potřebné pro práci na projektu nebo jeho nedílných částech. Provozní kompetence zahrnují projektování, provádění analýz, simulací, výpočtů,

- správu budov, komunikaci s dodavateli prostřednictvím sdílených databází (např. schopnost používat model rozpočtování a harmonogram stavby);
- iii. Implementace: schopnost nebo dovednost implementovat transformační koncepty a nástroje do života organizace (revoluční a evoluční). Implementační kompetence zahrnují řízení změn, reengineering, standardizaci a zavádění nových postupů pro popisy pracovních míst a vnitřní předpisy;
 - iv. Výzkum a vývoj: činnosti vyžadující hodnocení stávajících procesů, zkoumání nových řešení a prosazování jejich zavádění do praxe v organizacích nebo v celém odvětví. Kompetence v oblasti výzkumu a vývoje zahrnují řízení změn, znalostní inženýrství, výzkum, koučování atd. (např. schopnost sledovat, vybírat a doporučovat technologická řešení, která jsou vhodná pro rozšíření výkonnosti a výstupů organizace).

Také se ukázalo, že vytvoření nové taxonomie a ontologie založené na konkrétních objektech a vlastnostech používaných ve stavebnictví by mělo být cestou a předmětem dalšího výzkumu.

Pro návrh metodiky podporující přechod stavebního podniku k digitálnímu řízení procesů spojených s výstavbou i vlastním provozem se ukazuje ontologie jako ideální nástroj pro komplexní pohled na celou strukturu informací a znalostí potřebných pro digitální řízení životního cyklu stavby. Součástí takové metodiky pak bude rovněž návrh klasifikace kompetencí BIM (odst. 5.1.2) a návrh kompetenčního modelu řízení BIM (odst. 5.1.3).

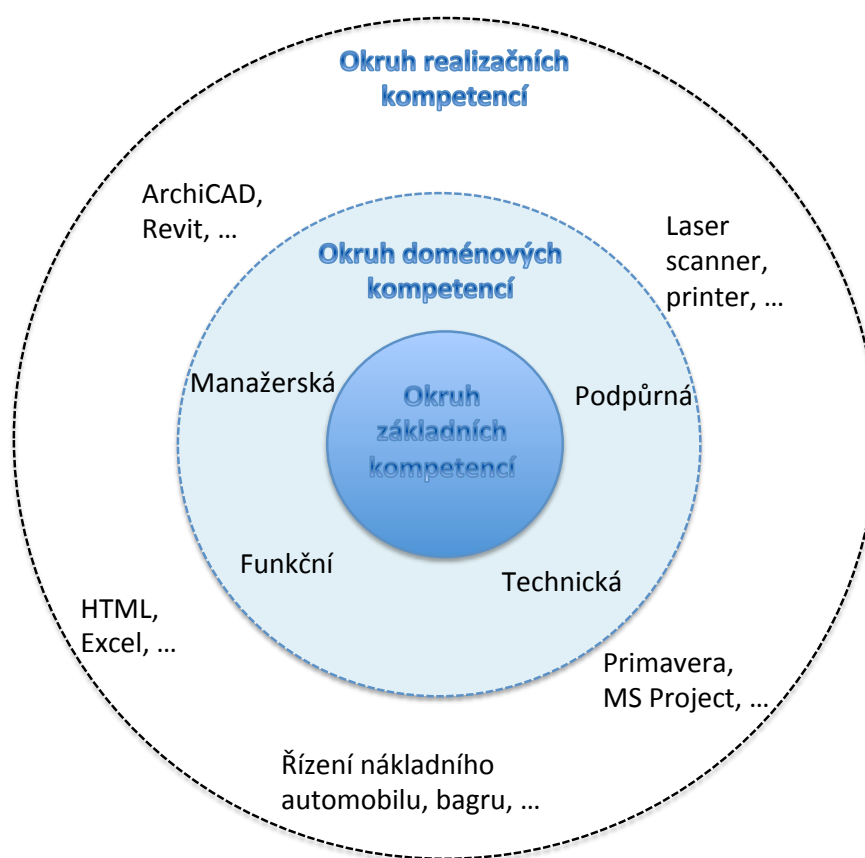
5.1.2 Návrh klasifikace kompetencí BIM, jako prostředníka organizačních kompetencí

Ve výzkumu jsme se především zabývali kompetencemi jednotlivců a jak je motivovat k jejich další ochotě se vzdělávat v nových technologiích. Pro stavební podnik je však také velmi podstatné, jak následně tyto kompetence integrovat do kompetencí organizace nebo týmů. Klíčové kompetence se vztahují k osobnostním schopnostem, na rozdíl od klíčových kompetencí organizace. Kolektivní schopnosti zakotvené v organizaci vytvářejí její konkurenční výhodu, hodnotu pro zákazníky, odolnost vůči použití substitutů a růstový potenciál – jak uvádí Prahalad et al. (1990). Protože však klíčové kompetence organizace jsou "závislé na pracovních kompetencích zaměstnanců a zároveň s nimi neúplně souvisejí a obvykle představují "kompetence, které potřebuje každý ve společnosti" (Ley et al. 2003), je část kompetencí organizace utvářena klíčovými schopnostmi zaměstnanců.

Doména kompetencí se vztahuje k odborným schopnostem jednotlivce, prostředkům, které používá k plnění více úkolů, a metodám, které používá pro svou práci, která se vyznačuje komplexností požadavků. Pod touto položkou můžeme identifikovat 8 vrstev kompetencí. Existují 4 primární (manažerské, funkční, technické a podpůrné), které představují hlavní rysy manažerských dovedností, a 4 sekundární (administrativní, provozní, realizační a výzkumné), které identifikují ty schopnosti, které jsou tvořeny vzájemným překryvem primárních kompetencí (obr. 25).

5.1.3 Návrh kompetenčního modelu řízení BIM k usnadnění fungování digitálně řízeného podniku

Kompetence vizualizovány hierarchicky uspořádané do okruhů, vrstev a specifického zaměření a vzájemně se doplňují. To znamená, že každý jednotlivec, který se podílí na realizaci projektu, musí mít pro výkon konkrétních činností určitý mix kompetencí obecně ve všech okruzích. Např. kromě znalostí výpočetních metod musí být analytik schopen efektivně vytvářet a vyměňovat datově bohaté 3D modely s architektem a dalšími účastníky projektování a musí mít základní inženýrské znalosti a kvalifikaci pro práci s BIM (znalost způsobu spolupráce, požadavky na protokoly pro výměnu dat) a implementační kompetence (umění používat nástroje pro výměnu dat), viz obr.: 25.



Obrázek 25 Model hierarchie kompetencí (Nývlt, Lojda 2019)

Kromě této hierarchie kompetencí BIM je možné uspořádat základní kostru kompetencí BIM, doplňující klasifikační kritéria (označení kompetencí / štítky), která lze používat současně. Např. kompetence lze označit jako obecné nebo specializované. Obecné kompetence BIM jsou stejně platné ve všech oborech, specializacích a rolích; zatímco specializované kompetence BIM jsou platné pouze v rámci podmnožiny oborů, specializací nebo rolí:

- Architekt (obor A) vytváří 3D prostorový model a např. pro školní budovu bude vyžadovat jiný soubor specializovaných kompetencí než analytik (obor B) nebo stavbyvedoucí (obor C), kteří se budou na projektu a výstavbě této školní budovy také podílet. Na druhou

stranu budou všichni potřebovat vědět, jak se vyměňují data a jak se sdělují určité požadavky, tj. mít tyto obecné kompetence.

- Každodenní činnosti, které vyžaduje juniorní projektant (role A) k vytvoření 3D modelu nebo dokumentace, nejsou stejné jako činnosti, které vyžaduje manažer týmu (role B) odpovědný za koordinaci práce mnoha spolupracovníků. Oba však potřebují vědět, jaké standardy mají na dokumentaci aplikovat.

Bez ohledu na to, jak kompetence označíme, "klasifikace je významným shlukem zkušeností" (Voorhes, 2001). Uspořádání kompetencí BIM tímto způsobem umožňuje smysluplné shrnutí znalostí, dovedností a zkušeností BIM do strukturovaného souboru pro počáteční zahájení řízení BIM (nazýváme jej počáteční soubor), který lze využít k hodnocení výkonnosti a zlepšování procesů v celém stavebnictví.

Návrh jednoduché specifické ontologie BIM pro klasifikaci kompetencí

Používání kompetencí je činnost ve vztahu k procesu využívání položek kompetencí k řízení činností nebo k výkonu měřitelné práce. Existuje několik způsobů, jak přistupovat k využívání kompetencí BIM. Položku kompetencí lze využít k:

a) Vytvoření seznamu úkolů pro zahájení projektu nebo procesů (např. kuchařka kroků pro import 3D modelů vytvořených externím projektantem, který s modelem pracuje v dalších krocích), nebo postupu kontroly kvality projektu (např. seznam auditních činností pro analýzu kolizí v projektu).

b) Vytvoření standardizovaných myšlenkových nebo tematických map, diagramů pracovních postupů a podobných grafických záznamů pro vysvětlení realizace projektu implementace BIM, výměny dat (např. např. platforma IFC, CCS) a procesů spolupráce.

c) Příprava požadavků na projekt pro účely nákupu služeb, např. pomocí kompetenčních položek pro vytvoření žádosti o kvalifikaci nebo výzvy k podání nabídky.

Existuje několik způsobů, jak využít dříve formulované kompetence domény BIM a jak vytvořit Seznam strukturovaných kompetencí (který má potenciál pro další rozšíření).

Získání nebo vytvoření kompetencí – využití pro vzdělávání v oblasti BIM

Získání, vytvoření kompetencí je činnost, která se vztahuje k procesu učení prostřednictvím kompetenčních položek. Toho se dosahuje prostřednictvím záměrného shromažďování kompetencí v oblasti BIM ve vzdělávacích modulech BIM, které se dále využívají při profesním růstu, vzdělávání v zaměstnání a celoživotním vzdělávání. Pomocí výše uvedených klasifikací i označených kompetencí lze vzdělávací moduly navrhnout do požadované úrovně podrobnosti tak, aby splňovaly požadavky na vzdělávání cílové skupiny, jako jsou studenti, řemeslníci, manažeři ve stavebních organizacích atd. Způsob využití okruhů a vrstev kompetencí BIM pro tvorbu vzorových vzdělávacích modulů BIM ukazuje tabulka 1. Položky a kompetence lze využít - pokud jsou záměrně shromážděny ve vzdělávacích modulech BIM - jak pro získání, tak pro zdokonalení jednotlivých znalostí a dovedností BIM. Podle Voorheese (2001) "lze každou

jednotlivou kompetenci využít mnoha různými způsoby. Úkolem je pak určit, které kompetence lze propojit, aby pomohly různým typům studentů s optimální kombinací dovedností a znalostí potřebných k využití konkrétních úkolů.

Využití kompetencí – v projektech

Využití kompetencí je činnost ve vztahu k procesu využívání položek kompetencí k řízení činností nebo k výkonu měřitelné práce. Existuje několik způsobů, jak přistupovat k využívání kompetencí v oblasti BIM. Kompetence lze například využít k:

a) vytvoření seznamu úkolů pro zahájení projektu nebo procesů (např. kuchařka krok za krokem pro import 3D modelů vytvořených externím projektantem, který s modelem pracuje v dalších krocích) nebo postupu kontroly kvality projektu (např. seznam kontrolních činností pro analýzu kolizí v projektu)

b) vytváření standardizovaných myšlenkových nebo tematických map, diagramů pracovních postupů a podobných grafických záznamů pro vysvětlení procesů realizace projektu implementace BIM, výměny dat (např. platforma IFC, CCS) a spolupráce,

c) příprava požadavků na projekt pro účely nákupu služeb - např. prostřednictvím kompetenčních položek pro vytvoření žádosti o kvalifikaci nebo výzvy k podání nabídky.

Hodnocení kompetencí – pro budování týmů

Hodnocení kompetencí je činnost, která se týká procesu měření schopností jednotlivců v akademické i profesní sféře. Z hlediska organizace jsou individuální kompetence, jako jsou znalosti, dovednosti, osobnostní rysy, "nejdůležitějšími zdroji podniku pro řešení znalostí náročných úkolů, jako je rozhodování, strategické plánování nebo kreativní navrhování" (Reich a kol., 2002). Tyto individuální kompetence (např. všech zaměstnanců) nemusí být vždy jednoznačné. Dostupnost a rozsah zplnomocnění každého zaměstnance může být procesem oceňování jako explicitní, díky čemuž je "snazší zjistit, co lidé znají, nebo nasměrovat potřebné lidi na ty správné, které znají. Takové sdílení informací zvýší produktivitu organizace i individuální výkonnost" (Reich a kol., 2002).

Hodnocení kompetencí pomáhá personalistům nejen v jejich procesech uvnitř organizace (např. při výběru vhodných kandidátů, plánování a následném rozvržení personálních činností), ale může také "pomoci předvídat projekt řízení výkonnosti v rozsahu klíčových kritérií výkonnosti" (Dainty a kol., 2005). Strukturované kompetence umožňují vytvářet rámce učení založené na kompetencích, které měří to, co účastníci znají nebo mohou dosáhnout v dokonalém popisu (Voorhes, 2001).

Návrh taxonomie kompetencí na nejvyšší rozlišovací úrovni– mnohostranné využití

Tři okruhy, jak je znázorněno na obrázku 25 v trojrozměrném kompetenčním modelu, ukazují mnohostranné možnosti využití při použití ve spojení se strukturovanými kompetencemi BIM. V závislosti na syntaxi kompetencí (tj. na tom, jak je položka kompetence formulována) a

zamýšleném použití bude každá položka odvozena z knihovny kompetencí (tabulka 4) a může současně podporovat výuku, metody hodnocení a praktické aplikace. Oddělení syntaxe od položky kompetence BIM, a tím znemožnění identifikace této položky jako specifické behaviorální role, poskytuje knihovně BIM takovou flexibilitu a přizpůsobivost kompetencí (Gilies et al, 2003).

Kompetenční okruh	Kompetenční vrstva (částečné)	Individuální BIM kompetenční položka (Příklady položek v nízkém definičním detailu; vyjádřené formou činností)
Manažerský	Vedení lidí Strategické plánování Organizační management	Generování obecného poslání, zahrnující <u>Implementaci BIM</u> (BIM Implementation) v rámci organizace. Definování strategických cílů, kterých má být dosaženo na základě <u>SW nástrojů BIM</u> (BIM SW tools) a <u>na modelech založených pracovních postupů</u> (model based workflows). Identifikování změn v organizačních procesech, které jsou nezbytné pro vytěžení výhod z <u>na modelech založených pracovních postupů</u> .
Administrativní	Administrace, organizační politiky a procedury Finance, účetnictví a rozpočtování Řízení lidských zdrojů	Organizování iniciativ na podpoření zaměstnanců k přijetí <u>SW nástrojů BIM</u> a pracovních postupů v rámci organizace Zavedení nezbytných metrik k měření finanční výkonnosti <u>BIM projektů</u> Identifikace zodpovědnosti <u>BIM manažera</u> , <u>BIM koordinátora</u> a podobných BIM rolí.
Funkční	Spolupráce Koordinace (Facilitation)	Vývoj <u>protokolů o vlastnictví modelu</u> a dalšími <u>účastníky projektu</u> při nebo před startem <u>BIM kolaborativních projektů</u> Jednat ve smyslu <u>BIM koordinátora</u> při celém průběhu práce na <u>kolaborativním BIM projektu</u>

	Řízení týmu a pracovních postupů	Používat cloud prostředí, management systém a document management systém k řízení ukládání a sdílení informací
Operační	Návrhy a konceptualizace	Používat BIM SW nástroje ke generování rámcových představ o prostorovém uspořádání, použitím základní geometrie a identifikace prostorových souvztažností
	Analýza a simulace	Používání speciálních SW nástrojů ke generování tepelných studií na základě dat z datově bohatého 3D modelu
	Kvantifikace, hodnocení	Příprava 3D modelu za účelem jeho provázání s harmonogramem výstavby
Technický	Modelování a navrhování	Generování BIM modelu za použití předdefinovaných sestav standardů a návodů
	Dokumentace a detailní výkresová dokumentace	Generování 2D výkresů v požadované přesnosti pro potřebnou stavební dokumentaci a její použití, např. pro VŘ nebo stavební povolení
	Management modelů	Udržování BIM modelu ve smyslu modelovacích standardů, stanovených organizací nebo projektovým týmem
Implementační	Implementační základy	Porovnání odlišných BIM SW nástrojů a výběr těch nejvhodnějších pro organizaci
	Technický trénink	Vytvoření registru dovedností a záznamů o tréninku k zaznamenání jak existující, tak nově nabyté dovednosti
Podpora	IT podpora	Provádění testů pro uvedení IT do živého provozu, jak je vyžadováno požadavky na výkonnost a stabilitu
	SW a web vývoj	Vývoj nástrojů a rozšíření, aby bylo dosaženo zlepšení projektových výstupů (project

	SW – řešení problémů	deliverables) a BIM SW nástrojů (BIM SW tools) Řízení vztahů mezi organizací a dodavateli jejich BIM SW nástrojů
Výzkum a vývoj	Obecný V&V Vzdělání a koučink Sdílení znalostí a zapojení do procesu	Generování BIM specifických V&V plánů pro organizaci Vývoj jasně definovaných přístupů k identifikaci resistencí ke změně (change resistance) nebo saturaci změnami (change saturation) v průběhu procesů BIM implementace Vývoj netechnických vzdělávacích materiálů (educational material) pro pomoc zaměstnancům porozumět procesní i profesní požadavky na BIM

Tabulka 6 Počáteční inventář BIM doménových kompetencí (Vlastní návrh)

Taxonomie jako speciální ontologie BIM

BIM ontologie musí být neformální, polostrukturovaná doménová ontologie, určená k získávání a zaznamenávání znalostí a komunikaci mezi lidmi. Účelem ontologie je reprezentovat znalostní interakce (založené na tlaku a tahu) mezi jednotlivými aktéry BIM, jejich požadavky a výstupy pracovních činností.

Základní závěr z výzkumu lze popsat tak, že typický stavební podnik má pro své zaměstnance vytvořen rámec kompetencí založený na jejich klíčových odborných znalostech; dovednostech a porozumění, které jim umožňují splnit požadavky na jejich práci. Byl použit systém hodnocení založený na interních diskusích o výkonnosti, dalším vzdělávání a potřebách profesního a osobního rozvoje. Výsledky výzkumu ukazují, že pro kvalitní výkon práce je třeba vnímat vedle odborných kompetencí i důležitost osobních dovedností a vlastností. Přináší tak nový rozměr do řízení lidí a nabízí jedinečný nástroj, jak využít a eliminovat slabé stránky jednotlivce spolu s hodnotami, postoji a zkušenostmi, které ovlivňují pohled zaměstnanců na jejich práci a umožňují jim ji vykonávat.

Z jednotlivých obecných kompetencí jsou následně odvozeny a identifikovány kompetence BIM a je předložen návrh na postupné vytvoření specializované taxonomie "Klasifikace kompetencí BIM". Lze předpokládat, že tento návrh taxonomie může dobře posloužit v praxi, např. formou reálné implementace jejího obsahu pracovní skupinou.

Dále je navrženo rozdělení kompetencí domény BIM do několika oblastí, na jejichž základě je navržena vnitřní struktura slovníku BIM, ze které logicky vyplývá sjednocení termínů BIM nejen napříč všemi obory investiční výstavby, ale i sjednocení názvosloví v mezinárodním kontextu. Navržená struktura slovníku tak je dalším důležitým výstupem z výzkumu a rovněž i podkladovým materiálem pro další práce.

V následujících kapitolách 5.2 a 5.3 budou navrženy některé z možných scénářů, jakým způsobem přistupovat k integraci dat popsaných v Mapě řešení BIM (obr. 5). Tyto scénáře vycházejí z dosud nepublikované práce týmu, kterého je autor této práce členem v rámci projektu CEN/TC 442/WG 4/TG 3 “Linking OTLs” (CEN, 2021). Je nutné poznamenat, že reálně existují i další možnosti scénářů, např. celou Mapu řešení BIM pokrýt jediným uceleným SW řešením, tímto směrem postupuje např. SAP pro „manufacturing“ nebo “transport and logistics“. Stavebnictví je však rozsáhlejší, komplexnější a zatím vcelku tímto způsobem neřešené, byť existuje celá řada modulů (finanční řízení, personalistika apod.), které spolu komunikují, nicméně zatím neexistuje žádný výhled na takovou integraci celého SW řešení ani jednotného informačního systému pro stavebnictví.

