



SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
Stavebná fakulta

Ing. Pavol Mayer

Autoreferát dizertačnej práce:

Analýza možností implementácie BIM v stavebnej spoločnosti

na získanie akademického titulu:	philosophiae doctor (PhD.)
v doktorandskom študijnom programe:	technológia stavieb
v študijnom odbore:	stavebníctvo
Forma štúdia:	denná
Miesto a dátum:	Bratislava, 31.5.2021

Dizertačná práca bola vypracovaná na:

Katedre technológie stavieb, Stavebnej fakulty STU v Bratislave

Predkladateľ:

Ing. Pavol Mayer
Katedra technológie stavieb
Stavebná fakulta STU v Bratislave
Radlinského 11, 810 05 Bratislava

Školiteľ:

doc. Ing. Peter Makýš, PhD.
Katedra technológie stavieb
Stavebná fakulta STU v Bratislave
Radlinského 11, 810 05 Bratislava

Oponenti:

prof. Ing. Mária Kozlovská, PhD.
Ústav technológie, ekonomiky a manažmentu v stavebníctve
Stavebná fakulta TU v Košiciach
Vysokoškolská 4, 042 00, Košice

doc. Ing. Vít Motyčka, CSc.
Ústav technologie, mechanizace a řízení staveb
Vysoké učení technické v Brně
Antonínská 548/1, 601 90 Brno

Ing. arch. Michal Pasiar, PhD.
BIM asociácia Slovensko a ACREA s. r. o.
Ul. 29. augusta 36/C, 811 09 Bratislava
Karpatská 9, 811 05 Bratislava

Autoreferát bol rozoslaný: 23.7.2021

Obhajoba dizertačnej práce sa bude konať dňa 26.08.2021 **o** 10:00 hod online na Katedre technológie stavieb Stavebnej fakulty STU v Bratislave

prof. Ing. Stanislav Unčík, PhD.
dekan Stavebnej fakulty

Obsah

1. Úvod	5
2. Teória - Building Information Modeling (BIM)	6
2.1 Definícia BIM	6
2.2 Rozdiel medzi CAD a BIM	6
2.3 Dimenzie a životný cyklus BIM modelov	6
2.4 Otvorené výmenné dátové formáty v BIM	7
3. Využitie BIM na účely BOZP	7
4. Cieľ a tézy	9
4.1 Cieľ	9
4.2 Tézy	9
5. Návrh metodiky pre detekciu rizík vznikajúcich na stavenisku a ich riešenie s možnosťou automatizácie procesu založenom na BIM	9
5.1 Analýza súčasného stavu vo využívaní BIM na detekciu rizík vznikajúcich pri stavebných prácach	9
5.1.1 Analýza dostupnej literatúry	9
5.1.2 Prieskum problematiky na Slovensku	10
5.1.3 Záverečné vyhodnotenie analýzy súčasného stavu	12
5.2 Analýza súčasného stavu metód a technológií prenosu informácií o rizikách z BIM modelu k zodpovedným pracovníkom	13
5.2.1 Analýza dostupnej literatúry	13
5.2.2 Prieskum problematiky na Slovensku	14
5.2.3 Záverečné vyhodnotenie analýzy súčasného stavu	14
5.3 Analýza vplyvu postupu výstavby na výskyt rizík	15
5.4 Návrh metodiky pre automatickú detekciu rizík vznikajúcich pri stavebných prácach	17
5.4.1 Výskumná otázka	17
5.4.2 Hypotéza	17
5.4.3 Navrhovaná procesná mapa detekcie	18
5.5 Návrh automatizácie prenosu informácií o rizikách z BIM modelu k zodpovedným pracovníkom prostredníctvom štandardizovaných dokumentov	20
5.5.1 Výskumná otázka	20
5.5.2 Hypotéza	20
5.5.3 Navrhovaná procesná mapa prenosu informácie	21
5.5.4 Záver	21
5.6 Experimentálne overenie metodiky na vybranom procese	23
5.6.1 Softvéry použité v experimentálnom overení	23
5.6.2 Experimentálny BIM model a harmonogram	23

5.6.3	Experimentálne overenie metodiky detekcie nebezpečenstva	24
5.6.4	Overenie funkčnosti metodiky aktualizácie .BCF.....	24
5.6.5	Overenie funkčnosti aktualizovaného .BCF v CDE softvéri	24
5.6.6	Vyhodnotenie experimentálneho overenia.....	25
5.7	Záverečné vyhodnotenie navrhovaných metodík a experimentálneho overenia.....	26
5.7.1	Hodnotenie navrhovaných metodík odborníkmi v oblasti BIM.....	26
5.7.2	Záverečné zhodnotenie stanovených hypotéz	27
6.	Prínosy dizertačnej práce	28
6.1	Prínos pre vednú oblasť stavitel'stvo	28
6.2	Prínos pre stavebnú prax	28
6.3	Prínos pre oblasť vzdelávania	28
7.	Záver.....	29
	Použité zdroje.....	30
	Publikačná činnosť autora	34

1. Úvod

Dizertačná práca sa venuje analyzovaniu možností implementácie BIM v stavebnej spoločnosti. Skratka BIM je vytvorená z anglického názvu: Building Information Modeling, ktorý sa do slovenčiny prekladá ako Informačné modelovanie stavieb (Funtík et al. 2018b). Jedná sa o technológiu, ktorá sa implementovala do projekčných, stavebných a výrobných spoločností na celom svete a úroveň tejto implementácie sa neustále zvyšuje. V súčasnosti je možné informačné modely využiť a kombinovať s rôznymi inými inovačnými technológiami, akými sú napríklad IoT (Internet of Things – v preklade: internet vecí), indoor GPS (vnútorná GPS navigácia), ktoré sa využívajú v inteligentných budovách (smart buildings), alebo AI (Artificial Intelligence – umelá inteligencia) a robotizácia, ktoré dokážu nahradiť ľudskú prácu. BIM modely je tiež možné skombinovať s technológiami na produkciu: napr. CNC výroba, alebo 3D tlač.

Úroveň implementácie BIM je však v jednotlivých krajinách a stavebných spoločnostiach rôzna. Líši sa nielen v prístupe verejných inštitúcií v oblasti BIM šandardizácie na národnej a medzinárodnej úrovni, v rôznorodosti zamerania jednotlivých firiem, v ich ekonomickej situácii, ale aj v úrovni vzdelania v používaní jednotlivých softvérov a v súvisiacich a na BIM nadväzujúcich technológiách.

Nakoľko tém, technológii a problematik, ktoré je možné pomocou BIM v stavebnej spoločnosti riešiť je veľké množstvo, vedecko-výskumná činnosť sa zúžila na oblasť bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci. Práve vďaka BIM je možné úroveň bezpečnosti zvyšovať už vo fáze projekcie, prípravy realizácie a aj pri samotnej výstavbe. Jednotlivé možnosti, technológie, softvér a hardvér, ktoré majú stavebné spoločnosti, ako aj náročnosť, výhody a nevýhody ich implementácie boli popísané v jednotlivých častiach dizertačnej práce. Autoreferát poskytuje len stručný prehľad jednotlivých častí a aplikovaných postupov.

Úvod práce sa venuje definíciám pojmu BIM, jeho vysvetleniu a rozdielmi medzi inými technológiami. Pokračuje vysvetlením dimenzií, otvorených výmenných formátov BIM a príkladmi využitia BIM v jednotlivých etapách životného cyklu stavby. Ďalšia časť sa venuje analýze súčasného stavu problematiky BIM a BOZP v zahraničí a na Slovensku, na základe ktorej sa definovali ciele a tézy ďalšej práce. V jednotlivých kapitolách sú všetky tézy rozpracované a ich výsledkom je návrh metodík na automatizáciu vybraných procesov. V poslednej časti sa metodiky experimentálne overili.

2. Teória - Building Information Modeling (BIM)

2.1 Definícia BIM

Termín „Building Information Modeling“, resp. „Building Information Model (BIM)“, sa do slovenčiny prekladá ako „Informačné modelovanie stavieb“, resp. „Informačný model stavby“. *„Informačné modelovanie stavieb je proces vývoja a použitia virtuálneho dátového modelu, ktorý nielen dokumentuje architektonický návrh, ale simuluje výstavbu a prevádzku nového alebo obnovovaného objektu. Výsledný virtuálny model je dátovo bohatou, objektovo orientovanou, inteligentnou a parametricky digitálnou reprezentáciou objektu, z ktorého môžu byť získané informácie zodpovedajúce rôznym potrebám užívateľov a analyzované pre vytvorenie spätnej väzby a zlepšovania návrhu objektu. Je preto vhodným nástrojom pri demonštrovaní kompletného životného cyklu stavby.“* (Funtík et al. 2018b).

2.2 Rozdiel medzi CAD a BIM

BIM model je vytváraný inteligentnými parametrickými objektmi: stenami, oknami, dverami a pod., ktoré obsahujú informácie, využiteľné v celom životnom cykle stavby jej rôznymi účastníkmi. Tieto objekty *„nie sú len čiarami v 2D či 3D prostredí, ale môžu okrem podrobností o svojich rozmeroch obsahovať aj údaje o materiáli z ktorého sú vyrobené, tepelnej vodivosti, cene materiálu, výrobcovi, či celé technické listy“*. (Mayer 2017) Vlastnosti a popis každého z týchto objektov umožňuje výpočet množstva materiálu, detekciu kolízií, vytváranie harmonogramu a ďalšie činnosti. (Shepherd 2015; Funtík et al. 2018b; Eastman 2008; Hardin a McCool 2015)

2.3 Dimenzie a životný cyklus BIM modelov

Medzi základné funkcie projekčných BIM softvérov je možné zaradiť vytváranie 3D parametrických objektov a konštrukcií, 3D rezy, filtrovanie konštrukcií, vytváranie výkazu výmer, tvorbu výkresov a vizualizácií. V prípade, že sa tieto 3D BIM modely a ich jednotlivé elementy prepoja s harmonogramom výstavby, vznikne 4D BIM model, alebo tzv. simulácia výstavby. Pridaním informácie o nákladoch stavby do 4D BIM, vznikne tzv. 5D BIM model. Takýto model je vhodným na sledovanie „cashflow“ projektu, na komunikáciu s investorom, bankou a pod. Na management projektu a vzájomnú komunikáciu je vhodné využiť Common Data Environment (CDE) softvéry, Spoločné dátové prostredie je *„centrálным zdrojom informácií na zhromažďovanie, manažment a zdieľanie dát grafických, negrafických a dát dokumentácie pre celý projektový tím“* (Funtík et al. 2018b) CDE je systém, ktorý umožňuje zdieľať rovnaký zdroj aktuálnych informácií o projekte medzi rôznymi profesiami, firmami a užívateľmi v online

priestore. Po skončení realizácie je možné BIM modely využiť na efektívnu správu stavebného objektu – Facility management (Mordue a Finch 2014a; Baldwin 2019; Funtík et al. 2018b; Graphisoft 2021; Autodesk 2021c; Allplan 2021; Bentley 2021; Bexel 2021; Autodesk 2021b; Tekla 2021; Dalux 2021; Autodesk 2021a).