5.2 Návrh způsobu integrace dat

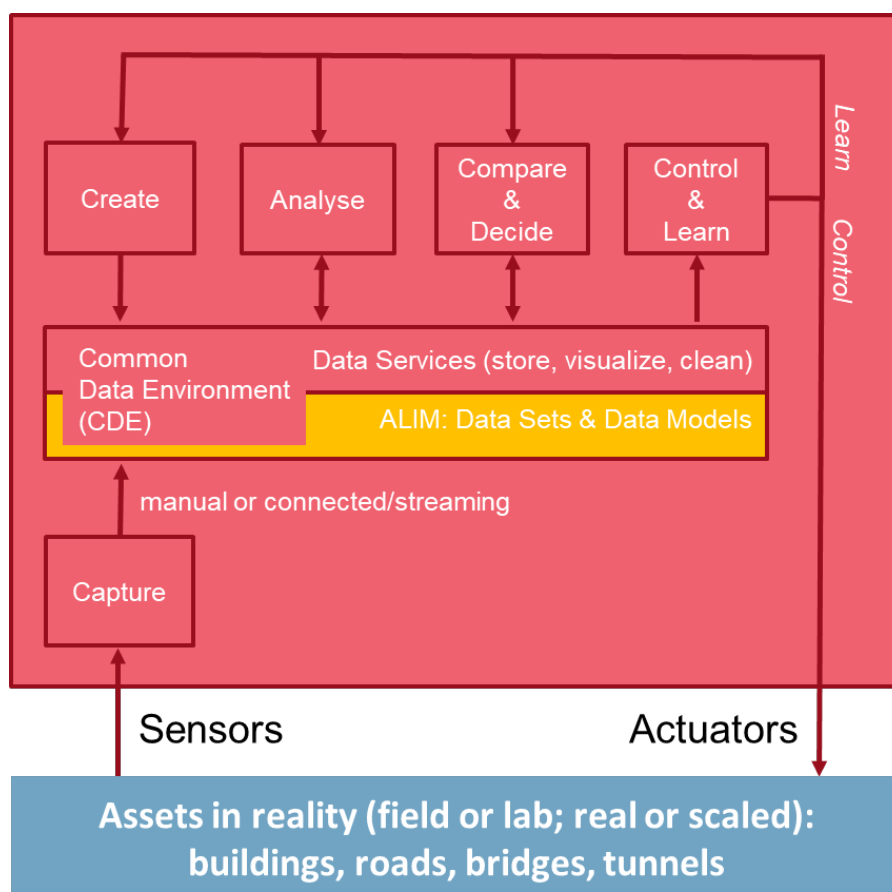
Na straně 55 jsme se seznámili s pohledem na matici kombinovaného životního cyklu a dodavatelského řetězce jako "hrací pole" pro modelování aktiv formou kombinované matice životního cyklu a dodavatelského řetězce, obr. 9.

Komparací a syntézou obr. 9 s Mapou řešení BIM (tab. 5) se dostaneme k tomu, jak má správa informací o majetku, financích a dalších vztazích vypadat uvnitř i vně podniku.

Správná správa informací o majetku má zásadní význam pro řízení životního cyklu majetku, a to na strategické, taktické a provozní úrovni. Tyto informace mají svůj životní cyklus od získání, přes analýzu (výpočet, simulace) až po vlastní rozhodování a učení se z dat.

Správa informací o majetku je prováděna subjekty, které jsou podporovány softwarovými aplikacemi, a zahrnuje následující případy použití, které jsou od 1 do 3 stále náročnější:

1. Sladění terminologie a definic:
 - Shoda na termínech pro zlepšení komunikace s lidmi.
2. Výměna nebo sdílení dat:
 - Výměna (nazývaná také "doručování") a/nebo sdílení dat jak strukturovaných dat (sémantických i nestrukturovaných) tak i nestrukturovaných dat mezi spolupracujícími stranami. Patří sem výměna dat mezi klientem a dodavatelem, klientem a vládou; dodavatelem a dodavatelem atd.
3. Integrace dat:
 - Zajištění kompatibility a smysluplné kombinace heterogenních datových souborů pro software, zejména pro sémantická data. Důležitou se stává schopnost ověřování dat: kontrola, zda datová sada odpovídá datovému modelu, jako je schéma nebo ontologie, obvykle v uzavřeném světě.
 - Otevřeně integrovaný soubor inteligentních zdrojů dat obvykle tvoří základ pro "digitální dvojčata" pro aktiva, která přidávají softwarové funkce pro koncového uživatele, jako je předpovídání a předepisování, a obousměrné spojení s reálným světem prostřednictvím senzorů a akčních členů pro získání dynamických údajů o skutečném stavu a výkonnosti aktiva a jeho prostředí.



Obrázek 26 ALIM (Asset Life Information Modelling) jako základ pro tvorbu digitálního dvojčete (CEN, 2021)

Jakékoli řízení životního cyklu majetku vyžaduje správné řízení informací o životním cyklu majetku (ALIM), které zahrnuje stále více strukturovaných dat o majetku, jejich ukládání, přístup, poskytování, sdílení, ověřování, odvozování, a především účinné a efektivní využívání (obr. 26). Toto využití je ze strany zainteresovaných stran a jejich podpůrného softwaru, které chtějí činit více operativních, taktických a strategických rozhodnutí v oblasti správy aktiv založených na datech a důkazech.

Datové modely, jako jsou ontologie, jsou obecně uznávány jako klíčový mechanismus pro inteligentnější správu informací o aktivech. Ontologie dávají datům o aktivech význam, díky čemuž jsou data nejen počítačově zpracovatelná, ale také počítačově interpretovatelná a sémanticky interoperabilní. Způsob, jakým jsou tyto ontologie a jim odpovídající datové soubory definovány a používány, se však v mnoha příslušných národních a mezinárodních iniciativách značně liší. Mnohé z nich se řídí často nestandardním a/nebo příliš složitým přístupem. Z tohoto důvodu dochází k roztržité a poněkud chaotické situaci, kdy vznikají potenciálně nová síla (nyní sémantických) dat, která lze jen obtížně porovnávat, natož kombinovat a využívat uceleným a přínosným způsobem. Také spolupráce se zavedenými mezinárodními standardy otevřených dat, jako jsou standardy pro BIM (IFC, Inspire), GIS (GML, CityGML, InfraGML, GeoSPARQL), systémové inženýrství a monitorování a řízení (SSN/SOSA), je v současné době špatná.

A to je pouze poznámka z technického hlediska. Navíc konceptuální obsah (význam zachycený samotnými ontologiemi) je často také zbytečně diverzifikovaný a fragmentovaný.

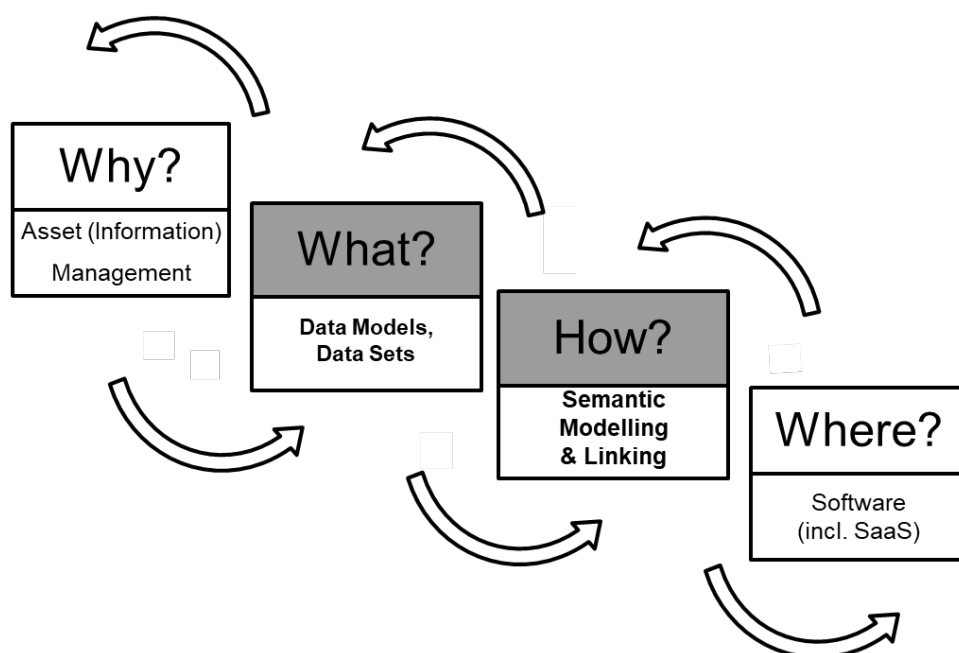
Částečně je to způsobeno technickými rozdíly, ale také tendencí znovu vynalézat kolo, aniž by se znovu využilo to, co už existuje. To platí obecně, ale možná ještě více v odvětví průmyslu stavebnictví, které jako by odráželo svou přirozenou roztržitost i ve způsobu digitalizace. Není neobvyklé, že se v tomto odvětví vyvíjejí speciální řešení pro zcela obecné digitální záležitosti.

Rozsah integrace dat v rámci stavby i stavebního podniku

Mapa řešení BIM přináší nový pohled na celou strukturu informací a znalostí, které podnik používá a naznačuje tak cestu, jak je používat integrovaně a srozumitelně pro všechny strany zapojené do řízení podniku i jednotlivých dílčích projektů (staveb, výstavbových procesů). S výhodou lze i využít synergie návrhu Mapy řešení BIM s projektem CEN/TC 442/WG 4/TG 3 "Linking OTLs" (CEN, 2021) a předložit tak následující vizi integrace dat, informací a znalostí.

Aby se zdůraznila skutečnost, že se řeší data o majetku v průběhu celého jeho životního cyklu, je užitečné používat termín "informační modelování životního cyklu majetku" (Asset Lifecycle Information Modelling, ALIM). V praxi mnozí používají termín "informační modelování budov" (BIM) v širším slova smyslu, ale je vhodnější jasně odlišit ALIM od BIM v užším slova smyslu týkajícího se pouze fáze projektování. Současně je "B" ve slově BIM příliš často vykládáno pouze jako vztahující se výhradně k budovám, zatímco my chceme pokrýt celé vystavěné prostředí.

Implementace a přizpůsobení softwaru povede k budoucím, interoperabilním (otevřeným) a výkonným (sémantickým) datovým modelům a datovým souborům, kde lze data snadno vyměňovat nebo sdílet mezi stranami zapojenými do životního cyklu majetku a dodavatelského řetězce. Datové modely a datové sady se navíc stanou kompatibilními, kombinovatelnými a tím i integrálními, což povede k lepšímu rozhodování v každé fázi životního cyklu a související etapě dodavatelského řetězce. Na obrázku 27 rozlišujeme čtyři datové perspektivy.



Obrázek 27 Čtyři pohledy na data ve fázích životního cyklu stavby (CEN, 2021)

- 1) Proč jsou data potřebná? Analyzujeme potřeby dat podporující/umožňující příslušnou správu majetku (informací) více stran. Obvykle se jedná o celý životní cyklus a dodavatelský řetězec aktiva zahrnující různé obory a z hlediska strategického (cíle), taktického (prostředky) a každodenního provozního (činnosti).
- 2) Jaký druh dat je zahrnut? Koncepční aspekty: jaké datové modely/sady dat jsou modelovány a propojeny. Zde probíhá vývoj ontologie.
- 3) Jak jsou data formátována, modelována, zpřístupňována, ověřována, odvozována a vyměňována nebo sdílána v rámci stran nebo mezi stranami? Opět koncepční aspekty, ale nyní ze strany "řešení". Sem patří volba konceptuálního metamodelu, jazyků pro modelování dat, stylů modelování, konvencí pro identifikaci a pojmenování atd.
- 4) Kde jsou data uložena, kde se k nim přistupuje a kde se zpracovávají v rámci softwaru? Implementační aspekty: softwarové platformy a aplikace a služby používané pro ukládání dat, jako jsou systémy pro správu databází (DBMS), mechanismy přístupu k datům, jako jsou rozhraní pro programování aplikací (API), implementace dotazovacích jazyků (QL) a obecné softwarové nástroje, jako jsou argumentátory, verifikátory a vizualizátory. Dalším pojmem je zde společné datové prostředí (Common Data Environment, CDE).

Proto je třeba se zaměřit především na druhou a třetí perspektivu, tedy "Co?" a "Jak?". Především na otázku "jak" (jazykové konstrukce, modelovací vzory atd.), ale také na poskytování opakovaně použitelných obecných modelovacích vzorů pro otázku "co" (taxonomie nejvyšší úrovně, vzor pro komplexní vlastnosti atd.).

Další způsob zaměření poskytuje způsob, jakým mohou podniky (nebo části podniků) spolupracovat. Norma ISO 11354-1:2011 poskytuje rámec interoperability podniků (EIF), který identifikuje tři typické přístupy k interoperabilitě:

- ▶ ISO 11354-1:2011 Enterprise Interoperability Framework (EIF)
- ▶ 3 approaches:
 1. **Integrated**
 - Common Form: **Conceptual (Top Level) Model**
 2. **Unified**
 - Common meta-system: **Conceptual Meta Model + language bindings**
 3. **Federated**
 - No common (on the fly by smart functionality agents/bots)
- ▶ For Business, Process, Service, **Data**

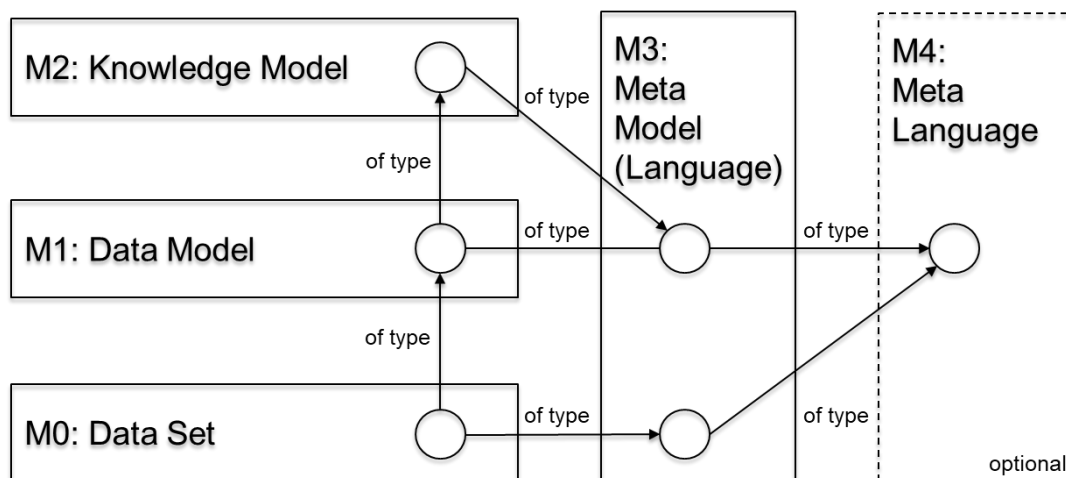
Tabulka 7 Přístupy spolupráce; tučně zvýrazněno zaměření výzkumu – okruh 2 (CEN, 2021)

První (integrační) a druhý (unifikační) přístup odpovídá přístupu, který používá tento návrh. Konceptuální metamodel (CMM) z pohledu "jak" dodává "sjednocení", obecný konceptuální model nejvyšší úrovně (CM) z pohledu "co" "integraci".

Dále se jeví jako nezbytné zabývat se následujícími hlavními tématy:

- Meta model (MM)
 - o Meta model nezávislý na jazyce;
 - o výběr serializací dat RDF ("datové formáty");
 - o několik jazykových vazeb ("modelovací styly") založených na RDF;
 - o mapování CMM na jazykové konstrukce podporující různé "úrovně schopností" (LoC) zahrnující vybrané podmnožiny standardních jazyků pro propojená data/sémantický web RDF, SKOS, RDFS, OWL a SHACL;
 - o modelovací vzory pro identifikaci, pojmenování, anotaci, zacházení s výčtovými datovými typy, práci s rozkladem, množstvými a jednotkami, mechanismus seskupování, metadata atd.
- Generický datový model nejvyšší úrovně včetně jazykových vazeb prostřednictvím CMM.
- Vzory propojení (na úrovni dat a ontologie).

Modelování dat o aktivech.

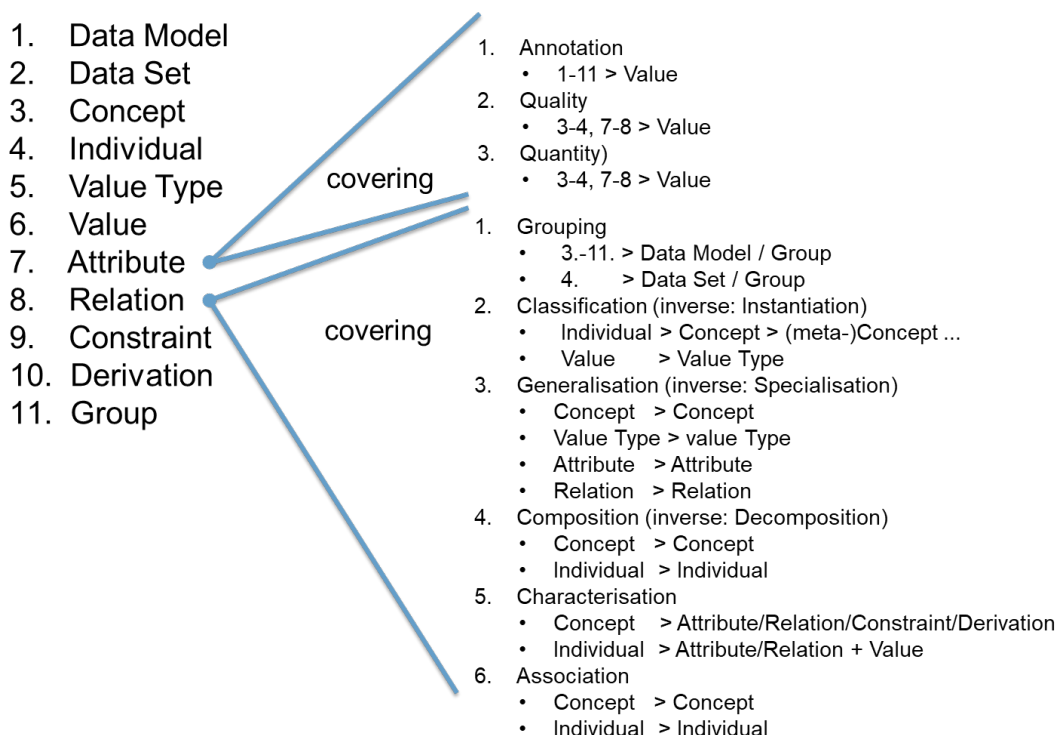


Obrázek 28 Vrstvy abstrakčního modelování 2019 (CEN, 2021)

Cílem tohoto modelování je poskytnout M3: Meta model: konceptuální (jazykově nezávislý) meta model (CMM) se čtyřmi jazykovými vazbami na bázi RDF a M1: Generický datový model nejvyšší úrovně. Doporučuje také více datových formátů/serializací, jak je poskytuje W3C pro M0 i M1. Nakonec doporučuje sadu vzorů modelování a propojování aktiv.

Konceptuální meta model (CMM)

Jazykově nezávislý konceptuální meta model (CMM) je uveden na obrázku 29.



Obrázek 29 Konceptuální meta model (CMM) – (CEN, 2021)

První metakoncept odráží specifikaci dat obecně. Měl by být považován za datový model. Dobrymi příklady datových modelů jsou slovníky, tezaury, slovníky nebo ontologie. Kromě toho máme datové sady, které obsahují jednotlivá data podle datového modelu.

Dalším základním metakonceptem uvnitř takového datového modelu je Koncept odkazující na abstraktní pojmy jako typy zájmových věcí. Dále máme Atributy, které mohou popisovat vnitřní charakteristiky, a Vztahy, které popisují vnější charakteristiky konceptů.

Koncepty mohou být instancovány pomocí Jedinců, kteří odkazují na věci reálného světa, na které lze (nebo v případě plánu/návrhu v zásadě "lze") ukázat. Takové instance dostávají lexikální Hodnoty pro atributy nebo referenční Hodnoty pro vztahy. Lexikální hodnoty mohou být klasifikovány podle nějakého Typu hodnoty (například řetězec, desetinné číslo, celé číslo, logická hodnota atd.)

Koncepty mohou mít Omezení omezující množství hodnot, samotné hodnoty nebo obojí. Také atributy a vztahy mohou mít omezení s ohledem na své zdrojové nebo cílové koncepty (v případě vztahů) nebo Typ hodnoty (v případě atributů). A konečně máme Derivace, které nám říkají, jak lze z existujících tvrzených hodnot odvodit nové hodnoty atributů nebo vztahů.

Jako specifické vztahy definujeme tři mechanismy:

1. Klasifikace (inverzní: instanční), od "konkrétního" k "abstraktnímu".
2. Generalizace (inverzní: specializace), od "konkrétního" k "obecnému".
3. Kompozice (inverzní: dekompozice), od "detailního" ke "globálnímu".

Tyto tři mechanismy vytvářejí tři typy hierarchie, a to typologii (pojmů), taxonomii (pojmů, atributů nebo vztahů), respektive meronomii (pojmů). Koncepty jsou samy o sobě instancemi "konceptu" a mohou být instancovány v instancích; typy hodnot jsou samy o sobě instancemi "typu hodnoty" a mohou být instancovány v hodnotách. Koncepty mohou být specializovány na jiné koncepty; atributy mohou být specializovány na jiné atributy a vztahy mohou být specializovány na jiné vztahy. Specializované koncepty, atributy a vztahy dědí všechna omezení a odvození konceptů, atributů a vztahů, z nichž jsou specializovány. Koncepty lze dekomponovat na koncepty; instance lze dekomponovat na jiné instance.

Kromě těchto tří abstrakčních mechanismů poskytujeme i další typy relací:

- Seskupování, jako pro seskupení všech konceptů, atributů, vztahů atd. do jednoho datového modelu,
- Charakterizace, udávající, jak se atributy, vztahy, omezení a odvození vztahují ke konceptům/individuům na úrovni konceptů/instancí, a
- Obecné asociace na úrovni konceptů i individuů.

Atributy lze dále dělit na anotace, přidávající lidsky interpretovatelné ID, jména, značky, definice atd. a počítačově interpretovatelné vlastnosti a veličiny.

5.3 Návrh datového modelu formou integrace dat do tvorby digitálního dvojčete

Datový model tak bude modelem na nejhrubší nadřazené úrovni (dále budeme používat model nejvyšší úrovně), který je často silně ovlivněn abstraktními myšlenkami z filozofie, fyziky, matematiky nebo logiky. Ať už je nakonec definována jakákoli nejvyšší úroveň, je důležité dodržet klíčové zásady jejího návrhu:

- úplný (vše, co má být nakonec modelováno, má nějaké místo),
- vysvětlitelný,
- rozšiřitelný,
- logicky koherentní (všechny položky jsou nezávislé/ortogonální/nepřekrývají se v sémantice, což je důležité i při pozdějším důsledném použití argumentů),
- praktický/užitečný/šikovný (uznávané koncepty v současné modelovací praxi/iniciativách v praxi),
- nezaujatý (např. když se modeluje "činnost", není tím myšlena pouze lidská činnost atd.).