2.4 Otvorené výmenné dátové formáty v BIM

Spoluprácu jednotlivých účastníkov projektu, môžeme zefektívniť prostredníctvom sofistikovaného zdieľania informácií z BIM modelu. Je však potrebné, aby bolo možné dáta zdieľať nielen medzi užívateľmi so softvérom, v ktorom bol BIM model vytvorený, ale medzi rôznymi softvérmi a vo všetkých fázach životného cyklu. BIM modelovanie a najmä iniciatíva openBIM podporuje otvorenú spoluprácu založenú na otvorených dátových modeloch, akým je napr. XML (Extensible Markup Language) a IFC (Industry Foundation Classes). Na výmenu informácií týkajúcich sa pripomienok, značiek, komentárov a pod. slúži formát BCF (BIM Collaboration Format) (buildingSMART 2021a; 2021b; 2020; 2021c; 2021d; 2021e; 2021f)

3. Využitie BIM na účely BOZP

V úvodných procesoch analýzy možnosti implementácie BIM v stavebnej spoločnosti sa za oblasť významnú pre ďalšiu vedecko-výskumnú činnosť určila problematika využívania a implementácie BIM v procesoch určených na zvýšenie úrovne BOZP na stavbách. Najvýznamnejšie technológie a prístupy možno rozdeliť nasledovne:

1. **Využitie CDE systémov na zvýšenie úrovne BOZP**, ktoré bolo podrobne popísané v (Mayer 2017; Funtík et al. 2018b).
2. **Technológie QR (Quick Response) kódov a BIM**, ktoré na procesy spojené s BOZP na stavbe využili vo svojom prístupe autori (Lorenzo et al. 2014).
3. **Prepojenie technológie terestrického laserového skenovania s BIM**. Tieto technológie boli použité na automatizáciu identifikácie rizík zosuvov, pádov a pod. pri realizácii stavebnej jamy v prístupe autorov (Wang et al. 2015).
4. **Prepojenie technológie virtuálnej (VR), zmiešanej (MR) a rozšírenej (AR) reality s BIM na účely BOZP**. Jednotlivým technológiám a ich využitiu na účely BOZP sa venovali viacerí autori (Wang et al. 2018; Getuli et al. 2018; Goedert a Rokoei 2016; Mayer 2017; Mayer a Sándor 2017b).
5. **Technológie smart senzorov, RFID a IoT v súvislosti s BOZP a BIM**. Za inovatívne riešenie využívajúce RFID senzory je možné zaradiť to od spoločnosti Redpoint Positioning (Redpoint 2021a; 2021a; 2021b; Forconstructionpros.com 2016)

Monitorovaniu obsahu kyslíka a CO₂ v uzavretých priestoroch sa zase venoval (Riaz et al. 2014). Medzi ďalšie prístupy je možné zaradiť (Heng et al. 2016; Tang et al. 2019; Shen a Marks 2016)

6. Robotizácia a BIM v súvislosti s BOZP. Na trhu v súčasnosti existujú stavebné roboty na rôzne účely. Svojou prácou nahrádzajú prácu človeka a ten tak prestáva byť v ohrození. Medzi najinovatívnejšie roboty fungujúce v praxi je možné zaradiť robota Spota (Block 2020; HoloBuilder 2019; Montreal Gazette 2020), robota od firiem HILTI a Skanska (Skanska 2016; nLink a Skanska 2015) a robota od Fastbricks Robotics (Fastbrick Robotics 2019).

7. Modelácia zariadenia staveniska s prvkami BOZP a identifikácia rizík v BIM. Metódy využívajúce tento prístup patria medzi najpočetnejšie, nakoľko je možné ich riešiť z rôznych perspektív. Jednotlivé prístupy navrhovali rôzne formy detekcie rizík, automodelácie bezpečnostných prvkov v 3D, ďalšie dokonca v 4D. Niektorí autori sa zamerali na konkrétne nebezpečenstvá, iní k problematike pristupovali všeobecnejšie. Viacerí autori navrhovali riešenia, ktoré nebezpečenstvá identifikovali už v procese projekcie, iní publikovali návrhy, ktoré sú vhodné do fázy prípravy realizácie a do prebiehajúcej výstavby. Medzi najvýznamnejšie publikované práce a prístupy je možné zaradiť (Getuli et al. 2017; Zhang et al. 2013; 2015b; 2015a; Khan et al. 2019). Menovaní autori však obsiahli len určité činnosti a len niektoré z rizík vznikajúcich pri práci vo výškach. Ďalším nedostatkom spomínaných prístupov je využitie softvérov, ktoré na Slovensku nie sú tak využívané a väčšinou nie sú založené na otvorených formátoch .IFC a .BCF. Aj napriek tomu, že spomínané metodiky preukázateľne zefektívňujú procesy detekcie rizík, nebol v nich však preukázaný efektívny prenos informácie o nebezpečenstvách k zodpovedným pracovníkom a ani osobám, ktorým nebezpečenstvo hrozí. Technológie a prístupy autorov popísané v tejto časti boli kľúčovými v definovaní ďalšieho cieľu a téz dizertačnej práce.

Problematike BIM a BOZP sa na Slovensku venovali autori (Mesaros et al. 2019; Olahová 2013; Hulínová et al. 2017; Mayer 2017; 2018; Struková a Kozlovská 2014b; 2014a; Spisakova et al. 2020; Gajdoš 2014; Mayer a Sándor 2017b; Funtík et al. 2018a; Mayer a Sándor 2017a)

4. Cieľ a tézy

4.1 Cieľ

Návrh metodiky pre detekciu rizík vznikajúcich na stavenisku a ich riešenie s možnosťou automatizácie procesu založenom na BIM.

4.2 Tézy

1. Analýza súčasného stavu vo využívaní BIM na detekciu rizík vznikajúcich pri stavebných prácach
2. Analýza súčasného stavu metód a technológií prenosu informácií o rizikách z BIM modelu k zodpovedným pracovníkom
3. Analýza vplyvu postupu výstavby na výskyt rizík.
4. Návrh metodiky pre automatickú detekciu rizík vznikajúcich pri stavebných prácach
5. Návrh automatizácie prenosu informácií o rizikách z BIM modelu k zodpovedným pracovníkom prostredníctvom štandardizovaných dokumentov
6. Experimentálne overenie metodiky na vybranom procese

5. Návrh metodiky pre detekciu rizík vznikajúcich na stavenisku a ich riešenie s možnosťou automatizácie procesu založenom na BIM

5.1 Analýza súčasného stavu vo využívaní BIM na detekciu rizík vznikajúcich pri stavebných prácach

5.1.1 Analýza dostupnej literatúry

Problematikou predchádzania výskytu nebezpečenstiev využitím čiastočnej automatizácie procesov ich detekcie v BIM sa zaoberali viacerí autori. Jednotlivé prístupy vychádzali z rozsiahlej problematiky „PtD“ (Prevention through Design). Podstatou rozdielnych prístupov jednotlivých autorov zaoberajúcich sa problematikou detekcie nebezpečenstiev a rizík v BIM modeloch je podobná: zefektívniť procesy detekcie nebezpečenstiev, zefektívniť modeláciu bezpečnostných prvkov, upozorniť užívateľa na riziko počas návrhu a pod. V ich riešeniach sú však určité odlišnosti, ktoré je možné rozdeliť do viacerých skupín podľa:

- a) Času, kedy sa riziko/nebezpečenstvo identifikovalo
- b) Typu primárneho softvéru, v ktorom sa riziko/nebezpečenstvo kontrolovalo
- c) Typu formátu súboru, ktorý bol použitý na kontrolu rizika/nebezpečenstva
- d) Dimenzie BIM modelu, v ktorých prebiehala kontrola nebezpečenstiev/ rizík
- e) Vlastností výsledku kontroly

Kvôli lepšej interpretácii odlišností jednotlivých riešení sa v dizertačnej práci spracovala rozsiahla prehľadová tabuľka autorov zaoberajúcich sa detekciou rizík a nebezpečenstiev.

Na trhu sú pripravované a aj dostupné BIM softvéry, ktoré čiastočne pomáhajú riešiť problematiku BOZP v BIM. Nemajú ale funkcionality, ktorá by umožňovala plnohodnotné automatizovanie procesu detekcie nebezpečenstiev, modelácie BOZP prvkov a pod. Takýmito softvérmi sú napríklad BIMsafe, CYPE – Open BIM Health and Safety a ACCA Software – CerTus-HSBIM (BIMsafe 2021; CYPE 2020; 2021; ACCA Software 2021)

5.1.2 Prieskum problematiky na Slovensku

Na účely získania podrobných dát súvisiacich s využívaním BIM na účely BOZP na slovenskom stavebnom trhu bol navrhnutý spôsob ich získavania formou prieskumu medzi respondentmi. Prieskum sa realizoval formou osobného video-hovoru s jednotlivými respondentmi (kvôli pandémie COVID-19 nebolo možné osobné stretnutie), v ktorom bol prezentovaný cieľ práce, najvýznamnejšie publikované prístupy a význam prieskumu. Po týchto častiach respondenti vyplnili elektronický dotazník. Medzi hlavné dôvody rozhodnutia realizovať dotazník takouto formou sa zaradila nižšia implementácia BIM v rámci stavebných (realizačných) firiem na Slovensku. Podľa prieskumu BIM asociácia Slovensko (viac ako 1700 respondentov) v tejto kategórii stavebného sektoru iba 9% respondentov BIM v súčasnosti využíva, 35% o problematiku javí záujem a zvyšných 56% BIM nevyužíva (BIM asociácia Slovensko 2020). Na základe týchto štatistík je pravdepodobne vhodnejšie riešiť veľmi špecifické odborné témy vo vyššej podrobnosti so špecialistami, ako vyhodnocovať výsledky veľkého počtu respondentov, ktorý nemusia byť z riešenej kategórie realizačných stavebných firiem, nevyužívajú BIM v riešenej problematike, resp. ho nevyužívajú a neplánujú využívať vôbec. Dáta by tak mohli byť skreslené a nevhodné pre ďalšiu vedecko-výskumnú činnosť v tejto oblasti.

Medzi pozície zaradené medzi vhodných respondentov boli vybrané 3 typy pracovných pozícií:

1. BIM špecialista/ koordinátor/ manažér; **2.** Projektový manažér/ stavbyvedúci / technik; **3.** BOZP technik/ koordinátor.

Do prieskumu bolo oslovených 18 respondentov, ktorí pracujú na menovaných pracovných pozíciách – počty respondentov prislúchajúcich k jednotlivým pracovným pozíciám sú zobrazené v Tabuľka 5.1 – Zloženie respondentov prieskumu. Konkrétni respondenti boli do prieskumu oslovení na základe týchto kritérií:

1. Respondent musí pracovať v stavebnej spoločnosti, ktorá realizuje stavby (a to prevažne ako generálny zhotoviteľ), alebo zabezpečuje ich projektové riadenie.
2. Respondent musí pracovať na jednej z pozícií uvedených v Tabuľka 5.1
3. Spoločnosť, v ktorej respondent pracuje, pri svojej činnosti využíva BIM, alebo je pripravená (znalosti, špecializované pracovné pozície) začať využívať BIM, aj keď ho aktuálne nevyužíva.

Tabuľka 5.1 – Zloženie respondentov prieskumu

Pracovná pozícia	Počet
BIM špecialista/koordinátor/manažér	6
Projektový manažér /stavbyvedúci /technik	6
Technik BOZP	3

Všetkých 18 respondentov spĺňalo tieto kritéria. Oslovenie konkrétnych osôb bolo realizované na základe kontaktov autora, niektoré kontakty poskytla BIM asociácia Slovensko, na základe znalostí kritérií pre akceptovanie vhodného respondenta. Prieskum prebiehal od 3. februára do 3. marca 2021.

Tabuľka 5.2 - Podrobné informácie o respondentoch

Premenné		Respondenti - percentuálne	Respondenti - počet
Pohlavie	Muži	100,00%	15
	Ženy	0,00%	0
Vek	< 30 rokov	33,33%	5
	30 – 40 rokov	40,00%	6
	41 – 50 rokov	20,00%	3
	> 50 rokov	6,67%	1
Pracovné skúsenosti	< 5 rokov	33,33%	5
	5 – 10 rokov	40,00%	6
	> 10 rokov	26,67%	4
Najvyššie vzdelanie	Stredná škola	13,33 %	2
	titul Bc.	13,33%	2
	titul Ing.	60,00%	9
	Titul Ph.D.	13,33%	2

Dotazník obsahoval 33 otázok, ktoré boli navzájom prepojené logickými väzbami a usporiadané v 6 celkoch (kapitolách): 1. úvodné otázky, 2. detekcia nebezpečenstiev rizík a ohrození, 3. softvéry používané na detekciu, 4. prenos informácie z detekcie ku zodpovednej osobe, 5. kontrola BOZP v súčasnosti, 6. význam problematiky a jej budúcnosť.

Žiaden respondent nemohol odpovedať na všetky otázky, pretože ak na niektorú otázku odpovedal napr. „Áno“, v ďalšej dostal otázku na základe jeho predchádzajúcej odpovede „Áno“ – teda napr. „Akým spôsobom?“. Ak na tú istú otázku odpovedal „Nie“, dostal ďalšiu otázku – napr. „Prečo nie?“.

Vzhľadom na obmedzený rozsah autoreferátu nie je možné prezentovať všetky výsledky prieskumu. Uvedenie len niektorých by spôsobilo skôr chaotické a neúplné vnímanie celku. Z tohto dôvodu sú najdôležitejšie získané dáta zhrnuté v nasledujúcej kapitole. Všetky výsledky, zloženie otázok a ich väzieb sú dostupné v dizertačnej práci.

5.1.3 Záverečné vyhodnotenie analýzy súčasného stavu

Po analýze súčasného stavu v zahraničí a na Slovensku bolo možné urobiť nasledujúce závery, ktoré ovplyvnili výsledný návrh metodiky:

1. Na trhu nie sú dostupné softvéry na efektívne riešenie problematiky BOZP ako takej a už vôbec nie sú dostupné také, ktoré zefektívňujú detekciu nebezpečenstiev a rizík.
2. Riešenia, ktoré vyvinuli autori v kap. 5.1.1 vo väčšine nie sú postavené na otvorených formátoch .IFC a .BCF, čo je vyhodnotené negatívne.
3. BIM sa na Slovensku na účely detekcie nebezpečenstiev a rizík BOZP využíva ojedinele a to iba čiastočne pri iných procesoch (napr. pri plánovaní výstavby), pretože na tieto procesy firmy nemajú čas, financie a špecialistov.
4. BIM sa na účely BOZP na Slovensku využíva najmä v CDE softvéroch, kde sa modely manuálne prehliadajú a vyhodnocujú. Niektoré firmy realizujú kontroly BOZP pomocou e-formulárov.
5. Respondenti by uvítali riešenie, ktoré by im procesy zefektívnilo.
 - 93,33% z nich si myslí, že by sa tieto procesy mali vykonávať.
 - väčšina navrhuje že by to malo byť pri príprave realizácie , resp. vo všetkých fázach projektu (projekcia, príprava, realizácia)
 - 93,33% si myslí, že zefektívnenie by viedlo k vyššiemu využitiu BIM na tieto účely
 - 80% si myslí, že by to malo priamy vplyv na zvýšenie úrovne BOZP na stavbe.
 - 73,33% by bolo za takéto riešenie ochotné zaplatiť.
6. Väčšina respondentov by prijala, ak by sa tieto procesy dali vykonávať v CDE, alebo v koordinačných softvéroch.
7. Navrhované riešenie by malo byť užívateľsky jednoduché.

Z uvedených záverov je zrejmé, že napr. slovenským respondentom by väčšina riešení uvedených v kap. 5.1.1 nevyhovovala, pretože sú orientované na konkrétne projekčné BIM softvéry. Zároveň je známe, že CDE softvéry nie sú primárne vyvíjané na účely kontroly BIM modelov, ale skôr reprezentujú výstupy iných softvérov a zariadení (napr. fotografie z mobilu) a sú užívateľsky jednoduché. Kontrolné procesy spojené s BIM sa vykonávajú podľa pomerne náročných a komplexných postupov v koordinačných softvéroch s rozsiahlou funkcionalitou. Je teda málo pravdepodobné, že by sa v krátkodobom časovom horizonte začali CDE využívať na tento účel. Detekciu by teda bolo vhodnejšie vykonávať v koord. softvéroch, čo by zodpovedalo aj požiadavke respondentov. Ďalej sa s CDE uvažovalo ako vhodnej softvérovej platforme určenej na prenos výsledkov detekcie pomocou formátov .IFC a .BCF z koordinačných softvérov.

5.2 Analýza súčasného stavu metód a technológií prenosu informácií o rizikách z BIM modelu k zodpovedným pracovníkom

5.2.1 Analýza dostupnej literatúry

Väčšina navrhovaných riešení prezentovaných v kap. 5.1 pri používaní vyžaduje skúseného užívateľa BIM softvérov a často sa skladá z niekoľkých krokov, ktoré musia byť vykonané manuálne – užívateľom. Niektoré riešenia odporúčali, aby tieto činnosti mal na starosti BOZP koordinátor. Z hľadiska zodpovednosti a odbornosti ide o správne odporúčanie, avšak ľudia na týchto pozíciách väčšinou nedisponujú takou počítačovou gramotnosťou ani hardvérovou výbavou, aby boli schopní vykonávať náročnejšie úlohy v BIM softvéri. Z dotazníka a rozhovorov s BIM odborníkmi prezentovanými a analyzovanými v kapitole 5.1 je zrejmé, že BIM sa v súvislosti s BOZP takmer nevyužíva a to najmä preto, že úlohy a činnosti spojené s touto problematikou sú časovo náročné a preto sa zabezpečenie BOZP plánuje pred výstavbou inými postupmi, resp. sa rieši až počas výstavby. Vyplýva z nich aj to, že užívatelia v súčasnosti využívajú CDE systémy a preferujú riešenie čo najväčšieho počtu úloh spojených s projekciou a výstavbou v týchto systémoch pre ich komplexnosť, jednoduchosť a možnosť komunikácie jednotlivých problémov, úloh a návrhov s inými účastníkmi projektu priamo v tomto prostredí.

Medzi autorov, ktorí sa vo svojich navrhovaných riešeniach zaoberali nielen detekciou nebezpečenstiev, ale aj ich prenosom k iným účastníkom projektu je možné zaradiť kolektív autorov (Tran et al. 2021). Riešenie autorov dokáže na základe databáz nebezpečenstiev v harmonograme identifikovať procesy, ktoré na seba vzájomne bezpečnostne vplyvajú. Výsledky detekcie je možné zdieľať pomocou vyvinutého cloud systému, ktorý je však nekompatibilný s inými CDE systémami. Jednotlivé procesy určené BIM koordinátorovi a BOZP technikovi boli

vyhodnotené ako náročné a z toho dôvodu ťažko implementovateľné. Riešenie je navyše obmedzené na jeden softvér.