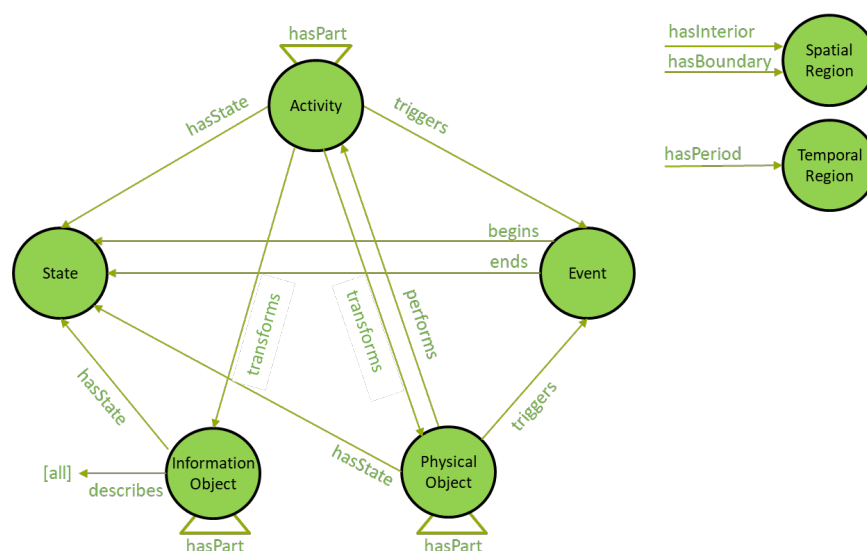
Rozlišují se objekty (rozdělené na fyzické objekty a informační objekty), které "JSOU", a činnosti, které "SE DĚJÍ". Dříve představený metamodel zatím nezavádí "časové aspekty", takže o to se musí postarat vlastní konceptuální modelování, zde zavedením dynamických pojmů nad rámec těch statických objektů a činností, kterými jsou Stavby a Události. Pokud čas není relevantní, protože chceme modelovat nadčasové statické aspekty nebo jen jeden "snímek" objektů v čase, lze tyto stavy a události ignorovat (ponechat implicitní). Tento přístup se často označuje jako "3D". Kdykoli chceme v jednom modelu modelovat více snímků, potřebujeme koncept stavu i události.

To se často označuje jako "4D" situace (nebo "3,5D" v případě, že "4D" je vyhrazeno pro více "časově spojitě" situace).

Mezi objekty a činnostmi existují dva hlavní vztahy: fyzické objekty vykonávají a transformují činnosti. Jak objekty, tak činnosti žijí v časoprostoru, takže oba mohou mít příslušné vnitřní a hraniční místo v prostoru a příslušné časové období (prostřednictvím prostorové oblasti, resp. časového období). Fyzický objekt zahrnuje jak zhmotněné objekty, tak funkční/mentální/designérské objekty. Dobrým příkladem funkčního objektu je dopravní síť, například silniční síť. Mezi takovými (pod)typy fyzických objektů se často modeluje vztah "realizuje" nebo "plní" (zde není předem definován). Vzniká tranzitivní varianta, kdy se materializované fyzické objekty rozkládají na dílčí funkční objekty. Tato myšlenka má v zásadě přesný protějšek na straně aktivit, i když méně aplikovaný (zahrnující fyzické aktivity plnící funkční aktivity jako most, který plní tím, že funkčně "spojuje" v čase).

Prostorová oblast se používá ke dvěma účelům: k definování topologického vnitřku a hranice fyzického objektu. Například určením hranice funkční dopravní sítě se definuje 3D síť koridorů. Toho se dosáhne agregací hranic hran v rámci sítě, které jsou samy topologicky propojeny prostřednictvím uzlů.

Konečně, nejvyšší úroveň má "stejnouúrovňové" vztahy (asociace), omezené na jejich zdrojové a cílové koncepty včetně třídně omezených variant mechanismu kompozice/dekompozice (jsou uvedeny i jejich inverze) – viz Příloha C Tabulka relací na nejvyšší úrovni. Když graficky spojíme pojmy a asociace nejvyšší úrovně (Příloha C), získáme určitou zjednodušující definici konceptu reálného a digitálního dvojčete a vztahů mezi nimi, co se týče datového modelování a budoucí stavby informačního modelu (obr. 30).



Obrázek 30 Předdefinované pojmy popisující vztahy digitálního a skutečného dvojčete (CEN, 2021)

Další ontologie mohou rozšiřovat tyto obecné pojmy a vztahy prostřednictvím další specializace.

Vztah k normě ISO 21597-1:2020 "ICDD "

Důležité je v této souvislosti připomenout, že vytváření jakéhokoliv datového modelu pro široké obecné používání musí respektovat stávající mezinárodní standardy zápisu dat, aby se mohly stát obecně přijímaným modelem v celé profesní oblasti, v tomto případě se bude jednat o soulad s aktuální verzí normy ISO 21597-1:2020.

Norma ISO 21597-1:2020(E) definuje standardní způsob "propojených dat", který je založen na balení vzájemně propojených dokumentů pro převážně lidskou interpretaci. Specifikuje "kontejner" s nákladem dokumentů a objektivizovanými odkazy (odkazy modelované jako třída) mezi těmito dokumenty nebo prvky v těchto dokumentech (tzv. "hluboké odkazy").

ICDD se v zásadě zaměřuje pouze na výměnu dat (zde označovanou jako "doručení"), nikoli na sdílení dat. Jak popis kontejneru, tak popis dokumentů a odkazů by však bylo možné v kontextu sdílení dat znovu použít (například pro zveřejnění balíčku informací na webových stránkách). ICDD se také nezaměřuje konkrétně na LD/SW IN payload! (pouze používá technologii LD/SW pro popis užitečného zatížení), ale spíše na hybridní situaci nestrukturovaných dokumentů a strukturovaných dokumentů (včetně případných datových sad RDF a ontologií).

6 Diskuze

V práci byly použity výsledky provedeného výzkumu u velké stavební společnosti, ale i zkušenosti a úvahy vzniklé v pracovních skupinách ustavených v rámci realizace kroků dle Koncepce (2017) agenturou ČAS i pracovními skupinami v rámci celoevropské organizace CEN, které jsou zaměřeny na ustavení standardů dat a informací v BIM používaných. Na jejich základě jsou v práci navrženy taxonomie kompetencí, model na nejvyšší úrovni agregace pro znázornění vztahů digitálního a reálného dvojčete stavby. Rovněž také vizualizace znalostí a struktura znázorňující zařazení dat v BIM modelu do celkového kontextu všech informací a rozhodovacích procesů stavebního podniku (Mapa řešení BIM informací). Samozřejmě je nutností do modelu zařadit také vazby na lidský faktor a podporu metod učit se nové věci atd. Jedná se o model, jehož implementace by mohla pomoci překonat ve stavebnictví staré české přísloví: „Starého psa novým kouskům nenaučíš.“

Nakonec i výzkum provedený u velkého stavebního podniku v letech 2019 až 2021 ukázal, že tato cesta je schůdná. Porovnáním výstupů mezi prvním uskutečněným výzkumem v roce 2020 a druhou částí následně v roce 2021, kdy v mezidobí proběhla osvěta o výhodách digitálních technologií se ukázalo, že i u nejstarší věkové skupiny došlo k posunu ve vnímání potřeby vzdělávat se v nových, digitálních, technologiích. Jako příklad uved'me:

- Znalost technologií CAD/GIS byla v roce 2019 až 2020 dle průzkumu 31%, během následujícího roku dalších 37,5% pracovníků podniklo kroky ke zvýšení svých znalostí v oblasti GIS a CAD.
- Potřeba vzdělávání v oblasti IT v letech 2019-2020 byla 40,5%. Avšak v roce 2021 již 91,7% respondentů vyjádřilo připravenost se v této oblasti vzdělávat.

Lze tedy považovat za ověřený soulad mezi teorií a praxí uvedený v kapitole 2.5, kde jsou popsány 3 definice znalostní organizace (Senge, 2007, Liebovitz, 1999, Prusak, 2006). Podařilo se tak osvětou, která 3letý průzkum v podniku provázela, mezi pracovníky určité prvky „Učící se organizace“, což může vést i ke snížení resistance vůči přijímání digitálních technologií a s nimi spojenými změnami řízení procesů v podniku. Hodnocení provedeného výzkumu, kde byly na počátku stanoveny stěžejní (Jak změnit zavedené postupy a digitalizovat pracovní prostředí?) a dílčí výzkumné otázky, kterými byly:

- První výzkumná otázka: Jaká je v současnosti struktura kompetencí pracovníků v prostředí stavební společnost?
- Druhá výzkumná otázka: Jaká je připravenost a ochota pracovníků stavebních společností učit se nové věci, měnit zaběhnuté metody a zejména ochota více digitalizovat svoje pracovní prostředí?
- Třetí výzkumná otázka: Jaké možnosti pro získávání a zlepšování digitálních kompetencí pracovníci vnímají pozitivně?

Společné zodpovězení výše uvedených základních výzkumných otázek z počátku provedeného výzkumu přispělo k pochopení současného stavu kompetencí pracovníků a jejich připravenosti k dalšímu celoživotnímu vzdělávání i ke vzdělávání v digitálních dovednostech, resp. v používání digitálních technologií ve své každodenní práci. Odpovědi respondentů vedly k závěrům, že jakýkoliv postup a vývoj je do značné míry podmíněn porozuměním řešené situace v celém kontextu, tedy porozumění jak výchozímu, stávajícímu stavu, tak stavu, kterého chceme v budoucnu dosáhnout. V našem případě sektoru stavebnictví a celého stavebního odvětví, které je komplexní a do značné míry konzervativní v přístupu ke změnám se proto ukazuje, že vizualizace problematiky je vhodnou platformou pro nalezení konsenzu na způsobech, jak nové procesy, v našem případě digitalizaci, nastavit. Pro porozumění nejen uvnitř stavebního sektoru, ale i pro vývojáře nových SW, propojování mezi používanými informačními systémy ve stavebnictví byla v práci navržena „BIM Solution Map“ – Mapa řešení BIM informací. Svojí architekturou tak vhodným způsobem znázorňuje nejvyšší úroveň integrace dat a informací a může být podporou pro stanovení jednotného jazyka srozumitelnému všemi stranami ve všech 3 oblastech BIM, kterými jsou dle Succara (2009) BIM Policy (standardy, vzdělávání, státní správa, zákony, atd.) , BIM Technology (SW, HW, vývoj, multimédia, BI, atd.) a BIM Procesy. (stavební výroba, projektování, údržba a opravy, demolice, atd.).

1) uplatnitelnost výsledků pro technickou praxi

Vizualizace informačních potřeb, toků a procesů, které jsou v digitalizovaném stavebnictví základní je představena na nejvyšší rozlišovací úrovni formou návrhu Mapy řešení BIM informací. Tato „BIM Solution Map“ představuje vhodný a srozumitelný nástroj pro navrhování informační podpory procesů v typickém stavebním podniku v celém rozsahu, který vyžadují interní procesy plánování, podpory, řízení a rozhodování. „Mapa“ je rovněž vhodnou platformou pro porozumění komunikace mezi profesionály ve stavebnictví a vývojáři informační podpory, včetně zpracovatelů „standardů a norem“ při tvorbě standardizačních a klasifikačních systémů pro stavební elementy a stavebnictví obecně.

2) uplatnitelnost výsledků pro rozvoj oboru a další bádání

Pro další výzkum a rozvoj oboru představuje BIM Solution Map vhodný podklad pro zapojení výzkumu v oblasti BI (Business Intelligence) ve stavebním průmyslovém odvětví, což je dosud neprobádaná a neřešená oblast. Jak modely BIM tak již používané systémy ERP v celém sektoru AECOM představují zdroje velkého množství dat (Big Data), které se postupně stávají zdrojem pro vyšší kvalitu rozhodování v celém životním cyklu staveb. BIM Solution Map se stává velice vhodným nástrojem pro identifikaci kde všude je vhodné zapojení analýz metodami BI a jejich provázání do systémů řízení staveb. Zcela jistě výzkum tímto směrem bude předmětem blízkých nadcházejících let.

7 Závěr

Po zhruba dvaceti letech od počátku používání BIM ve stavebnictví dochází k jeho stále většímu sbližování díky snaze různých profesí o co nejtěsnější shodu mezi virtuálními reprezentacemi stavebních prvků a jejich fyzickým protějškem. BIM se nyní postupně rozšiřuje do dalších oblastí a jeho využití dosáhlo úrovně vyspělosti, kdy je věrnost dat dostatečně vyřešena, aby výstupy z BIM mohly spolupracovat se systémy ERP a dále řídit definici všech vstupů do procesů ERP a pomáhají řídit výstavbu v nejšířší komplexitě a být plně synchronizované se všemi podnikovými procesy.

Stavebnictví je stále na začátku zkoumání plného potenciálu těchto propojení. Každý podnik, který chce přejít k větší synergii mezi plánovacím a výrobním procesem pomocí BIM a ERP, musí počítat s možným dočasným poklesem produktivity. Rekvalifikace zaměstnanců (a pravděpodobně také zaměstnání odborníků z jiných průmyslových odvětví), reorganizace zavedených vnitroorganizačních a meziorganizačních procesů, integrace dat mezi podnikovými odvětvími a revidovaná infrastruktura nástrojů jsou jen některé body v seznamu výzev, kterým takové organizace čelí. Změna mentality od tradičního myšlení (které je někdy stále zakořeněno v tradičních postupech stavebnictví) směrem k vysoce inženýrské výstavbě a produkci neproběhne ze dne na den.

Navzdory překážkám mohou nejvíce získat ty podniky ve stavebnictví, které inovují se silným zaměřením na integraci dodavatelského řetězce, prefabrikaci, rychlou výrobu a montáž, pokud využijí možnosti těsného propojení mezi BIM a ERP. Budou se moci prosadit jako silní globální hráči na konkurenčním trhu, který bude stále více záviset na výrobě stavebních dílů a automatizaci a v budoucnu i 3D tisku některých stavebních konstrukcí.

Cílem habilitační práce bylo navrhnout struktury řízení informací (komplexního modelu) ve stavebním podniku v souvislosti s digitalizací procesů spojených s výstavbou a vlastním provozem podniku. Účelem bylo sladit ve stavebních podnicích postupně implementované procesy výstavby podporované technologiemi BIM s ostatní informační podporou podniku založenou na používání systémů ERP. Pro tento cíl bylo potřebné zodpovědět stěžejní výzkumnou otázku: Jak změnit zavedené postupy a digitalizovat pracovní prostředí? Hledání možné cesty k usnadnění digitalizace stavebního podniku a integrace procesů v tomto stavebním podniku podpořilo použití případové studie u jednoho většího stavebního podniku na českém stavebním trhu, který se pohybuje převážně na poli veřejných zakázek. Případová studie přinesla údaje o připravenosti zaměstnanců na nižší úrovni (nižší a střední management) k přechodu na digitalizaci celkově pozitivním přístupem k učení se novým věcem. Je to dobrý signál pro vrcholový management, že se může pustit za nastavení vhodné motivace a vzdělávacích programů pro zaměstnance do restrukturalizace fungování stavebního podniku tak, aby došlo k přechodu na digitální řízení stavebního podniku i staveb.

Rovněž byla s výhodou využita práce pracovních skupin agentury ČAS, které se zaměřují na zpracování návrhů podpory implementace BIM do prostředí České republiky. Nevyjasněnost struktury dat a způsobů jejich sdílení vedlo k hledání možností jejich integrace do informačního prostředí stavebního podniku, aby byla tato data lépe akceptovatelná. Pro lepší porozumění tomu, jak řídit informace vytvářené v prostředí BIM i ostatní informace důležité pro interní rozhodování

a řízení v rámci stavebního podniku i celého životního cyklu stavby byla navržena „Mapa řešení BIM informací“, která znázorňuje důležitost a způsob propojení dat v celé komplexní škále dat nezbytných pro řízení podniku.

Závěrem se podívejme na synergické srovnání výstupů z případové studie u stavebního podniku, kde se jasně ukázalo, jak se mění přístup pracovníků ve stavebnictví k novým výzvám do stavebnictví přicházejícím prostřednictvím zavádění digitálních technologií, s principy navrženými v řízení podnikových informací v mapě řešení BIM. Při prvotním výzkumu prováděným mezi pracovníky byla i osvěta pracovníků o možnostech nových technologií a jejich využívání. Následný výzkum provedený v podniku po jednom roce jednoznačně ukázal, že porozumění možnostem, jak používat nové technologie pro řízení informací ve stavebním podniku zvyšuje ochotu si tyto technologie osvojit a snižuje tak významně resistenci k takovým změnám. Extrapolací těchto poznatků na řízení komplexních podnikových informací (systémů a modelů BIM i ERP) pak osvěta prováděná formou aplikace řízení informací nad mapou řešení BIM může pomoci i k zapojení vyššího managementu podniku do podpory takových změn a sníží resistenci k provádění potřebných změn v procesech řízení podniku (change managementu).

Mapa řešení BIM informací je tak vhodným startovacím nástrojem pro zaměření dalšího výzkumu. Ale rovněž také pro SW firmy a dodavatele řešení, jak přistupovat k integraci informací sloužících řízení, rozhodování, personálního řízení i podpoře dalších činností. Stejně tak bude vhodným nástrojem pro další výzkum v oblasti zapojení metod a prvků Business Intelligence ve stavebnictví.

Literatura

- AOUAD, G., Wu, S. & Lee, A., 2006. nDimensional Modelling Technology: Past, Present, and Future. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 20(3), pp.151–153
- AHMAD, I., SEIN Maing, K. & PANTHI, K., 2010. Challenges of Integration and ICT's Potential in the Globalised Construction Industry. In *Proceedings of PICMET'10: Technology Management for Global Economic Growth*. Phuket, Thailand: PICMET, pp. 1–7.
- ARAM, S., EASTMAN, C. (2013): Impact of Sustainability on Integration and Interoperability between BIM and ERP – A Governance Framework. In: *Proceedings of the Technology Management Conference (ITMC), 2011 IEEE International*, pp. 187–193 (2013)
- ARANDA-MENA, G. et al., 2009. Building information modelling demystified: does it make business sense to adopt BIM? *International Journal of Managing Projects in Business*, 2(3), pp.419–434.
- ARAYICI, Y. et al., 2009. Towards Implementation of Building Information Modelling in the Construction Industry. In *Collaboration and Integration in Engineering Management and Technology*. Istanbul: Fifth International Conference on Construction in the 21st Century
- ARAYICI, Y., AOUAD, G., (2010) Building Information Modelling (BIM) for construction lifecycle management, In: *Construction and Buildings: Design, Materials, and Techniques*, pp. 99-118. NY USA: Nova Science Publishers
- ARAYICI, Y., Coates, P., KOSKELA, L., KAGIOGLOU, M., USHER, C., and O'REILLY, K., 2011. BIM adoption and implementation for architectural practices. *Structural Survey*, 29 (1), 7-25. doi: 10.1108/02630801111118377
- AZHAR, S., 2011. Building Information Modelling (BIM): Trends, Benefits, Risks and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), pp.241–252.
- BABIČ, N.Č., PODBREZNIK, P., REBOLJ DA, D.(2010): Integrating resource production and construction using BIM. *Automation in Construction* 19, 539–543 (2010)
- BENEŠ, P., Information about information: New outlook, BEN, Praha, 2009, ISBN: 978-80-7300-263-3 (in Czech)
- BENNER, P., From Novice to Expert: Excellence and Power in Clinical Nursing Practice, Menlo Park, California: Addison-Wesley Publishers Company, 1984
- BERKA, P. (2007). Úvod do umělé inteligence, VŠE Praha, <https://sorry.vse.cz/~berka/docs/4iz229/s04-znalosti-4p.pdf>
- van BERLO, L. A. H. M., BEETZ, J., BOS, P., HENDRIKS, H., and van TONGEREN, R. C. J. Collaborative engineering with IFC; new insights and technology. Paper presented at the 9th European Conference on Product and Process Modelling, Iceland. 2012
- BEW, M., RICHARDS, M. (2008) Why is BIM & why is the Government seeking its adoption? © Bew -. Richards 2008/10
- BIMhub, 2012. Benefits of BIM. Available at: <http://www.bimhub.com/level-up-bim/pass/>.
- BIM Industry working Group, 2011. A report for the Government Construction Client Group Building Information Modelling (BIM) Working Party Strategy Paper,
- BIZER, C., HEATH, T., BERNERS-LEE, T. (2009). Linked Data. The story so far. *International Journal of Semantic Web and Information Systems*. 5(3), 1 -22.
- BIZER, C., HEATH, T., BERNERS-LEE, T. Linked Data. The story so far. *International Journal of Semantic Web and Information Systems*. 5(3), 2009, pp. 1 -22
- BLAŽEK, L. (2010) Management, Organizování, rozhodování, ovlivňování, Grada Publishing, Praha 2010, ISBN 978-80-247-3275-6