Ďalšími autormi, ktorí riešili prenos informácie o nebezpečenstvách po detekcii k zodpovedným osobám je kolektív autorov (Pham et al. 2020). Autori vyvinuli algoritmus, ktorý na základe harmonogramu vytvoril v projekčnom BIM softvéri náhľady jednotlivých etáp výstavby aj s bezpečnostnými prvkami. Tieto náhľady sa následne nahrali do CDE a účastníci projektu mali možnosť ich zobrazit' a vidiet' ako má vyzerat' správne zabezpečenie pracoviska. Nedostatkom tohto riešenia je, že pracovníkom v CDE nevytvára úlohu – napr. odstránenie konkrétneho nebezpečenstva, alebo realizáciu konkrétneho BOZP prvku. Prehliadanie správneho riešenia v CDE je teda len na dobrovoľnom rozhodnutí pracovníkov. Prenosom informácie o nebezpečenstvách nájdených detekciou BIM modelov k zodpovedným pracovníkom sa nezaoberalo mnoho autorov. Aj z tohto dôvodu je táto problematika vhodná na ďalšiu vedecko-výskumnú činnosť.

5.2.2 Prieskum problematiky na Slovensku

Prieskum súvisiaci so súčasným stavom metód a technológií prenosu informácií o rizikách z BIM modelu k zodpovedným pracovníkom bol realizovaný ako súčasť prieskumu prezentovaného v kap. 5.1. Respondenti, forma prieskumu a aj jeho termín sú totožné. Otázky v tejto časti dotazníka sa týkali súčasných spôsobov a využívaných technológií kontroly BOZP a otázok prenosu informácie o nebezpečenstvách ku kompetentnej osobe. Koordinátori BOZP a projektoví manažéri navyše odpovedali na otázky týkajúce sa najčastejších závažných pracovných úrazov a procesov, pri ktorých vznikajú. Vzhľadom na obmedzený rozsah autoreferátu nie je možné prezentovať všetky výsledky prieskumu. Uvedenie len niektorých by spôsobilo skôr chaotické a neúplné vnímanie celku. Všetky výsledky sú podrobne analyzované v dizertačnej práci. Kľúčové dáta sú z tohto dôvodu v autoreferáte zhrnuté v nasledujúcej kapitole.

5.2.3 Záverečné vyhodnotenie analýzy súčasného stavu

Vzhľadom k doterajšej nízkej vedecko-výskumnej potencii v oblasti problematiky prenosu informácií o nebezpečenstvách k zodpovedným osobám je možné robiť závery najmä na základe výsledkov prieskumu, kontextu na riešenie metodiku detekcie nebezpečenstiev a technických možností aktuálne dostupných softvérov. Závery sú nasledovné:

1. Kontroly BOZP v súčasnosti vykonávajú najmä technici BOZP, stavbyvedúci a technici na stavbe, nasledujú subdodávatelia a technický dozor investora.

2. Dohovor pri nedostatkoch sa vykonáva najmä osobne a telefonicky, resp. pomocou mailovej komunikácie (fotky z digitálneho fotoaparátu)
3. Niektoré firmy na dohovory využívajú aj CDE systémy, viaceré plánujú (zatiaľ ich využívajú na iné účely).
4. Informácia o závažnom porušení/nedostatku BOZP sa k zodpovednej osobe dostane najčastejšie do 1 hodiny, alebo hneď. Početné sú ale aj prípady, kedy to trvá viac ako 12 hod., občas viac ako 24 hod.
5. Najčastejším ohrozením (89%), ktoré spôsobuje smrť, alebo trvalé následky je pád z výšky, čo korešponduje aj s mnohými dátami v domácej a zahraničnej literatúre.
6. Medzi najnebezpečnejšie a najrizikovejšie činnosti patria betonárske a tesárske práce, resp. iné práce vo výškach.
7. 86,67% respondentov si myslí, že zvýšenie efektivity v prenose, by zvýšilo aj implementáciu tohto procesu do činností firmy
8. 80,00% si myslí, že by zvýšenie efektivity v prenose malo priamy vplyv na zvýšenie úrovne BOZP na stavbe
9. Najvhodnejšie by podľa respondentov bolo riešenie aplikovať do smart zariadení, alebo CDE softvérov

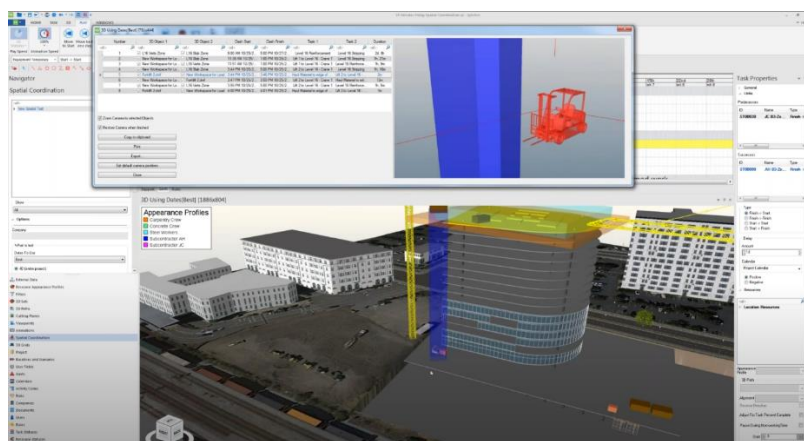
Na základe týchto informácií sa za vhodný BIM softvér na detekciu určil koordinačný, ktorý podporuje export do formátu .BCF. Tento formát je zase možné importovať do CDE. Na základe týchto okrajových podmienok sa spracovali kritériá na výber vhodných softvérov a spracovali sa navrhované metodiky – kapitola 5.4 a 5.5.

5.3 Analýza vplyvu postupu výstavby na výskyt rizík

Výber technológií a postupov výstavby a vzájomný priebeh rôznych pracovných činností v rovnakom čase môže mať vplyv aj na úroveň BOZP. Podľa viacerých zdrojov (Zhang et al. 2013; 2015b; 2015a; Yuan et al. 2019; NIP 2020; 2021; Mordue a Finch 2014b; Zlatar a Júnior 2018) patria práce vo výškach a najmä práce na strechách, lešení a pri betonárskych procesoch (tesárske práce, armovanie, betonáž a pod.) medzi činnosti so zvýšeným rizikom vzniku nebezpečenstiev a ohrození. Medzi ďalšie závažné a súvisiace ohrozenia patrí pád bremien pri ich prenose nad pracoviskom, alebo pád sutiny a nástrojov pri prácach prebiehajúcich nad iným pracoviskom (napr. montáž okien, búranie, rôzne práce na lešení).

Jednotlivé stavebné činnosti spolu s prislúchajúcimi nebezpečenstvami a ohrozeniami je možné vopred identifikovať a následne odhadnúť pravdepodobnosť ich vzniku, mieru dôsledkov a na ich základe určiť veľkosť rizika a navrhnúť opatrenia. Vykonáva sa tak napríklad prostredníctvom rôznych typov rizikovej analýzy (SÚTN 2011; Hulínová 2005). Tá je vhodnou metódou predvídania nebezpečenstiev a ohrození pri jednotlivých činnostiach a môže byť užitočná aj v procesoch kontroly BOZP na stavbe pri využívaní CDE (napr. pri kontrole v e-formulároch), alebo 4D BIM simulácii výstavby.

Ďalšími metódami na analyzovanie vzájomného vplyvu jednotlivých stavebných procesov sú cyklogramy, alebo plánovanie pomocou LEAN metódy s názvom Lastplanner. Pomocou oboch sa dajú optimalizovať kroky jednotlivých čiat v čase a priestore a tým obmedziť vznik ich vzájomnej kolízie na tom istom pracovisku (napr. podlaží, zábere, v byte). Pri plánovaní je snahou dosiahnuť rovnaký krok (takt) pracovných čiat (trvanie práce jednej čaty na jednom pracovisku/ zábere), čo je pomocou oboch metód veľmi jednoduché kontrolovať. V prípade identifikácie rizík je však táto metóda menej vhodná, pretože vplyv rizík konkrétnej činnosti na iné činnosti, by bolo veľmi náročné, alebo až nemožné zobrazit' a takéto riešenie by v konečnom dôsledku pravdepodobne pôsobilo chaoticky a neprehľadne.



Obrázok 5.1 - Časopriestorová kolízia bezpečnostných a pracovných zón v 4D BIM softvéri (SYNCHRO Construction 2015)

Ako vhodnejšie sa teda na tento účel javí využívanie 4D BIM plánovania, v ktorom je možné pozorovať jednotlivé procesy v čase na ktoromkoľvek mieste geometrie. V prípade, že 4D BIM model obsahuje aj modely žeriavov, nákladných áut a ďalších prvkov zariadenia staveniska je možné pozorovať aj ohrozenia súvisiace s týmito elementami. V 4D modeloch sa tieto elementy môžu aj pohybovať. V jednotlivých 3D a 4D BIM softvéroch sa dá vymodelovať priestor v ktorom hrozí nebezpečenstvo – napr. zóna pod ramenom žeriava a pod. Následne je možné

vykonať časopriestorovú detekciu kolízií týchto zón s inými elementami, ktorou sa môže preukázať priebeh dvoch činností, ktoré sa môžu navzájom obmedzovať priestorovo, bezpečnostne, alebo inak.