- BOOCH G., et al The Unified modelling language reference manual. Addison Wesley Longman Publishing Co., 1999
- BRIET, S. (2006). What is Documentation? Transl. by R.E.Day, L. Martinet, &H.G.B. Angheliescu. Lanham, MB: Scarecrow 2006
- BROOKES, B.C. (1980). The Foundations of Information Science. Part I. Philosophical Aspects. Journal of Information Science, 2(3-4), 125-133
- BUCKLAND, M.K. (2012) What kind of science can information science be? In: Journal of the American Society for Information Science and Technology, 63(1), 1-7, 2012
- CEN (2021), Böhms, M. ed., Kolektiv autorů: Koehorst, B., Hoogendijk, T., Böhms, M., Klein, R., Asmussenn, S., Jackson, P., Nývlt, V., Muigg, P., Chi Ho Lau, J., Roxin, A., Pettersen, S., Schulze, E., Wilkes, W., Grand, F., Schiavini, G., Kantor, D.: Building Information Modelling (BIM) – Semantic Modelling and Linking Standard (SMLS) for data integration (delivery & sharing) in the built environment, CEN, dosud nepublikováno.
- COATES, P. et al., 2010. The changing perception in the artefacts used in the design practice through BIM adoption. In CIB 2010. Salford, UK: University of Salford.
- COLLISON, D., et al. Leadership challenges, Centre for Excellence in Leadership, Working Paper Series, Lncaster University, Google Scholar, 2005.
- COOL, C., BELKIN, N.J., (2011) Interactive Information Retrieval. History and Background. In: Ruthven & Kelly (eds.), Interactive Information Seeking, Behaviour and Retrieval (pp. 1-14) London: Facet
- CUTTING-DECELLE, A.-F., DUBOIS, A.-M., FERNANDEZ, I. (1997): Management and Integration of Product Information in Construction: Reality and Future Trends. The Int. Journal of Construction IT 5(2), 19–46 (1997)
- DEMLOVÁ, M. (2019), Logika a grafy, MF UK, <https://math.fel.cvut.cz/en/people/demlova/lgr/p-lgr806.pdf>
- DIBLEY, M., HAIJIANG LI *, REZGUI, Y., MILES, J., (2012): An ontology framework for intelligent sensor-based building monitoring, Automation in Construction, Elsevier, 2012
- DRUMMOND, N, SHEARER, R. (2006): The Open World Assumption, The University of Manchester, dostupné na: <http://www.cs.man.ac.uk/~drummond/presentations/OWA.pdf>
- EASTMAN, C. (1999): Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction. CRC Press, Boca Raton (1999)
- EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R., LISTON, K. (2011) BIM HANDBOOK. HOBOKEN, NJ: WILEY. ISBN 978-0-470-54137-1
- EFFICIENCY AND REFORM GROUP (2011), Government Construction Strategy, Cabinet Office, London, UK
- FITZGERALD, A. (1992), Enterprise Resource Planning. IEE Conference Publication 359, Institute of Electrical Engineers, London, UK, pp. 291–297 (1992)
- FORCADA, N., FUERTES, A., GANGOLELLS, M., CASALS, M., AND MACARULLA, M., 2013. Knowledge management perceptions in construction and design companies. Automation in Construction, 29 , 83–91. doi: 10.1016/j.autcon.2012.09.001
- GHOSH, S., NEGAHBAN, S., KWAK, J.H., SKIBNIEWSKI, M.J. (2011): Integration of PLM Solutions and BIM Systems for the AEC Industry. In: Proceedings of the 30th ISARC, Montr al, Canada, pp. 1046–1055

- GIEL, B., ISSA, R.R.A. & OLBINA, S., 2010. Return on investment Analysis of Building Information Modelling in Construction. Nottingham University Press.
- GRUBER, T; et al. (2019), Combined Approach for security and integrity, Book Series (2019) Lecture Notes in Computer Science Volume 11699 Page 87-101 DOI 10.1007/978-3-030-26250-1_7 Published 2019
- HARRIS, F. & MCCAFFER, R., 2006. Modern Construction Management 6th ed., Oxford, UK: Blackwell
- HARTH, A., HOSE, K., SCHENKEL, R. (Eds.) Linked Data Management. New York: CRC Press. ISBN 978-1-4665-8240-8, 2014
- HARTMANN, T., A grassroots model of decision support system implications by construction project teams. PhD dissertation thesis (Stanford Univ. Palo Alto, USA, 2018)
- HENDL, J. (2016), Kvalitativní výzkum – základní teorie, metody a aplikace. Portál s.r.o., Praha, 4. Rozšířené vydání, 2016
- HITKA M., LIŽBETINOVÁ L., LORINCOVÁ S., BARTÁKOVÁ G., ŠTARCHOŇ P., LI CH., ZABOROVÁ E., MARKOVÁ J., SCHMIDTOVÁ J., MURA L., BioResources, 13(2), 2759-2774, (2017)
- CHANDRASEKAN B., et al, What are ontologies, and why do we need them? Intelligent Systems and Their Applications, IEEE, 14(1), 20-26, 1999
- IEEE Standards Board, 1990. IEEE Standard Glossary of Software Engineering Technology, New York, USA.
- INGWERSEN, P., & JÄRVELIN, K. (2005). The Turn. Integration of Information Seeking and Retrieval in Context. Dordrecht: Springer.
- JACKSON J.D., Web 2.0 knowledge technologies and the enterprise : smarter, lighter and cheaper. Oxford: Chandos, 2010
- JORDANI, D., 2008. A Healthy Disruption to a Fragmented and Broken process. Journal of Building Information Modelling, (1), pp.24–26.
- JUNG, Y. & JOO, M., 2011. Building information modelling (BIM) framework for practical implementation. Automation in Construction, 20(2), pp.126–133
- KAISER, J. (2020) Informatics Knowledge for Setting Requirements on IFC Data and Its Suitability in Education for Chemical Engineers By: Kaiser, J (Kaiser, Jiri) [1] Book Group Author: IOP 5TH WORLD MULTIDISCIPLINARY CIVIL ENGINEERING-ARCHITECTURE-URBAN PLANNING SYMPOSIUM (WMCAUS) Book Series IOP Conference Series-Materials Science and Engineering Volume 960 Article Number 022106 DOI 10.1088/1757-899X/960/2/022106 Published 2020
- KHOSROWSKI, F., ARAYICI, Y. (2012) Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. In: Engineering, Construction and Architectural Management, 19(6), pp. 610-635
- KONCEPCE (2017), Koncepce zavádění metody BIM v ČR, Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, metodický materiál, dostupné na:
<https://www.koncepcebim.cz/uploads/inq/files/Koncepce%20zaváděn%C3%AD%20metody%20BIM%20v%20ČR.pdf>
- KOFLER, M.J., REINISCH, C., KASTNER, W. (2012). A semantic representation of energy-related information in future smart homes, Energy Build. 47, pp 169-179
- KIM, K., KIM, G., YOO, D., YU, J., (2013). Semantic material name matching system for building energy analysis. Automation in Construction 30 (2013), pp. 242-255

- KUSÝ, V. (2013) An ontology driven BIM components repository: A new way to share BIM components In: Proceedings of CESB 2013 Prague, pp 559-562, ISBN 978-80247-5015-6
- KUSÝ, V., (2013b) Ontology as a Backbone of the Enterprise Information Systems and Current Applications in the Czech Republic, Journal of Systems Integration. 3(2), pp 3-18 [Online] Available at: <http://www.si-journal.org> , 2013b
- LANGFORD, D. & MALE, S., 2001. Strategic Management in Construction 2nd ed., Oxford, UK: Blackwell Science.
- LARSEN, P.S.(1999). Books and Bytes Preserving Documents for Posterity. Journal of the American Society for Information Science, 50(11), 1020 - 1027
- LEE, G., HARRISON, K. & WON, J., 2012. Economic Impact of BIM-Assisted Design Validation. Automation in Construction, 22(1), pp.577–586
- LEY, T., ALBERT, D., (2003) Identifying employee competencies in dynamic work domains: methodological considerations and case study. In: Journal of Universal Computer Science 9 (12), pp. 1500-1518
- LIASERIN, J., (2008) BUILDING INFORMATION MODELLING - THE GREAT DEBATE, <HTTP://WWW.LIASERIN.COM/FEATURES/BIM/INDEX.PHP>
- LIEBOWITZ, J., Knowledge Management Handbook, Boca Raton: CRC Press,1999, ISBN: 0-8493-0238-2
- LINDE F., STOCK W.G. (2011) Information Markets. A Strategic Guideline for I-Commerce. Berlin, New York NY: De Gruyter Saur. (Knowledge and Information. Studies in Information Science.
- LOJDA, J; NĚMEC, O; NÝVLT, V; LIŽBETINOVÁ, L, (2020), Digitalisation in Construction as an Educational Challenge for Universities, 5th World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium (WMCAUS), 2020 | 5TH WORLD MULTIDISCIPLINARY CIVIL ENGINEERING-ARCHITECTURE-URBAN PLANNING SYMPOSIUM (WMCAUS) 960
- LOJDA, J., NĚMEC, O., LIŽBETINOVÁ, L., NÝVLT, V. (2021) Mezigenerační sdílení kompetencí, VŠTE České Budějovice, TAČR projekt TL02000017, ISBN 978-80-7468-180-6
- LOJDA, J. (2011) Manažerské dovednosti, Grada, Publishing, Praha 2011, ISBN 978-80-247-3902-1
- LOWE, D. & LEIRINGER, R., 2006. Commercial Management of Projects 1st ed., London, UK: Blackwell Publishing.
- LUPTÁK, V. & HLATKÁ, M. 2018, "Rolling stock stopping for different railway line speeds and different coefficients of usable grip: A case study", Transport Means - Proceedings of the International Conference, pp. 216.
- MALHOTRA, Y., Why knowledge management systems fail. Knowledge management lessons learned: what works and what doesn't. Society for Information Science and Technology Monograph Series, pp.87-112, 2004
- MARQUARDT, M. (2011) Action Learning, Management Press, Praha, 2011
- MEDA, P., SOUSA, H. (2012): Towards Software Integration in the Construction Industry – ERP and ICIS Case Study. In: Proceedings of the CIB W78 2012:29th International Conference, Beirut, Lebanon, October 17-19, pp. 304–313 (2012)
- MELLOR, R.B., Knowledge Management and Information Systems: strategies for growing organizations, Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2011, ISBN: 978-0-230-28043-4
- MIHINDU, S. & ARAYICI, Y., 2008. Digital Construction through BIM Systems will Drive the Re-engineering of Construction Business Practices. 2008 International Conference Visualisation, pp.29–34
- MITCHELL, A. & DEMIAN, P., 2006. Barriers that Influence the Implementation of UK construction Project Extranets.

- MOON, H. et al., 2011. Case Studies for Evaluation of Interoperability Between a BIM Based Architectural Model and Building Performance Analysis programs, Sydney.
- NEDERVEEN, S. VAN, BEHESTI, R., GIELINGH, W. (2014). MODELLING CONCEPTS FOR BIM, IN: UNDERWOOD J. & ISIKDAG, U., (EDS): HANDBOOK OF RESEARCH ON BUILDING INFORMATION MODELLING AND CONSTRUCTION INFORMATICS, NEW YORK: HERSHEY, ISBN 978-1-60566-928-1
- NONAKA, I., & TAKEUCHI, H. (1995). The Knowledge-Creating Company. How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. Oxford: Oxford University Press
- NÝVLT, V., NOVOTNÝ, R. (2019b) Critical factors affecting a successful BIM integrated design solution, MATEC Web of Conferences Volume 279, 2019, Article number, *10th International Conference Building Defects, Building Defects 2018*; Institute of Technology and Business (ITB) Ceske Budejovice; Czech Republic; 23 November 2018 - 24 November 2018; ISBN 978-80-7468-131-8,
- NÝVLT, V., NOVOTNÝ, R. (2019a) Sharing Knowledge and Information within BIM Life Cycle processes, MATEC Web of Conferences Volume 279 2019, Article number, *10th International Conference Building Defects, Building Defects 2018*; Institute of Technology and Business (ITB) Ceske Budejovice; Czech Republic; 29 November 2018 through 30 November 2018; ISBN 978-80-7468-131-8, doi.org/10.1051/mateconf/201927901001
- NÝVLT, V. (2018) BIM as a tool for building life cycle management. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management*, SGEM Volume 18, Issue 5.3, 2018, Pages 127-134 18th SGEM 2018; Albena; Bulgaria; 2 July 2018 through 8 July 2018
- NÝVLT V., LOJDA J. (2019), Semantic technologies and semantically defined "Building Information" In: Proceedings of the International Conference on Economics, Management and Technology in Enterprises 2019 (EMT 2019), The Technical University in Zvolen
- OLTAMARI A., et al, (New Trends of Research in Ontologies and Lexical Resources. Berlin: Springer, 2013
- OWEN, R. (Ed.). CIB White Paper on IDDS Integrated Design & Delivery Solutions. Rotterdam, The Netherlands: CIB, 2009
- OWEN, R., AMOR, R., PALMER, M., DICKINSON, J., TATUM, C. B., KAZI, A. S., . . . East, B., 2010. Challenges for Integrated Design and Delivery Solutions. *Architectural Engineering and Design Management*, 6, 232–240. doi: 10.3763/aedm.2010.IDDS1
- OXFORD, "Technology" - Compact Oxford English Dictionary, http://askoxford.com/concise_oed/technology?view=uk
- PETR J., Theory of systems projects, Disertation thesis. Praha: ČVUT Faculty of Civil Engineering. 1989, (in Czech)
- PRAHALAD, C.K., HAMEL, G., (1990) The core competence of the corporation. In: Harvard Business Review 68 (3) 79-91
- PROBST, G. J. B., RAUB, S., ROMHARDT, K. (2000) Managing Knowledge. Building Blocks for Success. Chichester: Wiley.
- PRUSAK. L., Ed., Knowledge management and organizational learning: a reader, Oxford University Press, 2006, ISBN: 978-0-19-929180-9
- PRUŠKOVÁ, K, KAISER, J., (2019), více na <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/471/2/022019/pdf>.
- PRUŠKOVÁ, K., (2017) The mutual relations between level of development and project documentation stages in Czech Republic's legislation In: Proceedings of International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, pp.821-826, ISBN 978-619-7408-13-3

REGINOLD, K., 2011. Identification of the barriers of information and communication technology implementations in relation to productivity of building construction sector in Sri Lanka. (Masters in Information Systems Management Masters), University of Colombo, Colombo, Sri Lanka [online]. Available from <http://archive.cmb.ac.lk:8080/research/handle/70130/1298> (2009/MISM/31)

REISMAN, A., (2005), Transfer of Technologies: a cross-disciplinary taxonomy, Omega, vol 33(3), pp. 189-202

RITTER, P.H., Models as Tools to Aid Thinking: Towards of Theory of Thinking. In: B. Glatzeder, V.Goel & A. Müller (Eds.), (pp. 347-374): Springer berlin Heidelberg, 2010

ROUSSEY, C., PINET, F., KANG, M.A., CORCH, O., (2012) : An Introduction to Ontologies and Ontology Engineering, Ontology Engineering Group (OEG), Departamento de Inteligencia Artificial, Facultad de Informatica. Campus de Montegancedo s/n Boadilla del Monte-28660 Madrid, España

RUIKAR, K., ANUMBA, C. & CARRILO, P., 2005. End-user perspectives on use of project Extranets in construction organisations. Engineering, Construction and Architectural Management, 12(3), pp.222–235.

ŘEZÁČ, J. (2007) Moderní management, Computer Press Praha 2007, ISBN 978-80-251-1959-4

SENGE, P., (2007) The Fifth Discipline, The Art and Practice of the Learning Organization, Random House, Inc., New York, 2007, ISBN 0-385-51725-4

SENGE, P. (2009) Pátá disciplína, Teorie a praxe Učíci se organizace, Management Press, Praha, 2009, ISBN: 978-80-7261-162-1

SEQUEDA, J. (2012): Introduction to: Open World Assumption vs Closed World Assumption, dostupné na: <https://www.dataversity.net/introduction-to-open-world-assumption-vs-closed-world-assumption/>

SHILOVITSKY, O. (2013): BOM: Apple of Discord between PLM and ERP? Online Resource, <http://beyondplm.com/2013/09/17/bom-apple-of-discordbetween-plm-and-erp/>

SmartMarket Report, (2014), The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets. How Contractors around the world are driving innovation with Building Information Modeling. McGraw Hill Construction (2014)

STACHO, Z.; POTKANY, M.; STACHOVA, K.; et al. 2016. The Organizational Culture as a Support of Innovation Processes' Management: a Case Study. International Journal for Quality Research Volume: 10 Issue: 4 Pages: 769-783

STAKE, R.E., (1995), The art of case study research, London, Sage, 1995

STOCK, W.G., PETERS, I. and WELLER, K (2010) Social semantic corporate libraries joining knowledge representation and knowledge management. In: A. Woodsworth (Ed.) Advances in Librarianship, 32, 137-158, Bingley: Emerald

STOCK, Wolfgang G. and STOCK, Methild. (2013) Handbook of Information Science, Berlin: De Gruyter Saur, 2013, ISBN 978-3-11-023499-2

SUCCAR, B., 2009. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 18 (3), 357-375.

SUCCAR, B., (2010) Building Information Modelling Maturity Matrix. In: Underwood J. & Isikdag, U., (Eds): Handbook of Research on Building Information Modelling and Construction Informatics, New York: Hershey, ISBN 978-1-60566-928-1

SVETEL, I., PEJANOVIĆ, M., (2010) The Role of the Semantic Web for Knowledge Management in the Construction Industry, Informatica 34, str. 331-336 (2010).

SZABO, Stanislav - SIDOR, Jan: The Performance Measurement System – Potentials and Barriers for its Implementation in Healthcare Facilities, Journal of Applied Economic Sciences Volume IX, Issue 4(30), Spiru Haret University, Romania, p., ISSN 1843-6110, http://cesmaa.eu/journals/jaes/files/JAES_2014_Winter.pdf

ŠVAMBERKOVÁ, L., ed. (2021) Soupis potřebných dovedností a oblastí znalostí v souvislosti s BIM, BIM EDU University Framework, Agentura ČAS, Praha 2021, ISBN 978-80-907243-3-4

Technia PLM Newsletter (2014), The Construction industry in focus” Online Resource, <http://www.technia.com/Section-News-Events/Newsletters/Nordic-PLM-Newsletter/Issue-1-20102/Jonas-Chronical/The-Construction-industry-in-focus/> (2014)

THOMPSON, D. & MINER, R., 2010. Building Information Modelling - BIM: Contractual Risks are Changing with Technology

TOMANOVÁ, Š., (2014) Analýza předpokladů a potřebných opatření v ČR pro dosažení srovnatelné úrovně informačního modelování staveb (BIM) s ostatními zeměmi (tzv. BIM úroveň 2) RU/0003/14/BIM a normalizace, Praha: ÚNMZ

TVERSKY, B., HEMENWAY, K. Objects, parts, and categories. In: Journal of Experimental Psychology: General, Vol 113(2), Jun 1984, 1984, pp. 169-193

UNDERWOOD, J. ISIKDAG, U. (Eds.). *Handbook of Research on Building Information Modelling and Construction Informatics: Concepts and Technologies*, New York: Hershey. ISBN 978-1-60566-928-1, 2010

WILKINSON, P. (2012) Online Resource: “Unit4 combining collaboration, ERP and BIM in the cloud, <http://www.extranetevolution.com/2012/02/unit4-combiningcollaboration-erp-and-bim-in-the-cloud/#sthash.dmlBT4ez.dpuf>

VOORHEES, R.A. (2001) Competency-based learning models: a necessary future. New Directions for Institutional Research, pp 5-13

VOSS, J. (2009). Zur Neubestimmung des Dokumentsbegriffs im rein Digitalen. Libreas. Library Ideas, No.15, 13-18.

VYTLAČIL, D. (2018) System description of the defect creation and elimination in the buildings. In: MATEC Web of conferences, Building Defects České Budějovice 2017, ISBN 978-1-7598-9032-3

WOLSTENHOLM, A., Ed. (2009) Never waste a good crisis: A review process since Rethinking Construction and thoughts for our future. London UK: Constructing Excellence

WATSON, A., 2010. A driver for change. In W. Tizani, ed. Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. Nottingham: Unoversity of Nottingham.

WON, J., LEE, C., DOSSICK, C., MESSNER, J. (2013). Where to Focus for Successful Adoption of Building Information Modelling within Organization. In: Journal of Construction, Engineering and Management, 2013.139.

Internetové odkazy:

[Int. 1] Custom Datatypes (CDT), Towards a web of Linked Datatypes, Maxime Lefrançois, Antoine Zimmermann, École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne, Unofficial Draft 20 March 2018
https://ci.mines-stetienne.fr/lindt/v2/custom_datatypes.html

[Int. 2] GraphQL
<https://graphql.org>

[Int. 3] GraphQL-LD
<https://comunica.github.io/Article-ISWC2018-Demo-GraphQLD>

- [Int. 4] D4, Principles for a European Road OTL
https://www.cedr.eu/download/other_public_files/research_programme/call_2015/asset_information_using_bim/interlink/deliverables/INTERLINK-D4-Principles_EuropeanRoadOTL.PDF
- [Int. 5] Linked Data/Semantic Web (LD/SW)
<https://www.w3.org/standards/semanticweb/data>
- [Int. 6] Ontology for Property Management (OPM)
<http://www.maxime-lefrancois.info/docs/HoltenRasmussen-LDAC2018-OPM.pdf>
<https://w3c-lbd-cg.github.io/opm>
- [Int. 7] SHACL and OWL Compared
<http://spinrdf.org/shacl-and-owl.html>
- [Int. 8] From OWL to SHACL in an automated way by Irene Polikoff, May 1, 2018, The Semantic Ecosystems Journal, FIBO, SHACL, Ontologies
<https://www.topquadrant.com/from-owl-to-shacl-in-an-automated-way/>
- [Int. 9] The Unified Code for Units of Measure (UCUM), Gunther Schadow, Pragmatic Data LLC, Clement J. McDonald, National Library of Medicine, Lister Hill, Version: 2.1, Revision: 442, Date: 2017-11-21, Copyright © 1998-2014, Regenstrief Institute, Inc. and the UCUM Organization
<http://unitsofmeasure.org/ucum.html>
<https://ci.mines-stetienne.fr/lindt/LefrancoisZimmermann-ESWC2018-UCUM.pdf>
- [Int. 10] JavaScript Object Notation (JSON)
<https://www.json.org/json-en.html>
<http://www.ecma-international.org/publications/files/ECMA-ST/ECMA-404.pdf>
- [Int. 11] QUDT by qudt.org
<https://github.com/qudt/qudt-public-repo>
- [Int. 12] Representational State Transfer (REST)
https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/rest_arch_style.htm
- [Int. 13] Ontological Foundations for Structural Conceptual Models, Giancarlo Guizzardi, Enschede, The Netherlands, 2005, CTIT PhD Thesis Series, No. 05-74, Telematica Instituut Fundamental Research Series, No. 015 (TI/FRS/015)
- [Int. 14] BIM EDU University Framework, Soupis potřebných dovedností a oblastí znalostí v souvislosti s BIM (kolektiv autorů),
https://www.koncepcbim.cz/uploads/inq/files/Soupis%20potrebnych%20dovednosti%20a%20oblasti%20znalosti%20v%20souvislosti%20s%20BIM_Agentura%20CAS_Agentura%20CAS.pdf

Seznam symbolů a zkratek

2D, 3D, 4D, nD	Označení pro počet dimenzí grafických i negrafických v modelu Asset Life Information Modelling, Informační modelování životního cyklu
ALIM	majetku
API	Rozhraní pro programování aplikací
BDS	Building Description System
BIM	Building Information Modeling nebo Building Information Management
bSDD	Datový slovník Building Smart
CAD	Computer Aided Design - označení SW pro podporu projektování 2D nebo 3D Computer Aided Facility Management - označení SW pro procesy Facility
CAFM	Managementu
CAM	Počítačem řízená výroba (Computer aided manufacturing)
ČAS	Česká agentura pro standardizaci
CDE	Společné datové prostředí (Common Data Environment)
CEN	Evropský výbor pro normalizaci City Information Modeling, informační model vystavěného urbanizovaného
CIM	prostředí
ČKAIT	Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků
CMM	Konceptuální metamodel
CPE	Construction Project Extranets
CWA	Closed World Assumption, označení uzavřeného informačního prostředí
czBIM	Odborná rada pro BIM
DSS	Datový standard staveb
DTM	Digitální technická mapa ČR
EIF	Rámec inteoperability podniků
ER	Exchange Requirements, Požadavky na výměnu (dat) Enterprise Resource Planning, řízení podnikových procesů - označení
ERP	komplexních informačních systémů používaných v podnicích
FIS	Finanční informační systém - obvykle standardní součást systému ERP
GIS	Geografické informační systémy
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	HyperText Transfer Protocol
HVAC	Heating, Ventilation, Air-Conditioning
iBIM	integrovaný BIM
ICI	Individual Competency Index, Index rozdělení individuálních kompetencí Integrovaný stavební informační systém (Integrated construction information
ICIS	systém)
IDM	information delivery manual, Manuál předávání dat
IFC	Industry Foundation Classes, standard
IoT	Internet věcí
IPD	Integrovaná realizace projektu, Integration Project Delivery
KM	Knowledge management, Řízení znalostí
KOS	Systém organizace znalostí, Knowledge Organization System

KPI	Key Performace Indicators, klíčové indikátory výkonnosti
KTP	Knowledge Transfer Partnership, partnerství pro přenos znalostí
KW	Knowledge worker, znalostní pracovník
LIM	Land Information Modelling
LoD	Level of Detail, Level of Development, označuje stupeň množství popsaných atributů v daném objektu v BIM
LoI	Level of Information, označuje stupeň informační bohatosti daného objektu v BIM
MIS	Manažerský informační systém
MVD	Model View Definition, Definice pohledu (sad údajů) na model
OWA	Open World Assumption, označení otevřeného informačního prostředí
pBIM	proprietární BIM
QL	Query language, dotazovací jazyk
RDF	Resource Description Framework
ROI	Return Over Investments, návratnost investic
SKOS	Simple Knowledge Organizing System, Jednoduchý systém organizace znalostí
SMLS	Semantic Modeling and Linking Standard, Standard sémantického modelování a sdílení
SOA	Service Oriented Architecture
SPARQL	
L	Dotazovací jazyk pro RDF systémy
SWOT	Metoda analýzy slabých a silných stránek v souvislosti příležitostí a hrozeb
TPP	Technologie, procesy a politiky, složky širšího pohledu na BIM
UNA	Unique Name Assumption
URI	Uniform Resource Identifier, jednotný identifikátor zdroje

Seznam tabulek

Tabulka 1 Index rozdělení individuálních kompetencí (Benner, 1984).....	26
Tabulka 2 Úrovně BIM vyspělosti dle Bew & Richards (2008)	27
Tabulka 3 Index BIM vyspělosti organizace, při dosažení BIM vyspělosti na úrovni 2 (Succar, 2010)	27
Tabulka 4 Struktura účastníků projektu	70
Tabulka 5 BIM Solution Map – own design © Nývlt 2021	88
Tabulka 6 Počáteční inventář BIM doménových kompetencí (Vlastní návrh)	102
Tabulka 7 Přístupy spolupráce; tučně zvýrazněno zaměření výzkumu – okruh 2 (CEN, 2021)	107
Tabulka 8 Styl modelování pro LoC-1: Sladění terminologie a definic se SKOS (CEN, 2021)	144
Tabulka 9 Styl modelování pro LoC-1: Sladění terminologie a definic se SKOS (CEN, 2021)	147
Tabulka 10 Jazykové vazby (CEN 2021)	149

Seznam obrázků

Obrázek 1 Přehled procesů znalostního managementu. (Mellor,2011).....	33
Obrázek 2 Kognitivní aktér při reprezentaci znalostí a získávání informací. Zdroj: Ingversen a Järvelin, 2005, s. 261. Šipky: Kognitivní transformace a vliv Dvojitě šipky: Interaktivní komunikace kognitivních struktur)	35
Obrázek 3 Návrh rámce BIM a komunikačních toků s držiteli znalostí v modelu celé ontologie (Nývlt et al. 2019a).	40
Obrázek 4 Vzájemné "vztahy BIM" uvnitř znalostních modelů / uzlů i mezi nimi. Vztahy jsou jak typu push-pressure, tak typu pull-pull, ((Vlastní návrh poprvé použitý v: Nývlt et al. 2019a)	41
Obrázek 5 Bew-Richardsův model vyspělosti BIM. (Bew, Richards, 2008).....	44
Obrázek 6 Stupně vyspělosti BIM – lineární pohled podle Succara (2009).....	50
Obrázek 7 Fáze životního cyklu projektu pro BIM úroveň 3 - lineární model (Nývlt et al., 2019b)	53
Obrázek 8 Kontext informačního životního cyklu aktiv (ALIM) v rámci vystavěného prostředí. (CEN, 2021)	54
Obrázek 9 Znázornění vzájemného působení životního cyklu aktiv a dodavatelského řetězce a vztahů. (CEN 2021).....	55
Obrázek 10 Partonomický (taxonomický) zápis BIM Frameworku, reprezentující BIM Ontologii (Succar, 2009)	59
Obrázek 11 IT/SW kompetence souhrnně	76
Obrázek 12 Podíl IT/SW kompetencí z hlediska věkových kategorií.....	76
Obrázek 13 Zastoupení odborných kompetencí podle věku	77
Obrázek 14 Zastoupení odborných kompetencí podle kategorie pozic	77
Obrázek 15 Postoj ke vzdělávání se.....	78
Obrázek 16 Postoj ke vzdělávání se podle kategorie věku.....	78
Obrázek 17 Potřeby vzdělávání v hlavních kategoriích.....	78
Obrázek 18 Potřeby vzdělávání v hlavních kategoriích podle věku.....	79
Obrázek 19 Potřeby vzdělávání v hlavních kategoriích podle pozice	79
Obrázek 20 Potřeby vzdělávání účastníků nad 50 let podle kategorie pozice	80
Obrázek 21 Představy a výzvy spojené s kariérním růstem.....	81

Obrázek 22 Představy a výzvy kariérního růstu podle kategorie pozic.....	81
Obrázek 23 Představy a výzvy kariérního růstu podle kategorie věku.....	81
Obrázek 24 Postoj účastníků k digitalizaci po jednom roce od průzkumu	82
Obrázek 25 Model hierarchie kompetencí (Nývlt, Lojda 2019).....	97
Obrázek 26 ALIM (Asset Life Information Modelling) jako základ pro tvorbu digitálního dvojčete (CEN, 2021).....	105
Obrázek 27 Čtyři pohledy na data ve fázích životního cyklu stavby (CEN, 2021)	106
Obrázek 28 Vrstvy abstrakčního modelování 2019 (CEN, 2021)	108
Obrázek 29 Konceptuální meta model (CMM) – (CEN, 2021)	109
Obrázek 30 Předdefinované pojmy popisující vztahy digitálních a skutečných dvojčat	111
Obrázek 31 LD/SW jako nadstavba nad Internetem a webem.....	140
Obrázek 32 Tři hlavní typy případů použití a související "úrovně schopnosti" (LoC) – CEN, 2021	142
Obrázek 33 Globální styl modelování: od LoC k programovacímu jazyku (CEN, 2021)	144
Obrázek 34 Jednoduchá ontologie RDFS, ze které extrahujeme SKOS.....	146
Obrázek 35 Odpovídající mapování a výsledky mapování v systému SKOS	146
Obrázek 36 Příklad modelování množství (CEN, 2021).....	152

Seznam příloh

Příloha A – DOTAZNÍK a Výsledky ankety – po 1 roce od průzkumu, listopad 2021

Příloha B – Technologie propojených dat, součást zprávy CEN „Linked data“

Příloha C – Tabulka relací na nejvyšší úrovni

Příloha D – Ohlasy a citace v uznávaných mezinárodních databázích WoS a Scopus

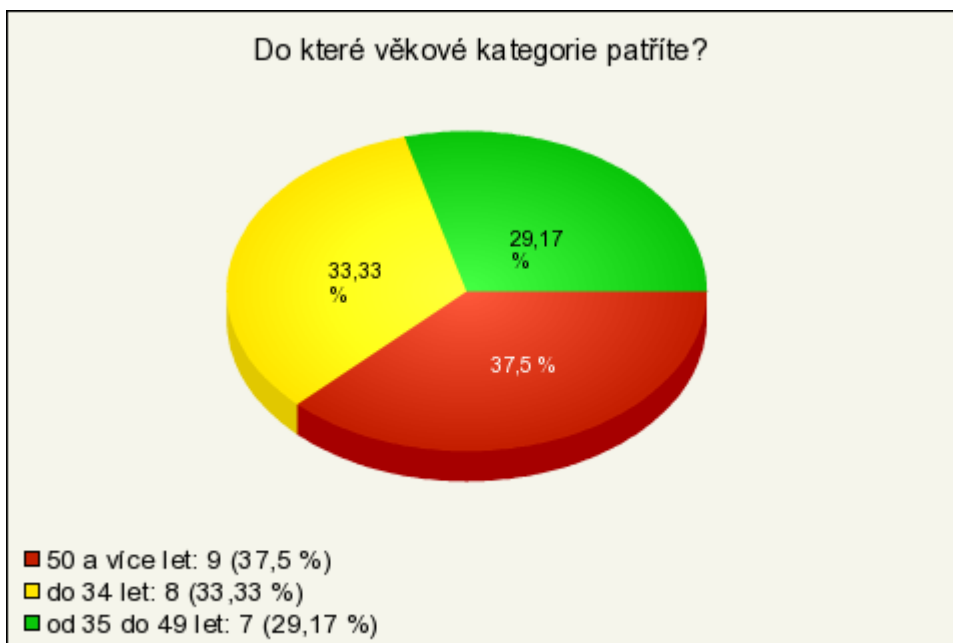
Příloha A

DOTAZNÍK a Výsledky ankety – po 1 roce od průzkumu, listopad 2021

Odpovědělo 24 účastníků, z toho 33,3% do 34 let, 29,2% od 35 do 49 let a 37,5% nad 50 let.

Podíl věkových kategorií v anketě

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid do 34 let	8	33,3	33,3	33,3
od 35 do 49 let	7	29,2	29,2	62,5
50 a více let	9	37,5	37,5	100,0
Total	24	100,0	100,0	



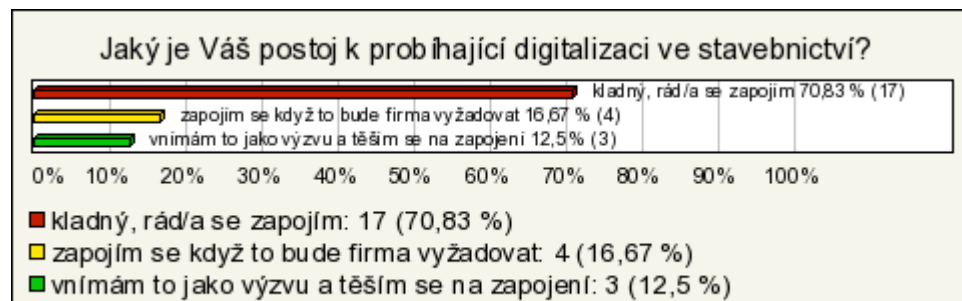
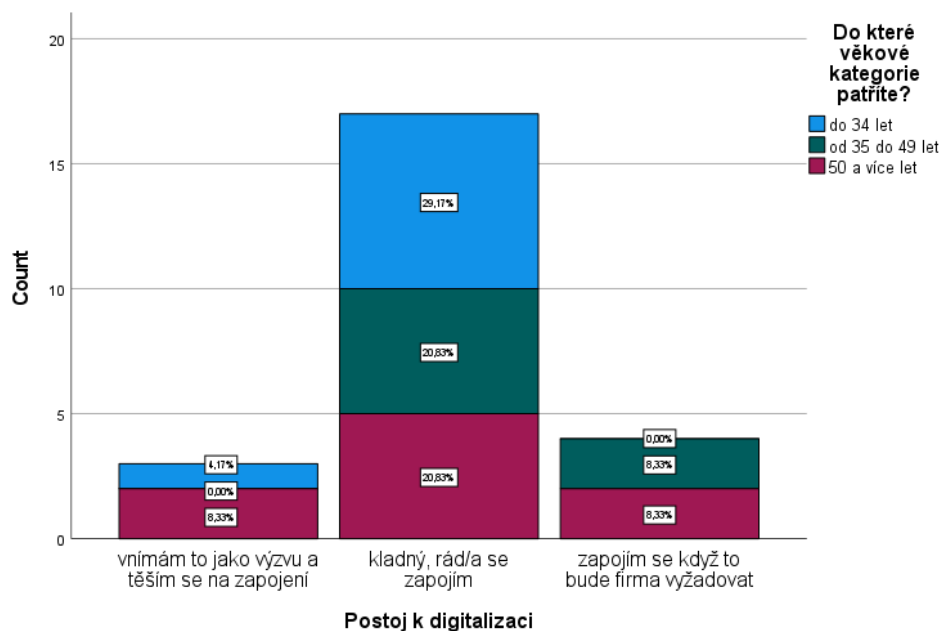
1. Postoj k digitalizaci ve stavebnictví

Znění otázky a možnosti odpovědí:

Jaký je Váš postoj k probíhající digitalizaci ve stavebnictví?

vnímám to jako výzvu a těším se na zapojení	12,5%
kladný, rád/a se zapojím	70,8%
zapojím se když to bude firma vyžadovat	16,7%
určitě ne, raději půjdu jinam	0%

	Postoj k digitalizaci			Total
	vnímám to jako výzvu a těším se na zapojení	kladný, rád/a se zapojím	zapojím se když to bude firma vyžadovat	
do 34 let	12,5%	87,5%	0,0%	100,0%
od 35 do 49 let	0,0%	71,4%	28,6%	100,0%
50 a více let	22,2%	55,6%	22,2%	100,0%
Total	12,5%	70,8%	16,7%	100,0%



2. Absolvování SW/IT kurzu nebo jiný odborného vzdělávacího kurzu po ukončení práce ve dvojicích:

Absolvoval/a jste od ukončení práce ve dvojicích nějaký SW/IT nebo jiný odborný vzdělávací kurz?

ne	87,5%
elektr. stavební deník	4,2%
Manažerskému školení – OBCHODNÍ DOVEDNOSTI	4,2%
Školení STEPS	4,2%

Věková kategorie	Absolvoval/a jste od ukončení práce ve dvojicích nějaký SW/IT nebo jiný odborný vzdělávací kurz? /absolutní početnost				Total
	ne	elektr. stavební deník	Manažerské školení – OBCHODNÍ DOVEDNOSTI	Školení STEPS	
do 34 let	8	0	0	0	8
od 35 do 49 let	5	0	1	1	7
50 a více let	8	1	0	0	9
Total	21	1	1	1	24

3. Podnikl/a jste nějaký krok ke zvýšení svých znalostí práce s CAD nebo GIS programy nebo technologiemi?

Znění otázky: Podnikl/a jste nějaký krok ke zvýšení svých znalostí práce s CAD nebo GIS programy nebo technologiemi?

ne 62,5%

ano, využitím firemního vzdělávání 4,2%

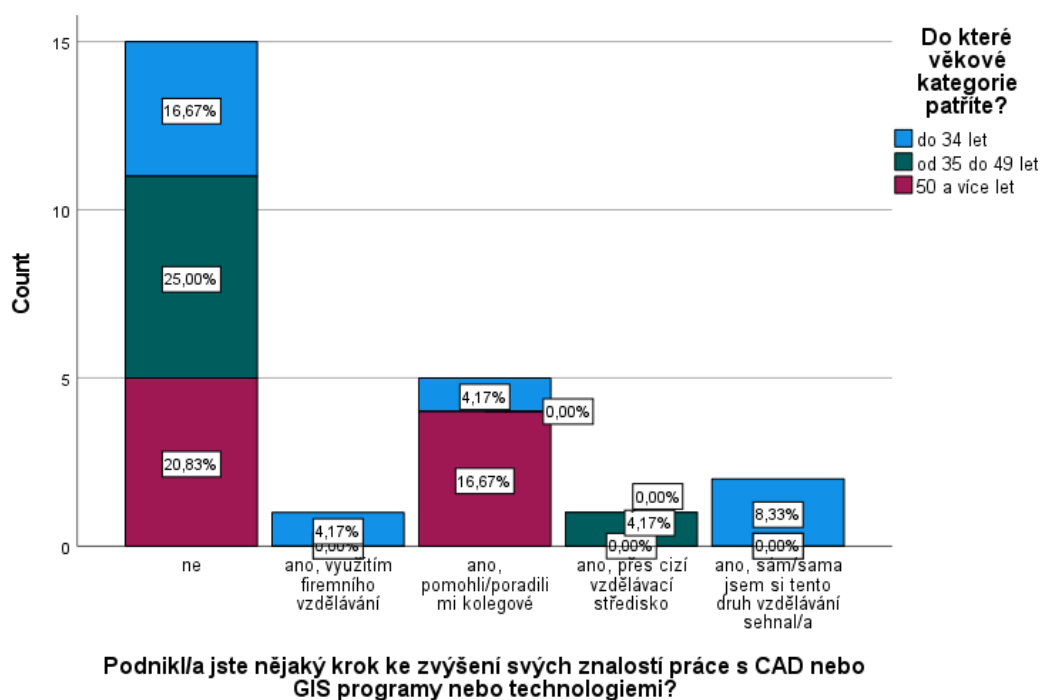
ano, přes cizí vzdělávací středisko 20,8% (5 zaměstnanců)

ano, sám/sama jsem si tento druh vzdělávání sehnal/a 4,2%

ano, pomohli/poradili mi kolegové 8,3%

	Podnikl/a jste nějaký krok ke zvýšení svých znalostí práce s CAD nebo GIS programy nebo technologiemi?	Total
--	--	-------

	ne	ano, využitím firemního vzdělávání	ano, pomohli/poradili mi kolegové	ano, přes cizí vzdělávací středisko	ano, sám/sama jsem si tento druh vzdělávání sehnal/a	
do 34 let	50,0%	12,5%	12,5%	0,0%	25,0%	100,0%
od 35 do 49 let	85,7%	0,0%	0,0%	14,3%	0,0%	100,0%
50 a více let	55,6%	0,0%	44,4%	0,0%	0,0%	100,0%
Total	62,5%	4,2%	20,8%	4,2%	8,3%	100,0%





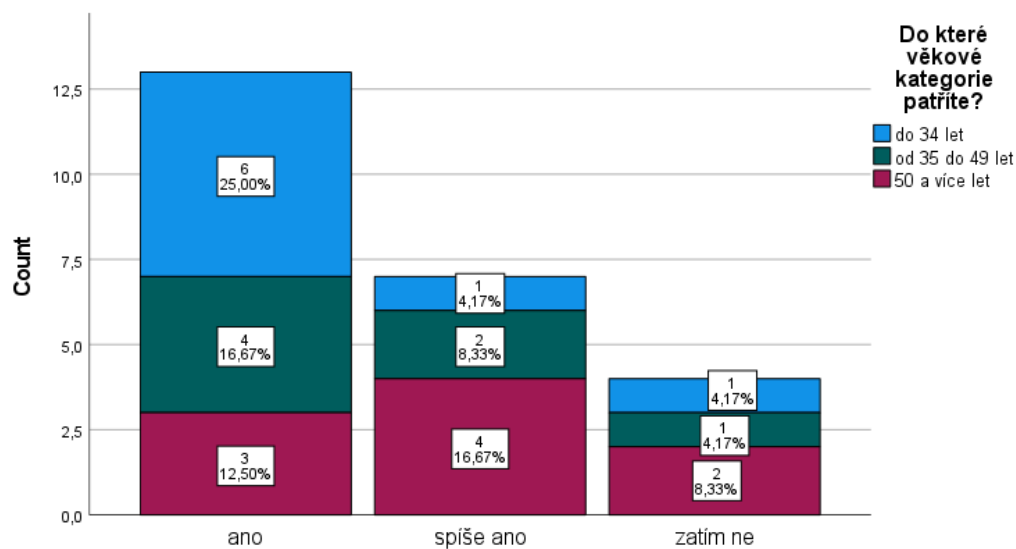
4. Realizace staveb v prostředí BIM

Otázky:

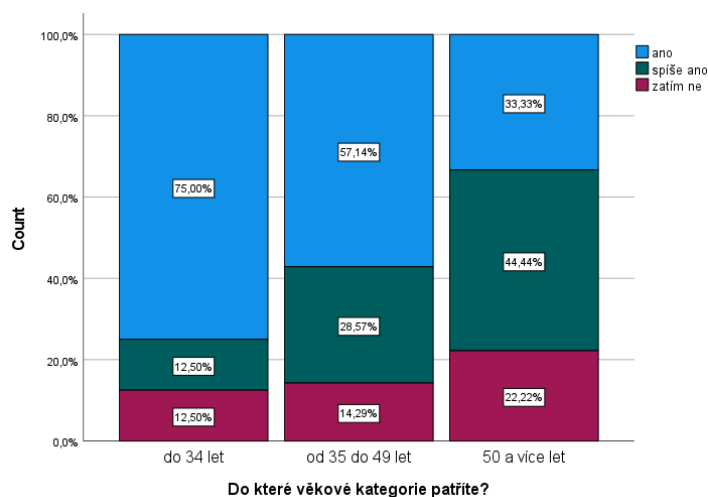
4.1 V případě, že vaše firma bude stavbu kompletně realizovat v prostředí BIM (tedy po celou dobu výstavby bude využívat grafické 3D prostředí - např. použitím tabletu na stavbách, nebo pod.), budete připraveni se zapojit do takové stavby?