Je nespochybniteľné, že postup výstavby, použité technológie, mechanizmy, nasadení pracovníci atď. majú významný vplyv na výskyt nebezpečenstiev a ohrození. Ďalším faktom je, že úroveň rizika na stavbe sa neustále mení v dôsledku zvoleného postupu výstavby, činností prebiehajúcich v jednom čase, ktoré sa vzájomne ovplyvňujú atď. Je vhodné tieto riziká vopred odhadovať a zároveň ich aktualizovať počas priebehu výstavby. Na tento proces je však nevyhnutné použitie rôznych ďalších technológií – napr. smart senzorov, RFID čipov, kamerových systémov a pod. Taktiež absentujú databázy BOZP rizík jednotlivých činností, ktoré by boli previazané s aktuálnou legislatívou a boli by počítačom čitateľné a tým pádom použiteľné v BIM. Vzhľadom k obmedzenému rozsahu práce a rozhodnutiu koncentrovať sa na nebezpečenstvo pádu osôb z výšky cez otvory v stropných doskách, ktoré je možné vyhľadávať v 3D geometrii bola oblasť vplyvu postupu výstavby na výskyt rizík v navrhovanej metodike výrazne eliminovaná. Táto problematika má však veľký význam v ďalšej vedecko-výskumnej činnosti.

5.4 Návrh metodiky pre automatickú detekciu rizík vznikajúcich pri stavebných prácach

5.4.1 Výskumná otázka

Na základe štúdia problematiky detekcie nebezpečenstiev, ohrození a rizík BOZP v zahraničnej a domácej literatúre a na základe realizovaného dotazníka sa za účelom ďalšieho vývoja vedecko-výskumnej činnosti v tejto oblasti a s víziou naplnenia stanoveného cieľa – zefektívnenia procesu detekcie nebezpečenstiev, ohrození a rizík BOZP položila nasledujúca výskumná otázka:

Existuje efektívne riešenie (metodika) pre stavebné realizačné firmy založené na automatickej, alebo polo-automatickej detekcii BIM modelu vo formáte .IFC, ktorým by bolo možné vyhľadať miesta na ktorých hrozí nebezpečenstvo pádu z výšky zo stropných železobetónových dosiek?

5.4.2 Hypotéza

Predpokladá sa, že je možné navrhnúť metodiku, ktorá by bola pre realizačné firmy dostatočne efektívna na to, aby procesy spojené s detekciou nebezpečenstiev začali pri svojich činnostiach využívať. Predpokladom je, že by bola založená na využití bežne dostupných softvérov,

odporúčaniach pre procesy tvorby BIM modelov, exportov do otvorených výmenných formátov a kontrolných činností.

Kritéria pre splnenie hypotézy:

1. Výber vhodných softvérov

Požiadavky na vhodný druh BIM soft. na detekciu z pohľadu respondentov a stanovenej hypotézy: Koordinačné BIM softvéry, CDE BIM softvéry, 4D BIM softvéry

Požiadavky na BIM softvér z pohľadu otvorenej výmeny dát a kontrolných procesov:

Funkcia importu BIM modelov vo formáte .IFC (vstavaná); Funkcia exportu do formátu .BCF (vstavaná, alebo pomocou voľne dostupného pluginu); Funkcia kontroly geometrie, alebo parametrov súvisiacich s metodikou (BOZP) podľa pravidiel nastavených užívateľom (vstavaná, alebo možné doprogramovať)

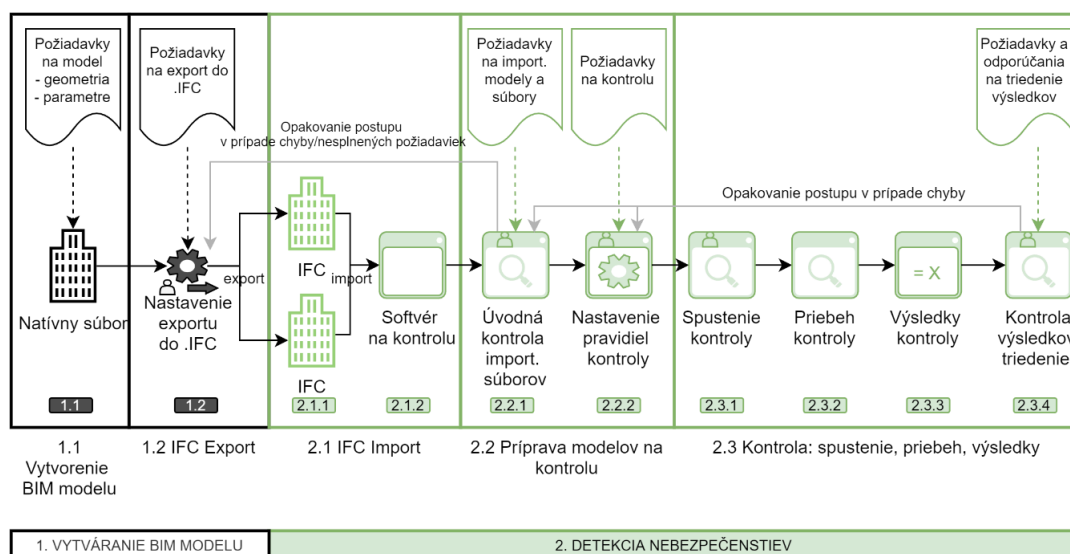
2. Spracovanie podrobnej procesnej mapy a konkrétnych požiadaviek na splnenie jednotlivých krokov

Pri navrhovaní kvalitnej a v praxi použiteľnej metodiky je vhodné spracovať podrobnú procesnú mapu a popísať požiadavky a podmienky, v ktorých funguje.

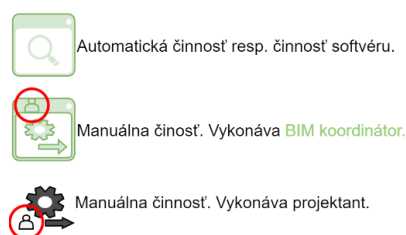
5.4.3 Navrhovaná procesná mapa detekcie

Na základe definovanej hypotézy, aktuálneho poznania problematiky získaného analýzou publikovanej vedeckej literatúry, realizovaným prieskumom a rozhovormi a na základe praktických skúsenosti v oblasti BIM manažmentu a koordinácie bol vypracovaný návrh procesnej mapy (Obrázok 5.2), ktorá obsahuje jednotlivé kroky navrhovanej metodiky pre automatickú detekciu rizík a nebezpečenstiev vznikajúcich pri stavebných prácach.

Jednotlivé kroky s číselným označením n.n.n sú kategorizované do väčších celkov – čiastkových procesov, znázornených obdĺžnikmi s číselným označením n.n. Viaceré čiastkové procesy vytvárajú niektorý z hlavných procesov s číselným označením n. – napr. detekciu nebezpečenstiev označenú zelenou farbou. Vstupy, ktoré predstavujú legislatívne, projektové, metodické, alebo iné požiadavky, resp. dokumenty, dáta a pod., ktoré ovplyvňujú daný proces sú označené symbolom obdĺžnika so spodnou zvlínenou stranou a s daným procesom (krokom) sú spojené prerušovanou šípkou. Činnosti, ktoré vykonáva človek sú označené ikonou osoby, rozdiel medzi automatickou a manuálnou činnosťou je znázornený na Obrázok 5.3. Jednotlivé kroky procesnej mapy sú v dizertačnej práci podrobne popísané a vysvetlené. Vzhľadom na obmedzený rozsah autoreferátu nie je možné ich všetky podrobnejšie vysvetliť.



Obrázok 5.2 - Navrhovaná procesná mapa detekcie



Obrázok 5.3 - Legenda procesnej mapy detekcie – rozdiel medzi manuálnou a automatickou činnosťou

Metodika bola vytváraná v úzkom kontexte návrhu automatizácie prenosu informácií o rizikách k zodpovedným osobám. Pre pochopenie celkového procesu je vhodné prečítať aj kapitolu 5.5. Celú procesnú mapu je možné vidieť na Obrázok 5.6. Navrhovaná metodika sa koncentruje iba na jeden druh nebezpečenstva, avšak procesná mapa môže byť použitá aj pri detekcii iných nebezpečenstiev. Vzhľadom k tomu, že touto problematikou sa zaoberalo viacero autorov a teda existujú rôzne prístupy k riešeniu tejto úlohy (aj keď nie sú bežne a komerčne dostupné a bolo v nich poukázané na rôzne nedostatky), metodika pojednáva iba o detekcii pomocou vstavaných funkcií softvéru a viac sa koncentruje na problematiku prenosu informácie z detekcie k zodpovednej osobe za BOZP. Medzi pozitívne vlastnosti navrhovanej metodiky patrí to, že je navrhnutá s využitím otvorených BIM formátov a bežne dostupných a na trhu v súčasnosti rozšírených softvérov. Metodika bola experimentálne overená na testovacím BIM modeli a testovacím harmonograme. Toto overenie je popísané v kapitole 5.6.

5.5 Návrh automatizácie prenosu informácií o rizikách z BIM modelu k zodpovedným pracovníkom prostredníctvom štandardizovaných dokumentov

5.5.1 Výskumná otázka

Na základe štúdia problematiky prenosu informácií (výsledkov) detekcie nebezpečenstiev, ohrozenia a rizík BOZP v zahraničnej a domácej literatúre a na základe realizovaného dotazníka sa za účelom ďalšieho vývoja vedecko-výskumnej činnosti v tejto oblasti a s víziou naplnenia stanoveného cieľa – zefektívnenia procesu prenosu informácie o nájdenom nebezpečenstve, ohrození, alebo riziku BOZP položila nasledujúca výskumná otázka:

Je možné zjednodušiť a zefektívniť proces prenosu informácie o nebezpečenstve pádu z výšky k zodpovednej osobe po jeho detekcii tak významne, že by firmy túto metódu začali vo svojich procesoch využívať?

5.5.2 Hypotéza

Predpokladá sa, že metodika založená na využití bežne dostupných BIM a CDE softvérov, otvorených formátoch .IFC, .BCF a .XML v procese prenosu informácie o riziku k zodpovednej osobe by mohla súčasné metódy a procesy stavebných firiem zefektívniť a zjednodušiť tak významne, že by ju vo svojej činnosti začali vo väčšej miere využívať.