4.2 Jste připraveni se pro realizaci staveb v BIM již dopředu zapojit do vzdělávacího programu, abyste mohli být součástí týmu na této stavbě?

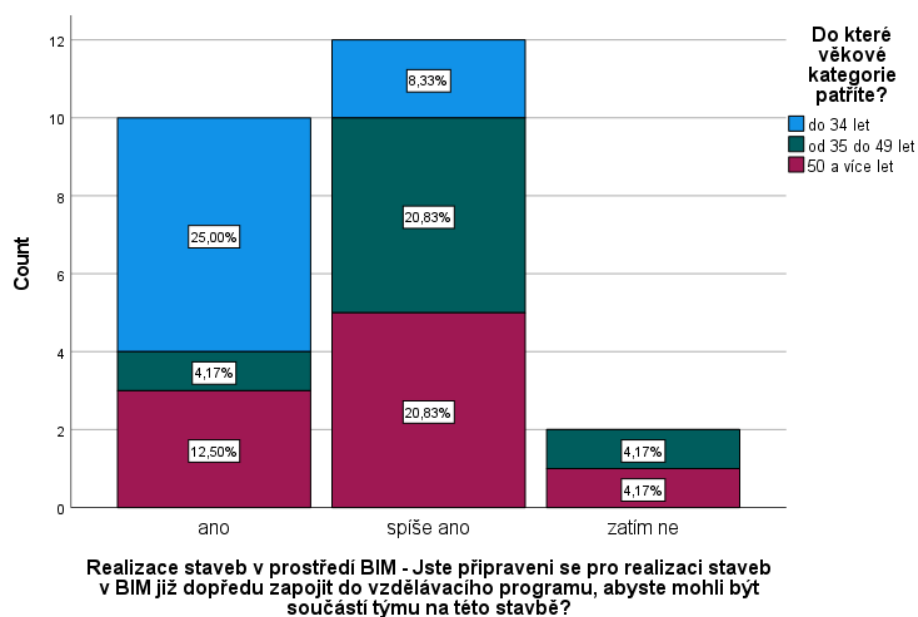
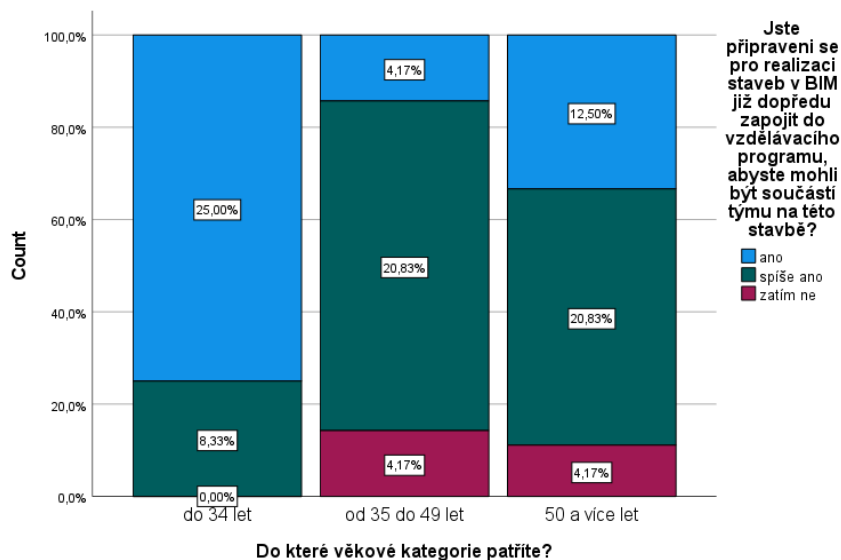
ano	54,2%/41,7%
spíše ano	29,2%/50%
zatím ne	16,7%/8,3%
ne a ani nechci do budoucna	0%/0%



Realizace staveb v prostředí BIM - V případě, že firma bude stavbu kompletně realizovat v prostředí BIM (tedy po celou dobu výstavby bude využívat grafické 3D prostředí - např. použitím tabletu na stavbách, nebo pod.), budete připraveni se zapojit do takové stavby?



4.2 Jste připraveni se pro realizaci staveb v BIM již dopředu zapojit do vzdělávacího programu, abyste mohli být součástí týmu na této stavbě?

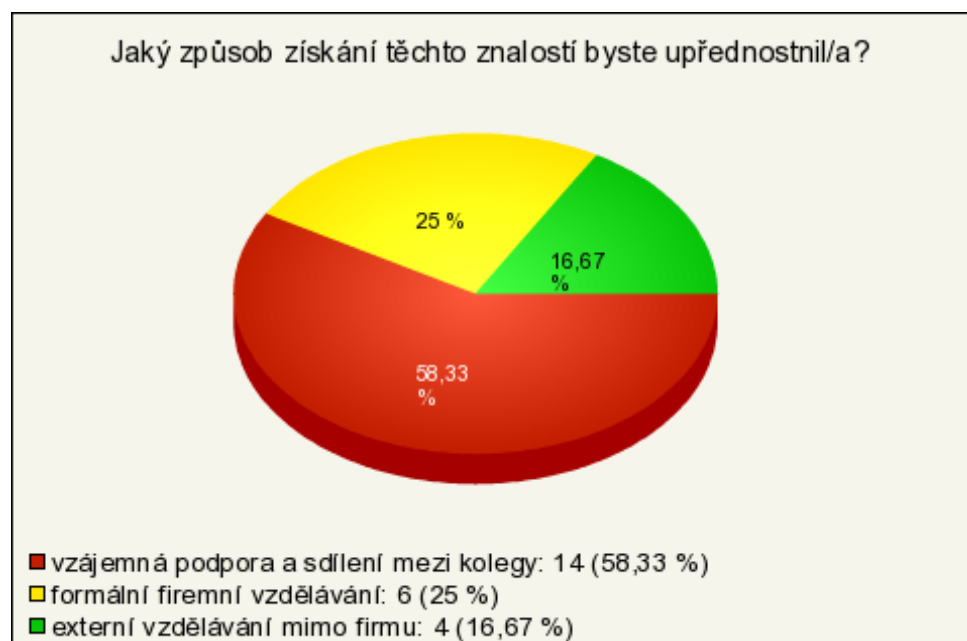


5. Vzdělávání v jaké oblasti je pro Vás v budoucnu nejpodstatnější?

	do 34 let		od 35 do 49 let		50 a více let		Celkem	
	Count	Row N %	Count	Row N %	Count	Row N %	Count	Row N %
3D SW	4	50,0%	3	37,5%	1	12,5%	8	33,30%
GIS	2	66,7%	1	33,3%	0	0,0%	3	12,50%
komunikace v prostředí BIM s dodavateli	4	22,2%	6	33,3%	8	44,4%	18	75%
v čemkoli bude momentálně potřeba	1	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	4,20%

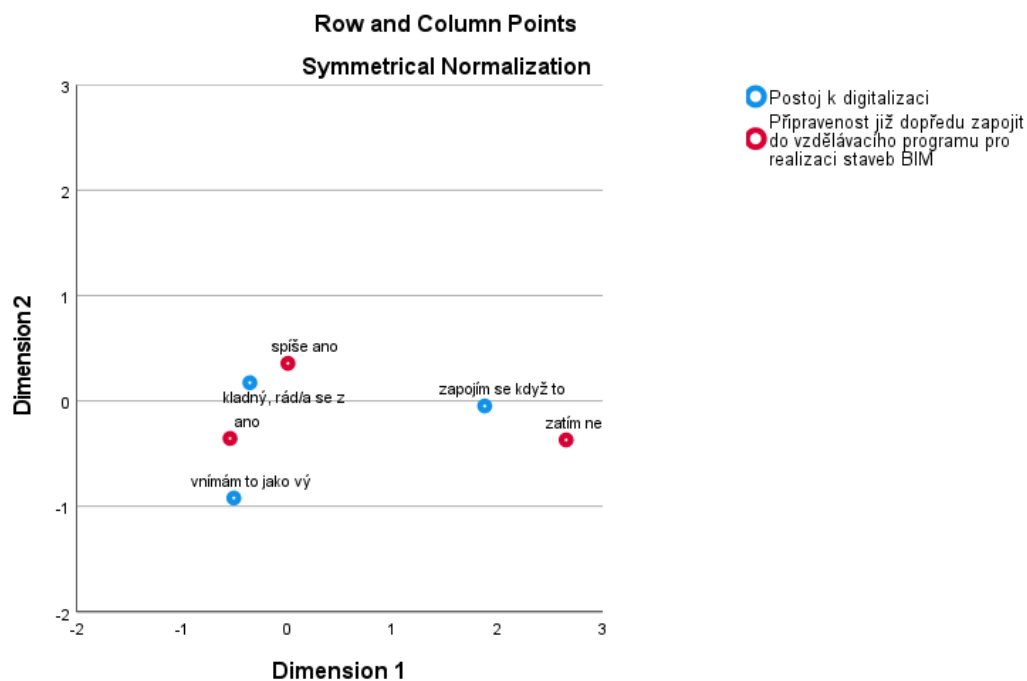
6. Jaký způsob získání těchto znalostí byste upřednostnil/a?

		Jaký způsob získání těchto znalostí byste upřednostnil/a?			Total
		vzájemná podpora a sdílení mezi kolegy	formální firemní vzdělávání	externí vzdělávání mimo firmu	
Do které věkové kategorie patříte?	do 34 let	62,5%	12,5%	25,0%	100,0%
	od 35 do 49 let	42,9%	42,9%	14,3%	100,0%
	50 a více let	66,7%	22,2%	11,1%	100,0%
Total		58,3%	25,0%	16,7%	100,0%



Vzájemné provázání postojů:

1. Vztah mezi postojem k digitalizaci a připraveností začít se vzdělávat pro realizaci staveb BIM (chi-square 0,014 (pojednává o významnosti závislosti dle statistického hlediska), Cramerovo-V 0,51 (pojednává o středně silné pozitivní lineární závislosti))



PŘÍLOHA B

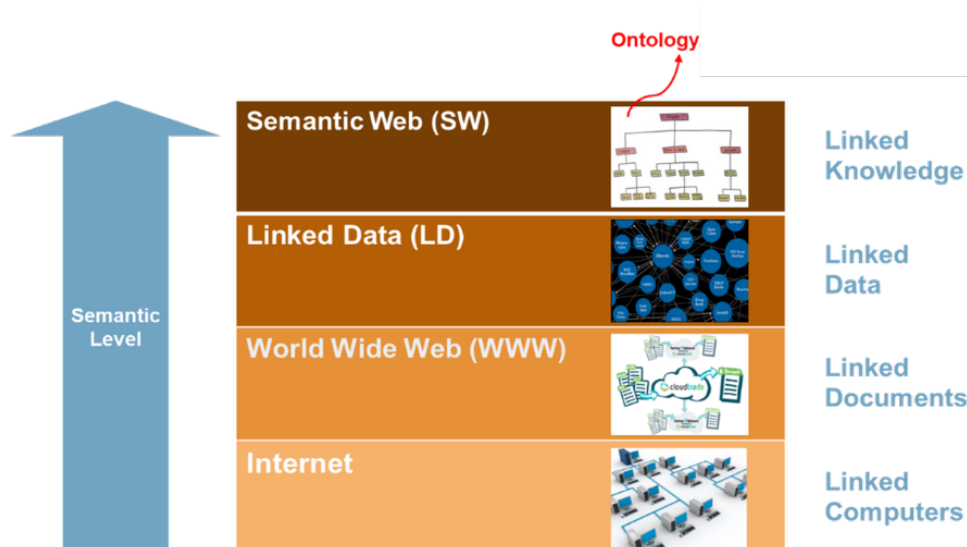
Technologie propojených dat / sémantického webu

Hlavním rysem modelování digitálního dvojčete je volba přístupu a technologií W3C Linked Data/Semantic Web (LD/SW) [Int. 5], které nám poskytují základní formáty, přístupové metody a jazyky. To lze považovat za "nabídkovou stranu konceptuálního modelování" pro naplnění strany poptávky z předchozího oddílu. Podrobněji viz příloha č. 3.

Většina jeho výhod vyplývá ze skutečnosti, že tento přístup LD/SW je plně založen na internetu/WWW, neboť je definován konsorciem W3C a internet/WWW je využíván jako základní komunikační infrastruktura. Stručně řečeno: W3C vzalo svůj stávající WWW, který je sám o sobě již na vrcholu internetu, a přidalo k němu "počítačově zpracovatelný" (Linked Data) a dále "počítačově interpretovatelný" (Sémantický web).

Linked Data je koncept definovaný konsorciem World Wide Web Consortium (W3C), který byl umístěn na stávající World Wide Web (WWW), jenž je sám založen na internetu. Data na WWW jsou často nestrukturovaná a konfigurovaná pro lidskou interpretaci. Propojená data jsou strukturovaná, a tudíž "strojově zpracovatelná" softwarovými aplikacemi. Nad nimi lze definovat další vrstvu sémantiky, a to pomocí ontologií obsahujících pojmy, datové typy, vlastnosti, vztahy a omezení a pravidla, které dávají datům silný význam a činí je "strojově interpretovatelnými".

Tento čtyřvrstvý "zásobník internetových protokolů" je znázorněn na dalším obrázku, který ukazuje vývoj internetu jako komunikační infrastruktury od propojených počítačů, přes propojené dokumenty až k propojeným datům (LD) a následnému použití technologie sémantického webu (SW) k rozšíření LD o znalosti o věcech zájmu relevantních v doméně koncového uživatele.



Obrázek 31 LD/SW jako nadstavba nad Internetem a webem

Model RDF (Resource Description Framework) je "směřovaný značený graf" tvořený trojicemi vzoru <subjekt predikát objekt>. Tyto trojice jsou "datovými kvanty" všech modelů RDF. Trojice se nikdy neupravuje, pouze se vytváří nebo odstraňuje, aniž by to mělo nežádoucí vedlejší

účinky. Sloučení dat RDF znamená jednoduše hodit všechny trojice dohromady a zkontrolovat logickou konzistenci. V "relační terminologii" by se dalo říct, že RDF poskytuje maximální konceptuální normalizaci.

Datové formáty

Základním používaným jazykem je Resource Description Framework (RDF) verze 1.1. RDF se používá pro popis zdrojů. Tento jazyk je definován v abstraktní syntaxi pro účely (vlastní) definice. Vedle této abstraktní syntaxe existuje několik ekvivalentních konkrétních syntaktických forem nebo serializací. Nejpoužívanější a zde doporučované serializace RDF jsou:

- syntaxe RDF-XML (soubor s příponou .rdf)
- Turtle (nebo více "pojmenovaných grafů" TRiG) (soubor s příponou .ttl, resp. .trig)
- JSON-LD, varianta JSON pro propojená data [Int. 10] (soubor s příponou .jsonld)

Síla těchto formátů je ekvivalentní. RDF/XML je formální normativní serializace RDF. Turtle je vhodnější pro čtení a interpretaci člověkem a JSON-LD pro strojové čtení a interpretaci, stejně jako pro vývoj sémantického softwaru.

Přímý přístup k datům

Standardní datové formáty umožňují komunikovat kompletní standardní soubory. Dále používáme SPARQL jako rozhraní pro přímý přístup k datům na úrovni RDF pro čtení (dotazy SPARQL Select), zápis (dotazy SPARQL Construct) a kontrolu (dotazy SPARQL Ask).

RESTful [Int. 12] distribuované dotazy SPARQL jsou možné řízené specifikací protokolu SPARQL 1.1.

V praxi se jako front-end pro SPARQL používá také GraphQL [Int. 2] od graphql.org ve variantě označované jako GraphQL-LD [Int. 3] využívající data RDF ve formátu GraphQL a JSON-LD. Ačkoli je GraphQL(-LD) méně standardní než SPARQL, je považován za jednodušší na používání, přičemž je obětována určitá grafová síla.

Jazyky definující sémantiku

Vedle těchto poměrně nízkoúrovňových technických jazyků definujeme vrstevnatý zásobník podmnožin modelovacích konstrukcí poskytovaných jazyky definovanými W3C: XML Schema Part 2, RDF, SKOS, RDFS, OWL a SHACL, přičemž všechny mají status "doporučení" s výjimkou SHACL Advanced Features, který se částečně zabývá "pravidly". Vzhledem k jejich významu zde tyto normy výslovně uvádíme:

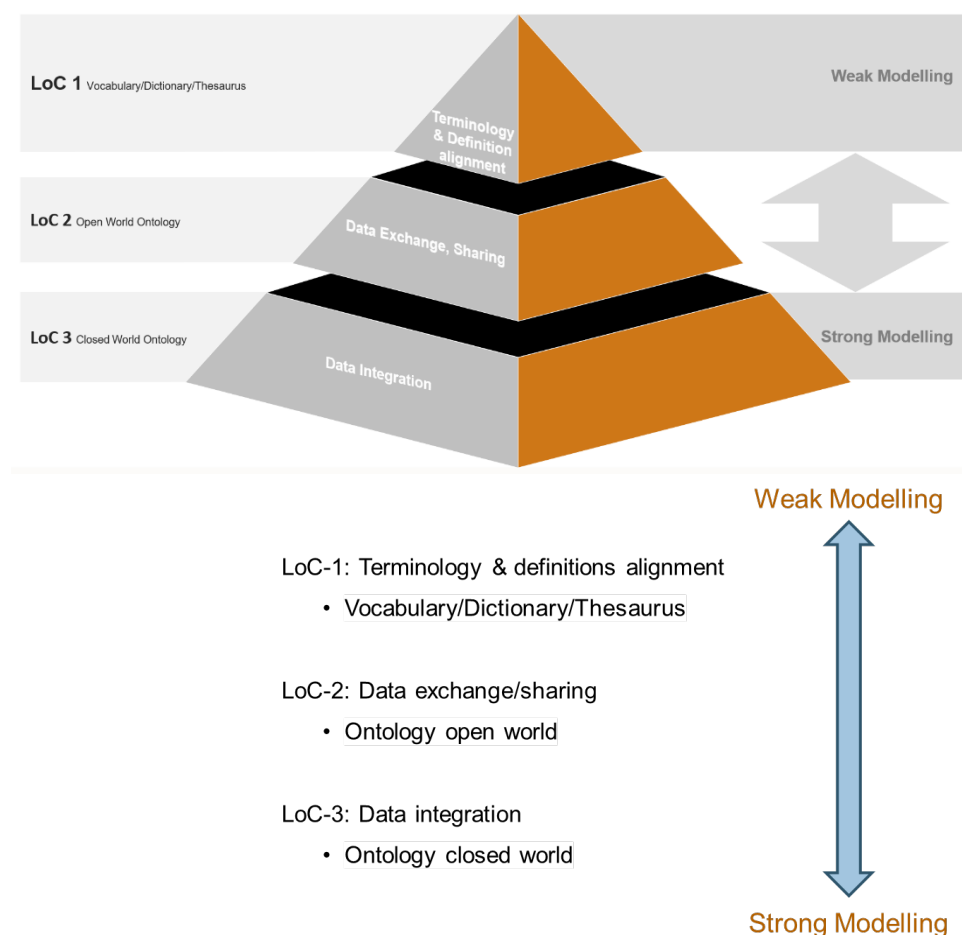
- XML Schema Part 2: Datatypes
- RDF 1.1
- RDF Schema 1.1
- SKOS

- OWL 2
- SHACL
- SHACL Advanced Features

Také zde jsou přesně popsány vybrané podmnožiny jazyků. Protože RDF/RDFS/OWL/SHACL odrážejí systém formální logiky; určitý fragment logiky prvního řádu (FOL), data jsou nejen tvrzena, ale mohou být také odvozena/odvozena pomocí obecných argumentů, které implementují tento specifický fragment FOL.

Úrovně schopnosti (LoC)

Různé typy případů užití identifikované v kapitole 2 potřebují různé úrovně schopnosti (LoC) související s požadovanou modelovací silou pro taktický vývoj i provozní použití datových modelů.