Cieľom metodiky je zvýšenie rýchlosti v odovzdávaní informácie z detekcie vykonanej v BIM softvéri k zodpovednej osobe na stavbe bez zvyšovania nákladov firmy potrebných na nový BIM softvér a špecializovaných pracovníkov. Takéto riešenie má potenciál na vyššiu úroveň implementácie v stavebných firmách a tým môže priaznivo ovplyvniť úroveň BOZP na konkrétnom stavenisku, ale aj celom trhu.

Kritéria pre splnenie hypotézy:

1. Výber vhodných softvérov

Požiadavky na vhodný druh BIM soft. na detekciu z pohľadu respondentov a stanovenej hypotézy: Mobilné smart zariadenie, CDE BIM softvéry, Koordinačné a 4D BIM softvéry

Požiadavky na BIM softvér z pohľadu otvorenej výmeny dát a kontrolných procesov:

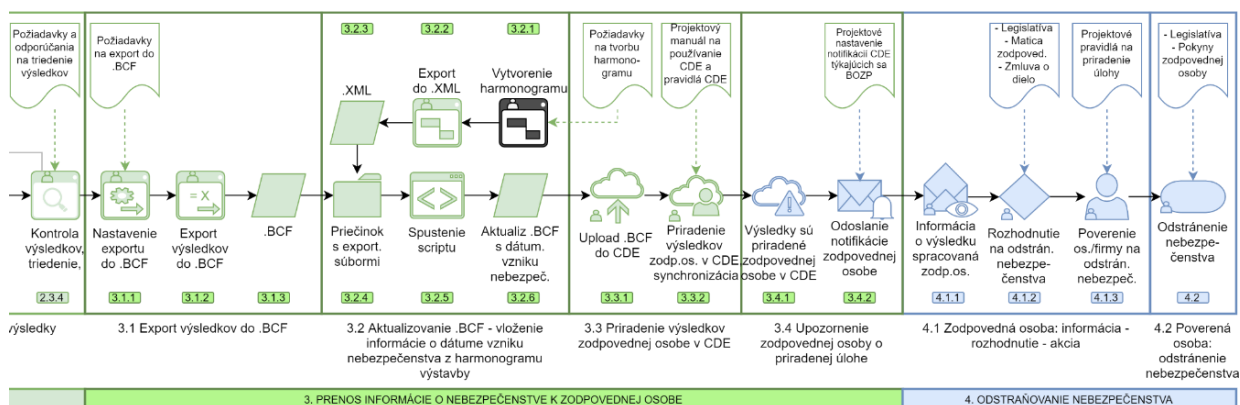
Funkcia importu a exportu do formátu .BCF (vstavaná, alebo pomocou voľne dostupného pluginu); Funkcie online issue managementu; Funkcia automatického odosielania notifikácií e-mailom, alebo do aplikácie v smart zariadení; Dostupná mobilná aplikácia v operačných systémoch iOS, alebo Android

2. Spracovanie podrobnej procesnej mapy a konkrétnych požiadaviek na splnenie jednotlivých krokov

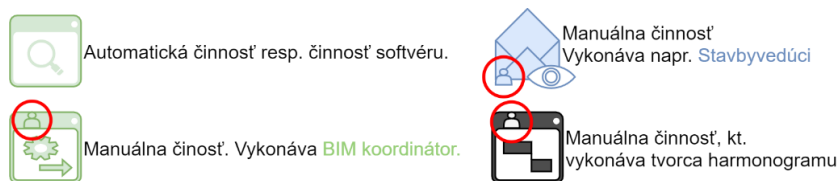
Pri navrhovaní kvalitnej a v praxi použiteľnej metodiky je vhodné spracovať podrobnú procesnú mapu a popísať požiadavky a podmienky, v ktorých funguje.

5.5.3 Navrhovaná procesná mapa prenosu informácie

So zreteľom na stanovenú hypotézu, požiadavky respondentov a súčasných vedomostí v oblasti prenosu informácie o nebezpečnosti z BIM softvéru určeného na detekciu nebezpečností do BIM softvéru, resp. CDE systému, ktorý používajú osoby zodpovedné za BOZP na stavbe sa vypracovala procesná mapa (Obrázok 5.4), ktorá je podkladom pre navrhovanú metodiku automatizácie prenosu informácií o nebezpečnostiach a rizikách. Číselné značenie procesnej mapy je totožné so značením procesnej mapy detekcie. Mapy sú vzájomne prepojené, pretože procesy na seba vzájomne nadväzujú. Jednotlivé kroky procesnej mapy sú v dizertačnej práci podrobne popísané a vysvetlené. Vzhľadom na obmedzený rozsah autoreferátu nie je možné podrobnejšie vysvetliť všetky kroky. Súčasťou dizertačnej práce je aj podrobná procesná mapa kroku 3.2.5 – Spustenie skriptu, ktorá vysvetľuje ako má skript pracovať. Táto procesná mapa môže byť použitá ako zadanie pre programátora na vývoj skriptu.



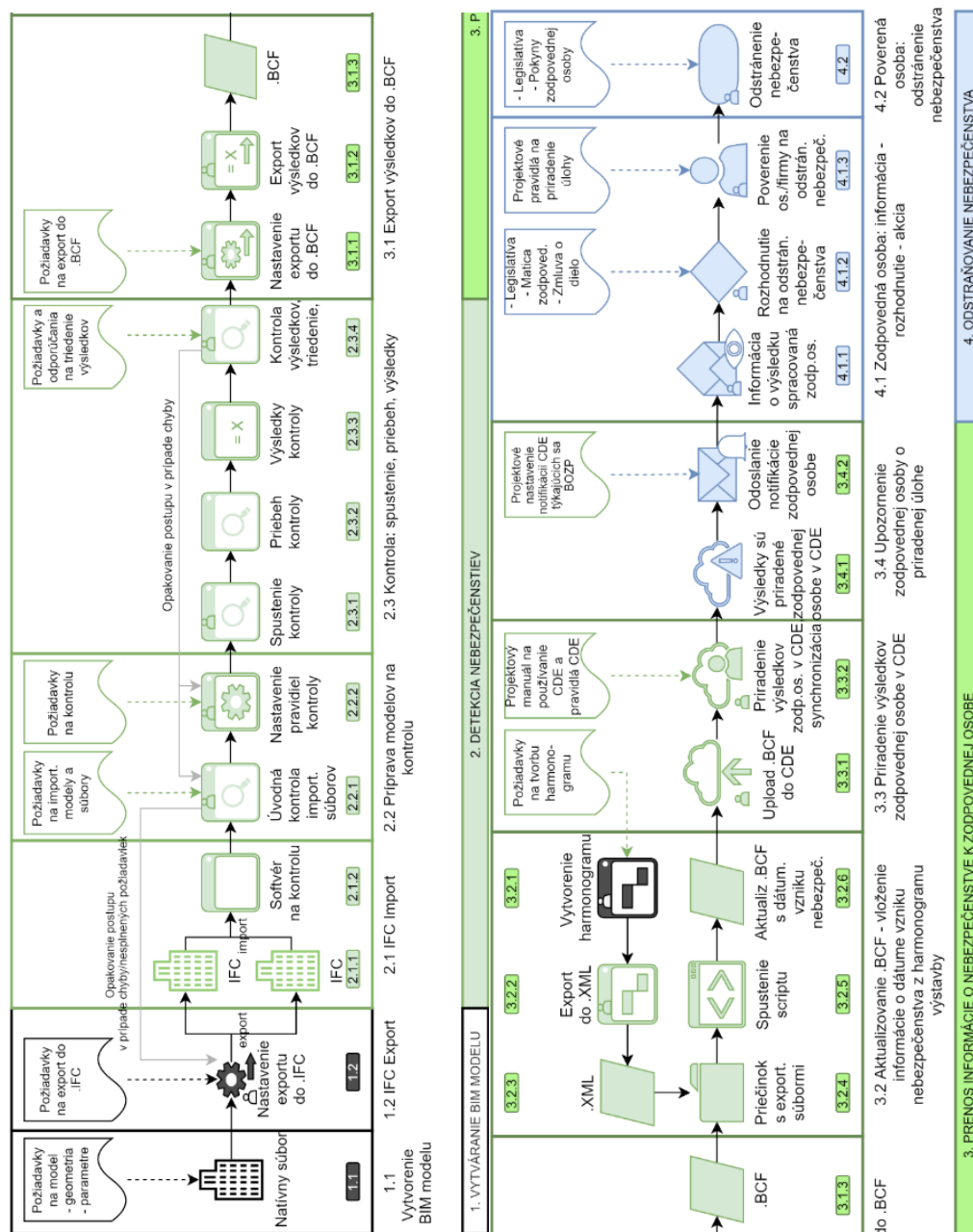
Obrázok 5.4 - Navrhovaná procesná mapa prenosu



Obrázok 5.5 - Legenda diagramu prenosu

5.5.4 Záver

V predchádzajúcich častiach textu sa popísali jednotlivé procesné mapy navrhovanej metodiky pre automatizovanú detekciu rizík a návrh automatizácie prenosu informácií o rizikách k zodpovedným osobám. Celú procesnú mapu je možné vidieť na *Obrázok 5.6*. Navrhovaná metodika nerieši dĺžku výskytu nebezpečenstva pri jednotlivých otvoroch, resp. hladiny rizika v jednotlivých etapách výstavby, vzhľadom k tomu, že tieto hodnoty významne variujú a sú pre každý otvor individuálne. Táto problematika môže byť predmetom ďalšej vedeckovýskumnej činnosti.



Obrázok 5.6 - Navrhovaná procesná mapa detekcie a prenosu

Navrhovaná metodika tiež nerieši spôsob odstránenia konkrétnych nebezpečenstiev, ohrození a rizík a zároveň nerieši konkrétny spôsob zabezpečenia otvorov (zábradlie, prekrytie a pod.). Hlavným účelom uvedenej metodiky je zefektívnenie informovanosti o nebezpečenstvách. Spomínané neriešené oblasti však môžu byť predmetom ďalšej vedeckovýskumnej činnosti v tejto problematike. Metodika bola experimentálne overená na testovacom BIM modeli a testovacom harmonograme. Tento proces je popísaný v kapitole 5.6.

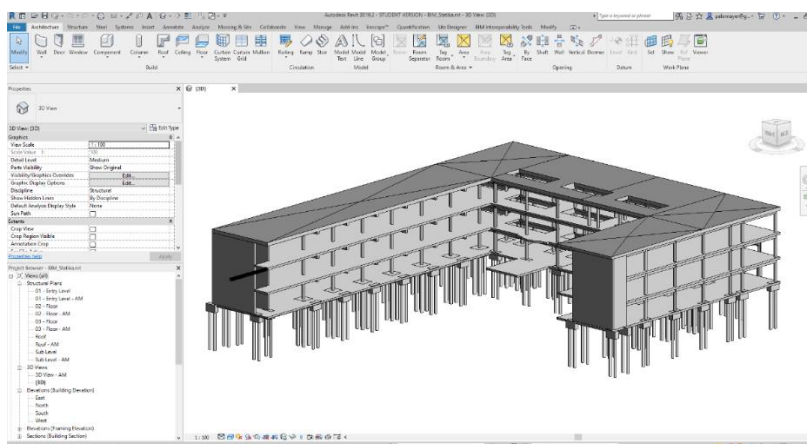
5.6 Experimentálne overenie metodiky na vybranom procese

5.6.1 Softvéry použité v experimentálnom overení

V experimentálnom overení sa použili nasledovné softvéry: Autodesk Revit 2019.2; Autodesk Navisworks Manage 2021 (student version); BIMcollab ZOOM (educational); BIMcollab Cloud (educational); BIMcollab BCF Manager 5; Dalux (educational); Microsoft Project 2019 (educational); 7-Zip File Manager. Bližšie informácie o softvéroch a popis ich použitia je podrobne popísaný v dizertačnej práci.

5.6.2 Experimentálny BIM model a harmonogram

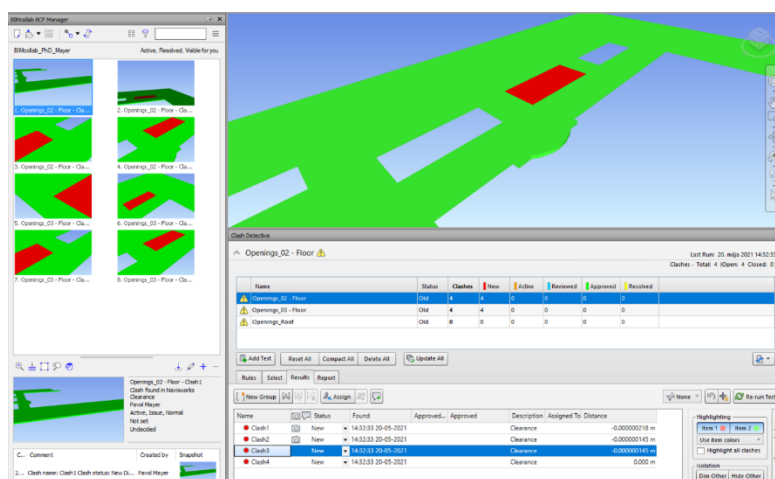
Na účely experimentálneho overenia bol použitý voľne dostupný BIM model od spoločnosti Autodesk vo formáte .rvt. Model obsahoval iba statické konštrukcie: pilóty, základové pätky, základovú dosku, stĺpy, steny, stropné dosky a priestorové elementy: Spaces (objemy) a Openings (otvory). Pre overenie procesov súvisiacich s prenosom dát z harmonogramu do súboru .BCF bol spracovaný časový plán v MS Project so základnými činnosťami procesov výstavby železobetónových monolitických konštrukcií.



Obrázok 5.7 - Experimentálny BIM model v softvéri Revit

5.6.3 Experimentálne overenie metodiky detekcie nebezpečenstva

Overenie navrhovanej detekcie nebezpečenstiev sa uskutočnilo v softvéri Navisworks Manage. Výsledky boli nájdené pomocou typu kontroly (detekcie kolízií) „Clearance“ (funkčná kolízia), ktorá prebehla medzi setmi (skupinami) otvorov a stropnými doskami. Výsledky kontroly je možné vidieť na *Obrázok 5.8* (krok 2.3.3). Nájdené výsledky boli následne pomocou pluginu BIMcollab BCF Manager a pomocou BIMcollab Cloud vyexportované do .BCF (proces 3.1).



Obrázok 5.8 - Výstrižok obrazovky z programu Navisworks s výsledkami detekcie a pluginom BCF Manager

5.6.4 Overenie funkčnosti metodiky aktualizácie .BCF

Pre overenie navrhovanej metodiky na aktualizáciu .BCF je potrebné vyexportovať harmonogram vo formáte .XML do PC (kroky 3.2.1 – 3.2.4). Následne je možné prejsť k aktualizácii .BCF, do ktorého je potrebné doplniť príslušný dátum – vid' krok 3.2.5. Kvôli potvrdeniu navrhovanej metodiky sa tieto kroky spravili manuálne. Súbor .BCF sa otvoril pomocou softvéru 7-Zip File Manager a aktualizoval sa pridaním parametru trvania a jeho hodnota sa vyplnila dátumom činnosti, pri ktorom vznikne nebezpečenstvo v danej lokalite. Súbor sa uložil a zavrel. Tento proces je možné automatizovať pomocou algoritmu, tak aby užívateľ iba spustil skript a ten za neho aktualizuje všetky „issues“ na základe dátumov príslušných činností v harmonograme. Návrh procesnej mapy skriptu sa nachádza v dizertačnej práci. V súčasnosti sa skript vyvíja a testuje.

5.6.5 Overenie funkčnosti aktualizovaného .BCF v CDE softvéri

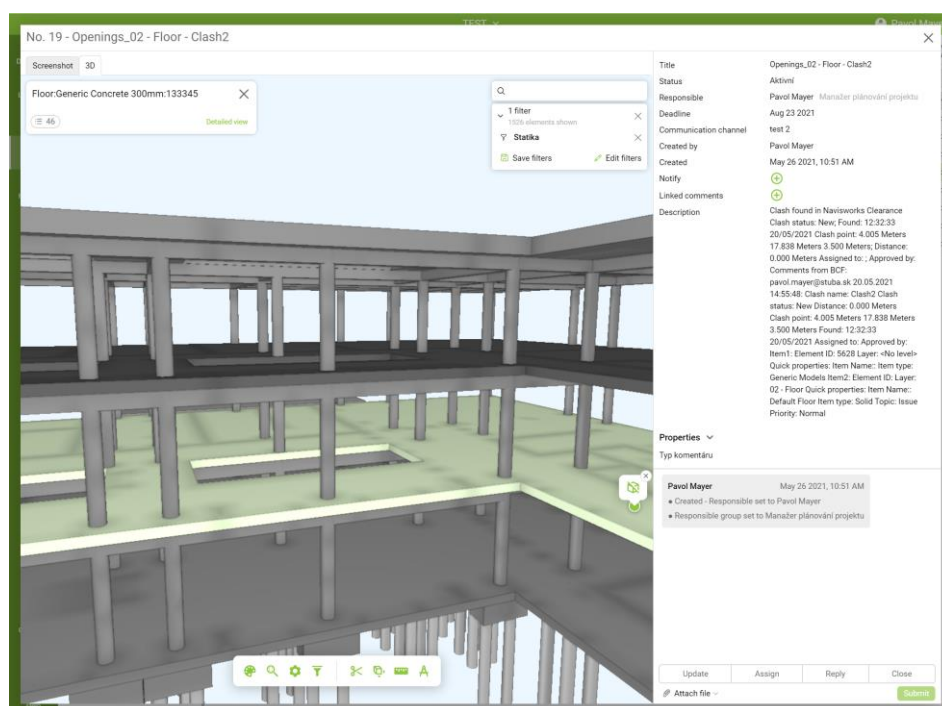
Aktualizovaný súbor .BCF sa následne metódou „drag&drop“ nahral do „Komentárov“ v module Dalux BoxPro. Dalux automaticky identifikoval 8 „issues“ v súbore. Na *Obrázok 5.9 – 5*, „issue“ zhora, je možné vidieť, že dátum z upraveného súboru .BCF sa automaticky preniesol aj do CDE, čo potvrdzuje funkčnosť navrhovaného spôsobu aktualizácie .BCF. Po potvrdení importu sa

„issues“ pridajú medzi ostatné komentáre v Daluxe. Aktualizovaný súbor má v stĺpci „Deadline“ termín z harmonogramu. Po dvojkliku na túto „issue“ sa zobrazí jej náhľad s detailnými informáciami v 3D BIM modeli s ostatnými konštrukciami (Obrázok 5.10).

Import BCF

File name	Status	Title	Description	Action	Status	Responsible	Building	Deadline	Typ komentáru
BCFOpenings_FHD_Mayer.bcf	✓	Openings_02 - Floor - Cla	Clash found in Navisworks Clearance C...	New	Choose...	Choose...	Choose...	Choose...	Choose...
		Openings_02 - Floor - Cla	Clash found in Navisworks Clearance C...	New	Choose...	Choose...	Choose...	Choose...	Choose...
		Openings_03 - Floor - Cla	Clash found in Navisworks Clearance C...	New	Choose...	Choose...	Choose...	Choose...	Choose...
		Openings_03 - Floor - Cla	Clash found in Navisworks Clearance C...	New	Choose...	Choose...	Choose...	Choose...	Choose...
		Openings_02 - Floor - Cla	Clash found in Navisworks Clearance C...	New	Choose...	Choose...	Choose...	Aug 23 2021	Choose...
		Openings_03 - Floor - Cla	Clash found in Navisworks Clearance C...	New	Choose...	Choose...	Choose...	Choose...	Choose...
		Openings_03 - Floor - Cla	Clash found in Navisworks Clearance C...	New	Choose...	Choose...	Choose...	Choose...	Choose...
		Openings_02 - Floor - Cla	Clash found in Navisworks Clearance C...	New	Choose...	Choose...	Choose...	Choose...	Choose...