Obrázek 32 Tři hlavní typy případů použití a související "úrovně schopnosti" (LoC) – CEN, 2021

Nejjednodušším typem případu použití je pochopení a sladění termínů a textových definic používaných k popisu aktiv, jejich prostředí a vnitřní struktury. Zde postačí slabé modelování jako první krok pro lidskou interpretaci. Dobrá definice poskytuje koncovému uživateli návod, jak

později klasifikovat a instancovat svá data podle těchto termínů. Tato úroveň se zaměřuje především na jednotnost v komunikaci s lidmi, přinejmenším zajišťuje, aby data byla strojově zpracovatelná, s nejnižší úrovní způsobilosti neboli LoC-1. Termíny a definice mohou být šířeny jako zveřejněné na webových stránkách, aby se na ně ostatní mohli odvolávat a znovu je používat.

Kdykoli je zapotřebí jednotnost pro výměnu nebo sdílení dat o aktivech mezi softwarem různých stran, je zapotřebí větší vyjadřovací schopnosti v podobě LoC-2, kde jsou data klasifikována podle ontologií zahrnujících pojmy, datové typy, atributy a vztahy nebo omezení. Tato silnější úroveň posouvá data od pouhého strojového zpracování ke strojové interpretaci dat. Díky tomuto přidání sémantiky se stává možným automatické (open world) odvozování dat z tvrzených dat.

A konečně, aby bylo možné data skutečně integrovat pro všechny druhy podpory rozhodování, je zapotřebí ještě silnější sémantiky. Tato silnější znalost přichází v podobě explicitních omezení a pravidel pro data, podle kterých lze data ověřovat, resp. odvozovat v uzavřeném světě. Tato omezení a pravidla mohou být definiční nebo operativní, přičemž ta druhá jsou specifikována zadávací dokumentací nebo legalizačním a regulačním orgánem nad rámec těch definičních.

Jazykové vazby

Jazyková vazba definuje, jak je jazykově nezávislý konceptuální metamodel mapován na dostupné modelovací konstrukce poskytované daným datovým jazykem.

Kolem poskytování datových formátů a datových jazyků existuje mnoho metodik/technologií. Několik příkladů:

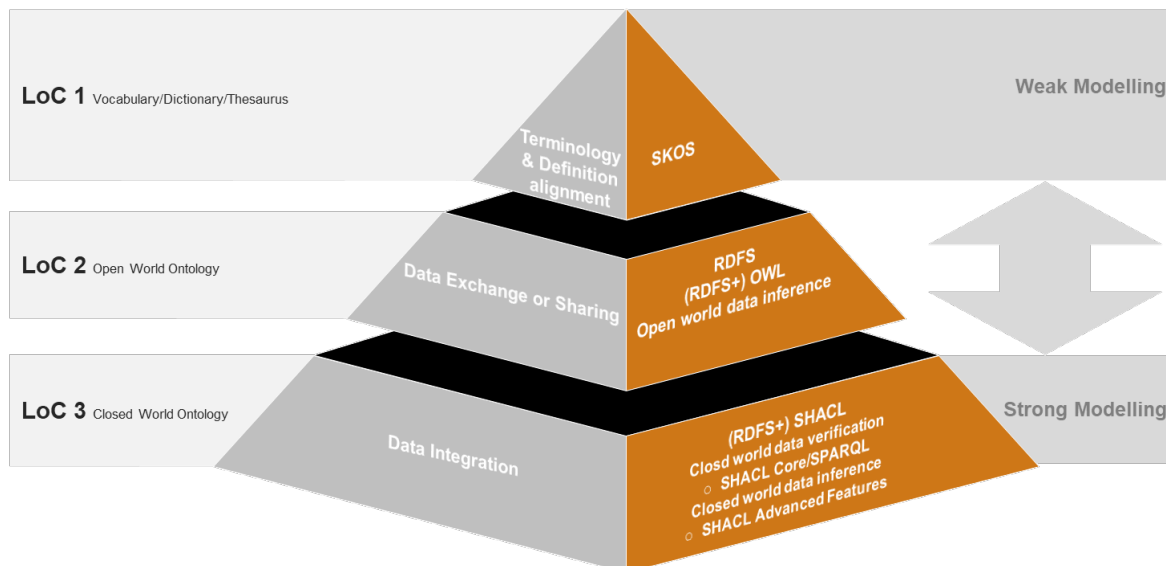
- Technologie ISO STEP (EXPRESS, SPFF, SDAI).
- technologie W3C XML (XML, XSD, XPATH, ...)
- OMG Model Driven technologie (UML, XMI, MOF, ...)
- Technologie W3C pro propojená data / sémantický web (RDF, RDFS, OWL, Turtle, RDF/XML, JSON-LD, SHACL, SPARQL, ...).

Tato norma volí technologii W3C Linked Data, která poskytuje následující výhody:

- Dobré základy teorie grafů, logiky a matematiky, které umožňují formální ověřování dat a jejich odvozování.
- profesionálně vyvinutá a udržovaná organizací W3C
- plné využití webu jako komunikačního média
- Výkonné/"funkčně kompletní" možnosti modelování a propojování.
- Decentralizovaný, modulární přístup podporující důležitou zásadu oddělení zájmů.

Abychom vše co nejvíce zjednodušili, používáme pokud možno co nejjednodušší a nejpřímější použití dostupných jazykových konstrukcí. Například pouze veličiny jsou "objektivizovány" a modelovány jako třídy, kvality a relace jsou přímo modelovány jako vlastnosti RDF (v OWL: vlastnosti datového typu, resp. vlastnosti objektu). Tímto způsobem lze často přímo využít standardní nabízené funkce jazyka, jako jsou inverzní vztahy a různé typy omezení atributů nebo vztahů.

Zvolený styl modelování v dané situaci dále závisí na požadované úrovni způsobilosti. Na dalším obrázku nejprve naznačíme, jak různé úrovně způsobilosti souvisejí s dříve představenými jazyky LD/SW; přesněji: s podmnožinami, které jsme pro ně definovali, jak je podrobně popsáno na obrázku 32.



Obrázek 33 Globální styl modelování: od LoC k programovacímu jazyku (CEN, 2021)

Níže jsou uvedeny přesné doporučené styly modelování pro všechny tři úrovně, tabulka 6 a 7.

Tabulka 8 Styl modelování pro LoC-1: Sladění terminologie a definic se SKOS (CEN, 2021)

	Modelling style for LoC-1: Terminology and definition alignment with SKOS
1. Data Model	skos:ConceptScheme
2. Data Set	not applicable
3. Concept	skos:Concept
4. Individual	in general not applicable, only enumeration items: skos:Concept
5. Value Type	not applicable
6. Value	not applicable
7. Attribute	

Annotation	existing skos annotations
Aspect (quality, quantity)	skos:Concept
8. Relation	
Grouping	skos:inScheme, skos:member
Classification/ Instantiation	in general not applicable, only for enumeration items: skos:broader / skos:narrower
Generalisation/ Specialisation	skos:broader / skos:narrower
Composition/ Decomposition	skos:broader / skos:narrower
Characterisation	skos:related
Association	skos:Concept
9. Constraint	skos:related
10. Derivation	skos:related
11. Group	skos:Collection

Začneme-li vazbou SKOS, existuje několik způsobů, jak definovat koncepty SKOS:

1. Pokrytí konceptů jako v RDFS a OWL jako konceptů SKOS, kde jsou vztahy abstrahovány na slabší variantu skos:related. Konkrétně rdfs:subClassOf, rdfs:subPropertyOf a námi definovaný vztah rozkladu jsou mapovány na obecnější skos:broader a skos:narrower. Atributy jsou odfiltrovány;
2. Pokrytí konceptů, vztahů a atributů jako konceptů SKOS. Opět jsou rdfs:subClassOf, rdfs:subPropertyOf a námi definovaný rozkladový vztah mapovány na skos:broader a skos:narrower. Nyní se skos:related používá k propojení konceptů SKOS modelovaných v RDFS/OWL prostřednictvím domén a rozsahů.

3. Pokrytí 1. i 2.

Pro všechny scénáře:

- Jednotlivci nejsou modelováni. Proto nejsou relevantní ani vztahy `rdf:type`. Existuje jedna výjimka: instance "tříd typů" používané pro vyjmenované datové typy. Zde se povolené hodnoty stávají pojmy SKOS příliš souvisejícími s širší výčtovou třídou.
- Technické reprezentační entity zahrnující umístění v prostoru a čase také nejsou relevantní.

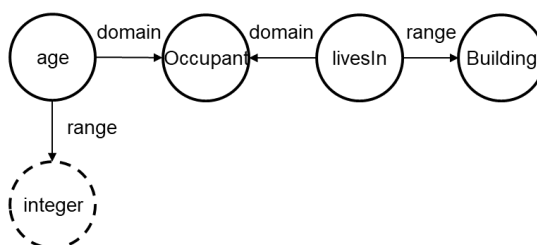
Typicky chceme zachovat všechny termíny používané jako názvy pro pojmy, vztahy a atributy (ne 1.). Také nechceme věci příliš komplikovat (ne 3.). Proto bylo rozhodnuto zvolit možnost 2.

Příklad pro objasnění: Předpokládejme, že máme následující ontologii RDFS:

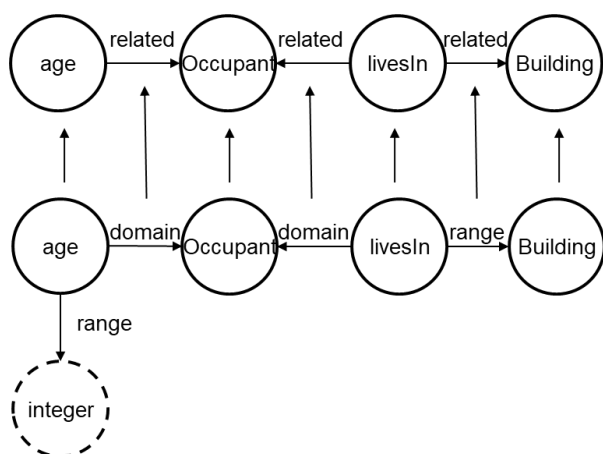
```

ex:Building a rdfs:Class .
ex:Occupant a rdfs:Class .
ex:livesIn a rdf:Property ;
  rdfs:domain ex:Occupant ;
  rdfs:range ex:Building .
ex:age a rdf:Property ;
  rdfs:domain ex:Occupant ;
  rdfs:range xsd:integer .

```



Obrázek 34 Jednoduchá ontologie RDFS, ze které extrahujeme SKOS



```

ex:Building a skos:Concept .
ex:Occupant a skos:Concept .
ex:livesIn a skos:Concept ;
  skos:related ex:Occupant ;
  skos:related ex:Building .
ex:age a skos:Concept ;
  skos:related ex:Occupant .

```

Note: `skos:related` is symmetric and non-transitive

Obrázek 35 Odpovídající mapování a výsledky mapování v systému SKOS

Reference v internetových odkazech: [Int. 7] a [Int. 8].

Tabulka 9 Styl modelování pro LoC-1: Sladění terminologie a definic se SKOS (CEN, 2021)

	Modelling style for LoC-2a: Data exchange/sharing with open world RDFS	Modelling style for LoC-2b: Data exchange/sharing with open world (RDFS+) OWL	Modelling style for LoC-3: Data integration with closed world (RDFS+) SHACL
1. Data Model	owl:Ontology		
2. Data Set	owl:Ontology		
3. Concept	rdfs:Class	owl:Class	rdfs:Class
4. Individual	rdfs:Resource (implicit)	owl:NamedIndividual or anonymous individual (implicit)	rdfs:Resource (implicit)
5. Value Type	rdfs:Datatype, or rdfs:Class + rdf:Property for enumeration datatypes	rdfs:Datatype, or owl:Class + owl:ObjectProperty for enumeration datatypes; incl. owl:oneOf for closed lists	rdfs:Datatype, or rdfs:Class + rdf:Property for enumeration data types
6. Value	plain or typed literal (implicit)	plain or typed literal	plain or typed literal (implicit)
7. Attribute			
Annotation	rdf:Property	owl:AnnotationProperty	rdf:Property
Aspect (quality)	rdf:Property (except for enumerations) enumeration: owl:ObjectProperty with range smls:EnumerationType class	owl:DatatypeProperty (except for enumerations) enumeration: owl:ObjectProperty with range smls:EnumerationType class	rdf:Property (except for enumerations) enumeration: rdf:Property with sh:PropertyShape with sh:class smls:EnumerationType
Aspect (quantity)	rdf:Property with range smls:QuantityValue	owl:ObjectProperty with range smls:QuantityValue	rdf:Property with sh:PropertyShape with sh:class smls:QuantityValue

8. Relation			
Grouping	implicit (same file) or rdfs:member		
Classification/ Instantiation	rdf:type		
Generalisation/ Specialisation	rdfs:subClassOf or rdfs:subPropertyOf	rdfs:subClassOf & rdfs:subPropertyOf	rdfs:subClassOf & rdfs:subPropertyOf
Composition/ Decomposition	not available: to model via smls:hasPart (instance level, constrained on class-level)		
Characterisation	instance level: via triples (subject<> predicate/object) concept level: not applicable (because of OWA)	instance level: via triples (subject<> predicate/object) concept level: not applicable (because of OWA)	instance level: implicit via triples (subject<> predicate/object) concept level: sh:NodeShape & sh:PropertyShape
Association	rdf:Property	owl:ObjectProperty	rdf:Property
9. Constraint	rdfs:domain or rdfs:range	owl:Restriction (+ details) rdfs:domain & rdfs:range	sh:NodeShape & sh:PropertyShape
10. Derivation	not applicable	not applicable	sh:Rule
11. Group	rdfs:Container		

Vzhledem k tomu, že veškeré standardní počítačem interpretovatelné modelování skutečně začíná na LoC-2, bude často výchozím bodem, který může být později rozšířen směrem k LoC-3 pro pokročilejší modelování omezení/odvození.

Nepoužívejte přípony v názvech datových modelů a datových sad. Pro výběr správné reprezentace použijte standardní "vyjednávání serveru" (včetně lidsky čitelných úvodů ve formátu např. .html).

Pojmenovací konvence

Vzhledem k místním názvům pro koncept nebo referenční fragment URI doporučujeme uživatelsky přívětivé názvy, žádné kódy. V případě použití kódů dbejte na to, aby byly použity i lidsky čitelné popisky ve formě popisů RDFS nebo SKOS.

Pro třídy, vlastnosti a datové typy:

Při použití názvů:

- Názvy konceptů nebo hodnotových typů začínají vždy velkým (velkým) písmenem ("CamelCase")
- Názvy atributů nebo relací začínají vždy jiným než velkým (malým) písmenem ("camelCase")
- Při modelování jednoduchým způsobem.
- Názvy jsou přednostně v angličtině a v jednotném čísle

Pro jednotlivosti:

Necháváme to flexibilní, možnosti jsou:

- Specifické názvy jako "E55" pro silnici European
- Číslované jednotlivosti pro třídu jako "D10"
- Sémanticky volně generované UUID jako "550e8400-e29b-41d4-a716-446655440000 "

Anotace

Textuální definice jsou definovány s využitím jednoduchého systému organizace znalostí (SKOS)

- <http://www.w3.org/2004/02/skos/core#definition> (rdf:type rdf:Property)

To dává o něco konkrétnější význam než obecnější rdfs:comment.

Dále:

- rdfs:isDefinedBy

To lze použít pro odkaz na externí zdroj definující předmětný zdroj. Tuto vlastnost lze použít k označení slovníku RDF, ve kterém je zdroj popsán. Definice předmětného zdroje. Ukazuje na autoritativní informace o zdroji (které nemusí být nutně RDF, často se jedná o html a v některých případech PDF). kódy (nezávislé na jakémkoli jazyce) jsou definovány opět pomocí SKOS:

- <http://www.w3.org/2004/02/skos/core#notation> (rdf:type owl:DatatypeProperty)

Každý z použitých kódů/poznámek by měl jednoznačně identifikovat věci, které mají daný kód/poznámku.

Přehled vybraných typů anotací pro tento SMLS:

Tabulka 10 Jazykové vazby (CEN 2021)

Annotation	Language binding
label for	rdfs:label or skos:prefLabel (deterministic)
synonym for	skos:altLabel
code for	skos:notation
remark of author	skos:editorialNote

scope	skos:scopeNote
comments	rdfs:comment
external information	rdfs:seeAlso
example application	skos:example
internally defined by	skos:definition
externally defined by	rdfs:isDefinedBy
abbreviated by	smls:abbreviation

Výčtové datové typy

Výčtové datové typy jsou modelovány jako owl:Class, takže povolené výčtové položky se mohou stát jednotlivinami s vícejazyčnými popisky a dalšími metadaty, jako jsou popisy, definice atd. Rozlišujeme otevřené/rozšiřitelné a uzavřené/fixní výčtové datové typy. Pevné lze definovat pomocí otevřeného světa 'owl:oneOf' konstrukce; mají uzavřený světový protějšek 'sh:in'. typický příklad.

```
ex1:LoadLevelType rdf:type owl:Class ;  
    rdfs:subClassOf owl:Thing ;  
    owl:oneOf (ex1:Light ex1:Normal ex1:Heavy) .  
ex1:Light rdf:type ex1:LoadLevelType .  
ex1:Normal rdf:type ex1:LoadLevelType .  
ex1:Heavy rdf:type ex1:LoadLevelType .
```

Definujeme tedy třídu OWL s názvem "LoadLevelType", která je "uzavřená" (nelze přidat další úroveň jako ex1:VeryHeavy) pomocí konstrukce owl:oneOf of, kde jsou všechny povolené položky definovány jako individua této třídy. Dále definujeme owl:ObjectProperty s touto datovou třídou jako range.

```
ex1:loadLevel rdf:type owl:ObjectProperty ;  
    rdfs:domain ex1:Vehicle ;  
    rdfs:range ex1:LoadLevelType .
```

Všimněte si, že jsme tuto vlastnost nenazvali "loadLevelType", protože později poskytneme také komplexní variantu v par. 10.13, kde objektivizujeme vlastnost objektu v LoadLevel (nechceme pak LoadLevelType, který je již použit datovým typem). Tuto objektovou vlastnost mohou využívat jedinci třídy Vehicle případně dále omezené na (Vehicle) class-level:

```
ex1:Vehicle_1 rdf:type ex1:Vehicle ;
```

```
ex1:loadLevel ex1:Heavy .
```

všimněte si, že výčtové položky mohou být členem více datových typů.

Dekompozice (úroveň instance)

Existuje mnoho způsobů, jak se vypořádat s dekompozicí:

- tranzitivní (pokud x je součástí y a y je součástí z, pak x je součástí z) nebo netranzitivní
- inverzní funkční (část patří přesně jednomu celku) nebo neinverzní funkční
- s explicitní inverzí nebo bez ní jako je součástí

Tento abstrakční mechanismus je zvláštní, protože není přímo podporován jazyky, které používáme, jak je patrné již z dřívějších stylů modelování (může to být ze stejného důvodu, že je těžké ho jednoznačně definovat).

V tomto standardu definujeme netranzitivní smls:hasPart, který nemusí být nutně inverzní funkční a má implicitní inverzní vztah. Tranzitivní variantu lze v případě potřeby odvodit. Meronomie (typický rozklad) je definována omezením tohoto vztahu smls:hasPart.

Množstevní druhy & jednotky

Množstevní druhy lze považovat za kvantitativní referenční atributy, jednotky za referenční hodnoty těchto atributů. Existuje mnoho systémů pro sémantické modelování množství ("druh množství") a jednotek ("jednotky"). Tento SMLS používá ontologii QUDT [Int. 11] vyvinutou NASA a TopQuadrant. QUDT je plně v souladu s normou ISO/IEC 80000 (systém, názvy, definice, symboly atd.). Nejnovější verze 2.1 je stále ve vývoji, ale použitá část je stabilní a dostupná, rovněž na webu.

Modelování množství

Modelovat atributy (vlastnosti nebo množství) lze mnoha způsoby. Všechny mají své výhody a nevýhody, ať už v současnosti nebo v budoucnosti. Nejjednodušší a nejpřímější modelování atributu např. v jazyce OWL je pomocí owl:DatatypeProperty. Tímto způsobem je však obtížné modelovat metadata, jako je např. často požadovaná jednotka pro hodnotu v případě množství.

Proto jsou množství v SMLS modelována jako vztahy (v OWL jako owl:ObjectProperty), které mají jako rozsah (rdfs:range) předdefinovanou třídu smls:QuantityValue.

Tato hodnota množství má pak skutečnou hodnotu prostřednictvím rdf:value (s rozsahem xsd:decimal, zaznamenanou pomocí restrikce u třídy quantity value), případně jednotku

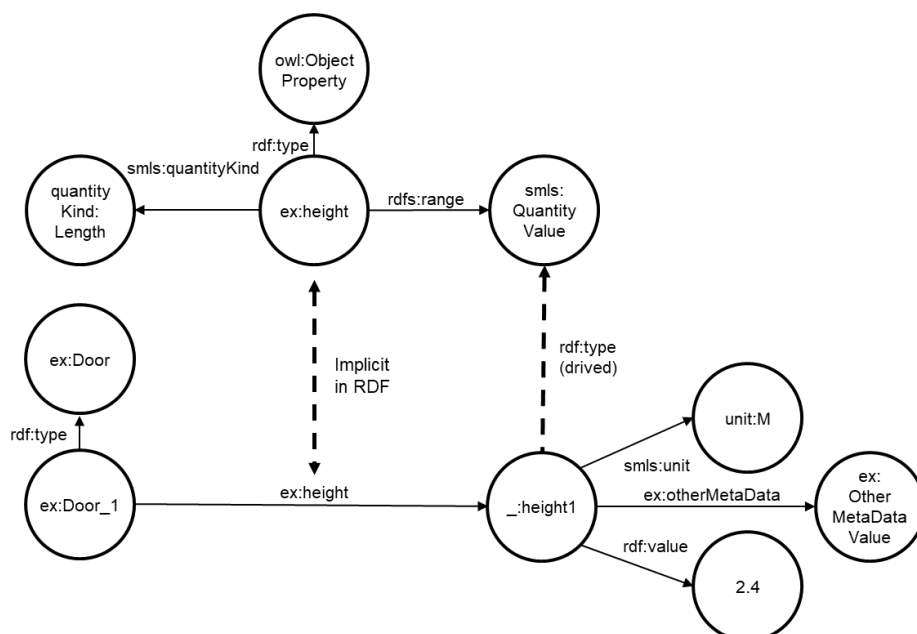
prostřednictvím smls:unit jiných metatributů. Pokud jde o samotné meta-kvantity, s těmi se zachází stejným způsobem (tj. vnořená/rekurzivní aplikace).

Stejně jako běžné vztahy, i kvality udržujeme jednoduché; v praxi jsou nároky na metadata o kvalitách/vztazích menší (rozhodně ne jednotky).

Tento přístup je variantou Ontology for Property Management (OPM) [Int. 6]. OPM definuje tři úrovně. Úroveň L1 používá přímé vlastnosti datových typů. Úroveň L2 přidává jednu indirekci prostřednictvím objektivizace přiřazených atributů/vztahů s hodnotou a úroveň L3 přidává druhou objektivizaci pro požadovanou hodnotu vlastnosti. Naše varianta provádí objektivizaci pouze jednou, ale pak pro hodnotu vlastnosti (kterou zde nazýváme hodnota množství). Jedná se tedy o kombinaci úrovní L2 a L3. Kromě toho OPM používá pro množství a jednotky CDT [Int. 1]/UCUM [9]; SMLS důsledně používá QUDT (verze 2.1). Konečně více využíváme existující konstrukce jazyka RDF, jako jsou rdf:value, rdfs:Container a rdfs:member.

Zvolený přístup poskytuje dostatečnou sílu, ale přesto není příliš složitý pro modelování a propojování a především je prakticky dobře implementovatelný v softwaru. kromě modelování metadat o instanci/hodnotě veličiny musíme zahrnout také metadata o samotné definici veličiny. Cenou, kterou zde (vědomě) platíme, je to, že pro vlastnosti používáme vlastnosti (výsledkem je OWL Full).

Protože hodnotu množství nemusíme znovu používat, může zůstat na úrovni instance anonymní (tzv. "prázdný uzel"). Také nemusíme zadávat instanci jako smls:QuantityValue. Tím, že každému atributu přidělíme rozsah smls:QuantityValue, můžeme toto typování odvodit.



Obrázek 36 Příklad modelování množství (CEN, 2021)

POZNÁMKA:

Množiny, které jsou modelovány jako vztahy, lze snadno odlišit od běžných vztahů testováním rdfs:range jejich typu (pro množství je to konkrétně smls:QuantityValue).

Seskupování

Mezinstrument Seskupování je přidán prostřednictvím `rdfs:Container` a `rdfs:member`. Tento standardní mechanismus lze použít například ke seskupení definic atributů, jako jsou definice množství "výška", "šířka" a "hloubka", do "geometrických množství". Tímto způsobem lze také odvodit seskupování na úrovni instancí.

PŘÍLOHA C

Relace na nejvyšší úrovni (dle CEN, 2021)

Relation			Inverse relation		
Associations			Associations		
[InformationObject]	describes	[All]	[All]	isDescribedBy	[InformationObject]
[PhysicalObject]	hasState	[State]	[State]	isStateOf	[PhysicalObject]
[PhysicalObject]	triggers	[Event]	[Event]	isTriggeredBy	[PhysicalObject]
[PhysicalObject]	performs	[Activity]	[Activity]	isPerformedBy	[PhysicalObject]
[PhysicalObject]	hasPeriod	[TemporalRegion]	[TemporalRegion]	isPeriodFor	[PhysicalObject]
[PhysicalObject]	hasInterior	[SpatialRegion]	[SpatialRegion]	isInteriorOf	[PhysicalObject]
[PhysicalObject]	hasBoundary	[SpatialRegion]	[SpatialRegion]	isBoundaryOf	[PhysicalObject]
[Activity]	hasState	[State]	[State]	isStateOf	[Activity]
[Activity]	transforms	[PhysicalObject]	[PhysicalObject]	isTransformedBy	[Activity]
[Activity]	transforms	[InformationObject]	[InformationObject]	isTransformedBy	[Activity]
[Activity]	triggers	[Event]	[Event]	isTriggeredBy	[Activity]
[Activity]	hasPeriod	[TemporalRegion]	[TemporalRegion]	isPeriodFor	[Activity]
[Activity]	hasInterior	[SpatialRegion]	[SpatialRegion]	isInteriorOf	[Activity]
[Activity]	hasBoundary	[SpatialRegion]	[SpatialRegion]	isBoundaryOf	[Activity]
[Event]	begins	[State]	[State]	isBegunBy	[Event]
[Event]	ends	[State]	[State]	isEndedBy	[Event]
[State]	hasPeriod	[TemporalRegion]	[TemporalRegion]	isPeriodFor	[State]

[State]	hasInterior	[SpatialRegion]	[SpatialRegion]	isInteriorOf	[State]
[State]	hasBoundary	[SpatialRegion]	[SpatialRegion]	isBoundaryOf	[State]
Composition/decomposition			Composition/decomposition		
[PhysicalObject]	hasPart	[PhysicalObject]	[PhysicalObject]	isPartOf	[PhysicalObject]
[InformationObject]	hasPart	[InformationObject]	[InformationObject]	isPartOf	[InformationObject]
[Activity]	hasPart	[Activity]	[Activity]	isPartOf	[Activity]

PŘÍLOHA D

Ohlasy a citace v uznávaných mezinárodních databázích WoS a Scopus

Citace ve WoS a Scopus bez self-citací všech spoluautorů:

Citace k publ. ve WoS (26): BIM within current building facilities and infrastructure (2020)

1. Couprie, C; Noblecourt, S; (...); Bigaud, D, BIM-Based Digital Twin and XR Devices to Improve Maintenance Procedures in Smart Buildings: A Literature Review Aug 2021 | APPLIED SCIENCES-BASEL 11 (15)

Citace k publ. ve WoS (19): Critical factors affecting a successful BIM integrated design solution (2019)

2. Jafari, KG; Noorzai, E and Hosseini, MR, Assessing the capabilities of computing features in addressing the most common issues in the AEC industry Oct 21 2021 | Mar 2021 (Early Access) | CONSTRUCTION INNOVATION-ENGLAND 21 (4) , pp.875-898

Citace k publ. ve WoS (16): The role of managing knowledge and information in BIM implementation processes in the Czech Republic (2018)

3. Balkova, M; Lejskova, P and Lizbetinova, L : The Values Supporting the Creativity of Employees Feb 3 2022 | FRONTIERS IN PSYCHOLOGY 12
4. Lizbetinova, L; Lejskova, P; (...); Hitka, MT: The growing importance of ecological factors to employees in the transport and logistics sector Dec 2021 (Early Access) | ECONOMIC RESEARCH-EKONOMSKA ISTRAZIVANJA
5. Bilge, EC and Yaman, H: Information management roles in real estate development lifecycle: literature review on BIM and IPD framework Oct 21 2021 | Feb 2021 (Early Access) | CONSTRUCTION INNOVATION-ENGLAND 21 (4) , pp.723-742 4
6. Sinoh, SS; Othman, F and Ibrahim, Z: Critical success factors for BIM implementation: a Malaysian case study Oct 8 2020 | May 2020 (Early Access) | ENGINEERING CONSTRUCTION AND ARCHITECTURAL MANAGEMENT 27 (9) , pp.2737-2765
7. Lorincova, S; Stachova, K; (...); Hitka, M: Defining the Differences in Corporate Culture in Wood-processing and Forest Enterprises May 2020 | BIORESOURCES 15 (2) , pp.3320-3343
8. Stuchly, J; Jambal, T and Lizbetinova, L: Customer's View and Experience with Loyalty Programs in the South Bohemia Innovative Economic Symposium - Potential of Eurasian Economic Union (IES) (IES2019) 73
9. Lizbetinova, L; Starchon, P; (...); Prusa, P: Application of Cluster Analysis in Marketing Communications in Small and Medium-Sized Enterprises: An Empirical Study in the Slovak Republic Apr 2 2019 | SUSTAINABILITY 11 (8)
10. Sura, M: Targeting public awareness of a building development project 10th International Scientific Conference on Building Defects (Building Defects) 2019, 279
11. Lizbetinova, L and Weberova, D: DESIGN STUDENTS' VIEW OF CREATION IN THE CONTEXT OF THE CONSUMER MARKET 13th International Technology, Education and Development Conference (INTED) (INTED2019) , pp.7261-7265
12. Hitka, M; Rozsa, Z; (...); Lizbetinova, L: FACTORS FORMING EMPLOYEE MOTIVATION INFLUENCED BY REGIONAL AND AGE-RELATED DIFFERENCES 2019 | JOURNAL OF BUSINESS ECONOMICS AND MANAGEMENT 20 (4) , pp.674-693

13. Lizbetinova, L: PREFERENCES OF STUDENTS OF SELECTED COLLEGES IN THE SOUTH BOHEMIAN REGION WITHIN THE SEARCH FOR EMPLOYMENT 11th Annual International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI) 2018 , pp.4938-4943

Plus citace k této publ. ve Scopus:

14. Prušková K., (2019) Case study about BIM technology and current knowledge of university students and their view on this issue, In: Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies III- Proceedings of the 3rd International Conference on Engineering Sciences and Technologies, ESaT 2018 pp. 527-532

Citace k publ. ve WoS (11): Building Information Management as a Tool for Managing Knowledge throughout whole Building Life Cycle (2017)

15. Charvatova, P and Subrt, R: Economic importance of point thermal bridges to buildings with steel casing 10th International Scientific Conference on Building Defects (Building Defects) 2019 BUILDING DEFECTS 2018) 279
16. Hitka, M; Rozsa, Z; (...); Lizbetinova, L: FACTORS FORMING EMPLOYEE MOTIVATION INFLUENCED BY REGIONAL AND AGE-RELATED DIFFERENCES 2019 | JOURNAL OF BUSINESS ECONOMICS AND MANAGEMENT 20 (4) , pp.674-693
17. Dedic, M: Disorders of the Building and its Remediation - Storage Buildings Praha In: 3rd World Multidisciplinary Civil Engineering, Architecture, Urban Planning Symposium (WMCAUS) 2019 (WMCAUS 2018) 471

Plus citace k této publ. ve Scopus:

18. Kaiser, J. (2020) Informatics knowledge for setting requirements on IFC data and its suitability in education for chemical engineers In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 960(2),022106
19. Dovleac, R., Ionica, A., Leba, M., Rocha, A. (2020) Knowledge Management Life Cycle Model Based on PDSA for Agile Companies, In: Advances in Intelligent Systems and Computing 1159 AISC, pp. 84-92
20. Dedic, M. (2019) Disorders window openings-Family house in Lipno nad Vltavou, In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 603(5),052090
21. Wang, H., Meng, X. (2019) Transformation from IT-based knowledge management into BIM-supported knowledge management: A literature review In: Expert Systems with Applications 121, pp. 170-187

Citace k publ. ve WoS (9), Defects, faults and accidents of contemporary constructions (2016)

22. Zima, K and Biel, S: THE CONCEPT OF METHOD OF DETECTING AND ANALYZING CONSTRUCTION DEFECTS IN RESIDENTIAL BUILDINGS Dec 2019 | ARCHIVES OF CIVIL ENGINEERING 65 (4) , pp.81-95
23. Beskopylny, A; Lyapin, A; (...); Veremeenko, A: Complex method of defects diagnostics in underground structures 9th International Scientific Conference on Building Defects (Building Defects) (BUILDING DEFECTS 2017) 146

Plus citace k této publ. ve Scopus:

24. Bouazza, T., Greenwood, D. (2020) An investigation of performance gaps in the design of UK healthcare facilities In: ARCOM 2020 - Association of Researchers in Construction Management, 36th Annual Conference 2020 – Proceedings pp. 766-775

Citace k publ. ve WoS. (8), The human factor as a cause of failures in building structures (2016)

25. Sivapragasam, C; Ajith, S and Arumugaprabu, V: A conceptual framework for minimizing construction site accidents using Task-Personnel Nexus Matrix Oct 2021 (Early Access) | INTERNATIONAL JOURNAL OF CONSTRUCTION MANAGEMENT
26. Kamal, AA; Junaini, SN; (...); Said, MF: The Enhancement of OSH Training with an Augmented Reality-Based App 2021 | INTERNATIONAL JOURNAL OF ONLINE AND BIOMEDICAL ENGINEERING 17 (13) , pp.120-134
27. Hitka, M; Rozsa, Z; (...); Lizbetinova, L: FACTORS FORMING EMPLOYEE MOTIVATION INFLUENCED BY REGIONAL AND AGE-RELATED DIFFERENCES 2019 | JOURNAL OF BUSINESS ECONOMICS AND MANAGEMENT 20 (4) , pp.674-693
28. Lizbetinova, L; Lejskova, P; (...); Hitka, M: The growing importance of ecological factors to employees in the transport and logistics sector Dec 2021 (Early Access) | ECONOMIC RESEARCH-EKONOMSKA ISTRAZIVANJA

Plus citace k této publ. ve Scopus:

29. Abramov, I., Al-Zaidi, Z.A.K. (2020) The Level of Influence of Human and External Risks on a Construction Company's Sustainability In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 753(4),042043
30. Kmecová, I., Smetanová, D. (2018) Analysis of entrepreneurial potential of university students by Pearson's chi-squared test In: Proceedings of the 31st International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2018: Innovation Management and Education Excellence through Vision 2020 pp. 1769-1780
31. Prušková, K.(2017) The mutual relations between level of development and project documentation stages in Czech Republic's legislation In: International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 17(62), pp. 821-826

Citace k publ. ve WoS. (21): Non - invasive GPR Investigation of Spread Footings (2015)

32. Papan, D; Demeterova, K; (...); Lizbetin, J: The Dynamic Analysis of the Green Anode Processing Building World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium (WMCAUS), WMCAUS 2016 161 , pp.47-53
33. Toksoz, D; Yilmaz, I; (...); Mataraci, I: A Study on the Performance of GPR for Detection of Different Types of Buried Objects World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium (WMCAUS), WMCAUS 2016 161 , pp.399-406
34. Stopka, O; Kucerka, D; (...); Weiss, V: Heavy Machinery Required for the Proper Application of Geosynthetic Products in the Implementation of Transport Constructions World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium (WMCAUS) 2016, WMCAUS 2016 161 , pp.445-450

Citace k publ. ve WoS. (20) Creation of 3D Geological Models Using Interpolation Methods for Numerical Modelling

35. Li, HQ and Wang, RH: Method of Real-Time Wellbore Surface Reconstruction Based on Spiral Contour Jan 2021 | ENERGIES 14 (2)
36. Zhang, J; Wu, Q and Hao, DH: Framework for mine-water inrush scene constructing and drilling trajectory planning: a case study in the Zijiang Coal Mine, China Aug 5 2019 | ARABIAN JOURNAL OF GEOSCIENCES 12 (16)
37. Bamisaiye, OA: Subsurface mapping: selection of best interpolation method for borehole data analysis Jun 2018 | SPATIAL INFORMATION RESEARCH 26 (3) , pp.261-269
38. Zhang, BY; Chen, YR; (...); Cheng, QM: Geochemical field and its roles on the 3D prediction of concealed ore-bodies 2018 | ACTA PETROLOGICA SINICA 34 (2) , pp.352-362
39. Gajendran, H; Hall, RB and Masud, A: Edge stabilization and consistent tying of constituents at Neumann boundaries in multi-constituent mixture models Jun 22 2017 | INTERNATIONAL JOURNAL FOR NUMERICAL METHODS IN ENGINEERING 110 (12) , pp.1142-1172
40. Vlcek, J; Bulko, R; (...); Kmec, J: Soil Consolidation Parameters Derived from CPTu Probing World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium (WMCAUS) WMCAUS 2016 161 , pp.180-184
41. Nemec, F; Kucerka, D; (...); Weiss, V, Proposal of Database Structure for Foundation Soil for Civil Engineering Purposes World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium (WMCAUS) 2016, WMCAUS 2016 161 , pp.422-427

Citace k publ. ve WoS. (1) Bim Technology As An Inovation Tool In The Design Of Building Structures In The Czech Republic (2015)

42. Hitka, M; Kucharcikova, A; (...); Stacho, Z: Knowledge and Human Capital as Sustainable Competitive Advantage in Human Resource Management Sep 2019 | SUSTAINABILITY 11 (18)
43. Hitka, M; Lorincova, S; (...); Weberova, D: Management Approach to Motivation of White-collar Employees in Forest Enterprises Aug 2019 | BIORESOURCES 14 (3) , pp.5488-5505
44. Charvatova, P and Subrt, R: Economic importance of point thermal bridges to buildings with steel casing 10th International Scientific Conference on Building Defects (Building Defects) 2019 279
45. Plachy, J; Musilek, J; (...); Karkova, M: Disorders of the Building and Its Remediation - Hagia Sophia, Turkey The Most the Byzantine BuildingWorld Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium (WMCAUS) 2016, WMCAUS 2016 161 , pp.2259-2264

Plus citace k této publ. ve Scopus:

46. Prušková, K. (2017) The mutual relations between level of development and project documentation stages in Czech Republic's legislation In: International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 17(62), pp. 821-826

CITACE V DB SCOPUS (bez self citací všech autorů):

Citace k publ. ve Scopus (14) BIM as a toll for Building life cycle management

47. Das, M., Tao, X., Cheng, J.C.P. (2021) BIM security: A critical review and recommendations using encryption strategy and blockchain In: **Automation in Construction** 126,103682

Citace k publ. ve Scopus (13) Role of BIM proces participants within managing knowledge in BIM Data model

48. Vaníčková, R., Szczepańska-Woszczyna, K. (2020) Innovation of business and marketing plan of growth strategy and competitive advantage in exhibition industry | [Innowacyjność biznesowego i marketingowego planu strategii wzrostu i przewagi konkurencyjnej w branży wystawienniczej] In: Polish Journal of Management Studies 21(2), pp. 425-445

Citace k publ. ve Scopus (12) Issue of Building Information Modelling Implementation into the Czech Republic's Legislation using the Level of Development

49. Zoghi, M., Lee, D., Kim, S. A computational simulation model for assessing social performance of BIM implementations in construction projects In: Journal of Computational Design and Engineering 8(2), pp. 799-811
50. Pratiwi, Y.S., Latief, Y., Machfudiyanto, R.A. (2020) Information system development using BIM on wall work packages of government green building to improve the convenience of maintenance performance In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 830(2),022035
51. Grobelny, L., Trochymiak, W., Czmocho, I (2020) BIM basic workflows in bridge design-challenges and difficulties In: IABSE Symposium, Wroclaw 2020: Synergy of Culture and Civil Engineering - History and Challenges, Report pp. 975-982
52. Radl, J., Kaiser, J. (2019) Realization processes of road-building projects in the Czech Republic: Necessary information to execute processes In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 603(3),032002
53. Dědič, M. Evaluation of the processes of creating a project documentation of an existing building using a 3D scanner In: International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 19(2.2), pp. 127-132
54. Ližbetinová, L., Bartuška, L., Průša, P. (2018) Potential of Regional Airport in České Budějovice In: MATEC Web of Conferences 236,02005
55. Lorincová, S., Hitka, M., Weberová, D (2018) Evaluating the effectiveness of investment in educational and development activities of middle managers In: Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2018 - Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional expansion to Global Growth pp. 4785-4795

Citace k publ. ve Scopus (10), Building Information management in long time horizon building's assesment techniques:

56. Stuchlý, J., Jambal, T., Ližbetinová, L. (2018) Loyalty programs and customer preferences In: Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2018 - Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional expansion to Global Growth pp. 8321-8328

Citace k publ. ve Scopus (5) The Study of Derinkuyu Underground City in Cappadocia Located in Pyroclastic Rock Materials:

57. Goh, J. (2021) A literature review of medical support in cave rescue and confined space medicine - Implications in urban underground space development. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 703(1),012042
58. Kollarath, R.M., Raina, S., Madapur, B. (2019) Underground cities: Sustainable urbanism of the future In: International Journal of Recent Technology and Engineering 8(2 Special Issue 8), pp. 1754-1757

Citace k publ. ve Scopus (3) Life cycle costing in BIM management.

59. Charvátová, P., Šubrt, R. (2020) Point thermal bridges at ventilated facade and impact on economics of building operation In: AIP Conference Proceedings 2305,020003
60. Prušková, K., Dědič, M., Kaiser, J. (2019) Possibilities of Using Modern Technologies and Creation of the Current Project Documentation Leading to the Optimal Management of the Building for Sustainable Development In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 290(1),012058
61. Kampf, R., Martina, H. (2019) Modelling a production process using a Sankey diagram and Computerized Relative Allocation of Facilities Technique (CRAFT) In: Open Engineering 9(1), pp. 444-449
62. Stopka, O., Stopková, M., L'Upták, V. (2019) Proposal of the inventory management automatic identification system in the manufacturing enterprise applying the multi-criteria analysis methods In: Open Engineering 9(1), pp. 397-403
63. Hanzl, J. Analytical model assessing the effect of increased traffic flow intensities on the road administration, maintenance and lifetime (2019) In: Open Engineering 9(1), pp. 359-366
64. Hitka, M., Lorincová, S., Gejdoš, M., Klarić, K., Weberová, D. (2019) Management approach to motivation of white-collar employees in forest enterprises In: BioResources 14(3), pp. 5488-5505