Obrázok 5.9 - Import aktualizovaného .BCF do CDE Dalux



Obrázok 5.10 - Detail „issue“- otvoru v aktívnom 3D pohľade v BIM modeli

5.6.6 Vyhodnotenie experimentálneho overenia

Experimentálne overenie potvrdilo funkčnosť navrhovanej metodiky. Trvanie jednotlivých činností sa zaznamenávalo a ich celkové trvanie sa odhaduje na cca 31 min v závislosti od veľkosti stavebného objektu, počtu otvorov, hardvérového vybavenia a skúseností užívateľa. V prípade aktualizácie harmonogramu, alebo BIM modelu sa celkové trvanie odhaduje na cca. 12 min.

Experimentálne overenie a prezentované trvania boli konzultované s odborníkmi v oblasti BIM a výsledky prieskumu sa nachádzajú v kap. 5.7.1.

5.7 Záverečné vyhodnotenie navrhovaných metodík a experimentálneho overenia

5.7.1 Hodnotenie navrhovaných metodík odborníkmi v oblasti BIM

Za účelom získania spätnej väzby a hodnotenia navrhovaných metodík bolo oslovených 6 špecialistov v oblasti BIM koordinácie a BIM manažmentu zo slovenských realizačných stavebných firiem. Prieskumu sa zúčastnilo 5 respondentov. Prieskum bol realizovaný formou individuálnych video-hovorov a formou elektronického dotazníka. Vo video-hovoroch sa respondentom vysvetlil cieľ dizertačnej práce, kľúčové informácie nadobudnuté v kap. 5.1 - 5.3 a prezentovali sa navrhované metodiky a ich experimentálne overenie. V závere hovoru bol respondentom doručený elektronický dotazník, ktorý anonymne po skončení hovoru vyplnili. Dotazník sa skladal z 10 otázok, na ktoré respondenti odpovedali číselným bodovým hodnotením v rozsahu 1 – 5, kde číslo 5 je vždy maximálne najlepšie možné hodnotenie a 1 je jeho opakom. V prezentovanej *Tabuľka 5.3* sú uvedené jednotlivé otázky a ich minimálne, maximálne a priemerné dosiahnuté hodnoty odpovedí od všetkých respondentov vrátane smerodajnej odchýlky.

Tabuľka 5.3 - Výsledky elektronického dotazníka - hodnotenie navrhovaných metodík odborníkmi z praxe

Otázka	MIN	MAX	SD	Priem.
Je podľa Vás prezentované riešenie časovo efektívnejšie, ako štandardný prístup?	4	5	0.55	4.60
Vyžaduje podľa Vás toto riešenie menej pracovníkov, ako štandardný prístup?	3	5	0.84	3.80
Je podľa Vás toto riešenie menej nákladné, ako štandardný prístup?	2	4	0.89	3.40
Je podľa Vás toto riešenie presnejšie, ako štandardný prístup?	4	5	0.45	4.80
Je podľa Vás, toto riešenie aplikovateľné v praxi v stavebných firmách?	4	5	0.55	4.60
Je podľa Vás, toto riešenie aplikovateľné na rôznych typoch stavebných objektov?	4	5	0.45	4.20
Je podľa Vás toto riešenie jednoduché na vykonanie BIM špecializovaným pracovníkom?	4	5	0.45	4.20
Je riešenie dostatočne otvorené, pre širokú základňu používateľov - využíva otvorené BIM formáty a softvéry rozšírené na trhu?	4	5	0.55	4.40
Ak by bolo toto riešenie dostupné na trhu, zvýšil by sa tým podľa Vás počet firiem, ktoré by začali aplikovať detekciu nebezpečenstiev a rizík pred začiatkom výstavby?	3	5	0.84	4.20
Ak by bolo toto riešenie dostupné na trhu, malo by to podľa Vás priamy vplyv na zvýšenie úrovne BOZP na stavenisku?	4	5	0.45	4.80

Na základe priemerných hodnôt odpovedí je možné konštatovať, že navrhované metodiky sú podľa respondentov realizovateľné a môžu zefektívniť procesy firiem súvisiace s detekciou rizík a ich prenosom k zodpovedným pracovníkom.

5.7.2 Záverečné zhodnotenie stanovených hypotéz

Na základe experimentálneho overenia (kap. 5.6) a hodnotenia navrhovaných metodík odborníkmi v oblasti BIM (kap. 5.7) je možné konštatovať, že hypotézy stanovené v kap. 5.4.2 a 5.5.2 sa podarilo naplniť teoreticky. Navrhli sa metodiky, ktoré sú založené na zaužívaných softvéroch, otvorených BIM formátoch a majú potenciál zefektívniť procesy detekcie rizík a prenosu informácie o rizikách k zodpovednej osobe natoľko, že by ich realizačné stavebné firmy mohli pri svojej práci začať využívať. Metodiky sú navyše spracované vo vysokej podrobnosti a tak umožňujú firmám pomerne rýchle overenie a následné nasadenie.

Avšak, pre plnohodnotné overenie ich prínosu, uplatnenia a efektivity je potrebná ich implementácia v realizačných stavebných firmách a následná vedecko-výskumná činnosť v rôznych formách, ktorou by sa hypotézy definitívne potvrdili, alebo vyvrátili. Pozitívne hodnotenie od odborníkov z praxe je možné považovať za potvrdenie správneho prístupu k riešenej problematike a k smerovaniu výskumu. Ten sa môže v ďalšom období rozvíjať vo viacerých oblastiach.

6. Prínosy dizertačnej práce

6.1 Prínos pre vednú oblasť stavitel'stvo

Ako bolo analyzované v jednotlivých častiach tejto práce, problematika využitia BIM na účely BOZP je oblasť, v ktorej je možné a potrebné realizovať ďalšiu vedecko-výskumnú činnosť. Metodiky prezentované v tejto práci navrhujú zefektívnenie len niektorých procesov a ich aplikovanie odstraňuje len niektoré nebezpečenstvá vyskytujúce sa pri stavebnej činnosti. Realizovaný prieskum (kap. 5.1.2 a 5.2.2) obsahuje dáta, ktoré je možné použiť v rôznych vedecko-výskumných činnostiach v oblasti informačného modelovania stavieb vrátane BOZP. Navrhované metodiky (kap. 5.4 a 5.5) založené na procesoch, v ktorých sa využívajú bežne dostupné a rozšírené softvéry a otvorené výmenné formáty .IFC a .BCF, môžu byť vhodným podkladom pre ich ďalšie zefektívnenie, rozšírenie identifikácie ďalších druhov nebezpečenstiev a pre návrh širšieho okruhu bezpečnostných opatrení. Zároveň môžu byť použité ako podklad pre vývoj softvéru, ktorý by určité operácie užívateľovi zjednodušil. Uvedené postupy je vhodné využiť aj pre ďalšie oblasti, napr. pre oblasť kvality, ochrany živ. prostredia a požiarnej ochrany.

6.2 Prínos pre stavebnú prax

Navrhované metodiky (kap. 5.4 a 5.5) zefektívňujú činnosti detekcie nebezpečenstiev v BIM a procesy súvisiace s prenosom informácie o nich k zodpovednej osobe. Mnohé z týchto činností stavebné firmy na Slovensku vôbec nerealizujú a tak riešenie, ktoré ich zefektívni môže byť motiváciou na ich začatie. Predstavené metodiky sú navrhnuté tak, aby bolo možné ich okamžité využitie v stavebných spoločnostiach. Implementácia týchto metodík do procesov firiem môže mať pozitívny vplyv na zvýšenie úrovne BOZP na stavenisku a elimináciu smrteľných a závažných pracovných úrazov. Dopracovanie metodiky do štádia priameho využitia v stavebnej praxi by si vyžadovalo zapojiť aj tím programátorov a dokončiť vývoj skriptu na aktualiz. BCF.

6.3 Prínos pre oblasť vzdelávania

Mnohé informácie a poznatky publikované v tejto práci sa už v súčasnosti vyučujú na predmete Building Information Modeling inžinierskeho štúdia na Stavebnej fakulte STU v Bratislave. Ich ďalšie využitie môže byť na predmetoch: BOZP pri stavebných procesoch, Riadenie BOZP na stavbách a Zariadenie staveniska. Mnohé čiastkové procesy boli tiež prezentované na vzdelávacích podujatiach organizovaných SKSI a BIM asociáciou Slovensko (napr. BIM4free, Národná BIM konferencia a iné). Ďalšie poznatky môžu byť teda prezentované aj na menovaných a ďalších odborných podujatiach.

7. Záver

Uvedený autoreferát poskytuje stručný prehľad jednotlivých častí dizertačnej práce. Vzhľadom na jeho obmedzený rozsah, v ňom nie je možné publikovať všetky výsledky a postupy.

Stavebníctvo je aj napriek existujúcej legislatíve, rôznym iniciatívam, modernizácii techniky, technológií a procesov naďalej jedno z najnebezpečnejších pracovných odvetví. Zároveň je jedným z najmenej digitalizovaných a automatizovaných, čo je paradoxné vzhľadom na fakt, že stavebný priemysel patrí medzi majoritné sektory národných ekonomík.

Mnohé súčasné digitálne technológie pomáhajú stavebným firmám nielen zefektívniť prácu a optimalizovať náklady, ale aj zvýšiť úroveň BOZP. Informačné modelovanie stavieb je jednou z takých technológií, pretože vďaka databáze grafických a negrafických informácií o stavebných objektoch umožňuje ich ďalšie spracovávanie, zdieľanie a konektivitu s inými databázami a informačnými systémami, čo má významný vplyv v automatizácii procesov.

Prínos BIM do procesov súvisiacich s BOZP bol v tejto práci demonštrovaný na viacerých realizovaných príkladoch na Slovensku a v zahraničí. S cieľom zvýšenia úrovne bezpečnosti na stavbách zefektívnením vybraných procesov, ktoré sú nevyhnutné pre úspešné začatie implementácie BIM v oblasti BOZP v stavebných firmách boli v tejto práci spracované navrhované metodiky (kap. 5.4 a 5.5). Tieto metodiky sú založené na požiadavkách špecializovaných pozícií, otvorených formátoch a bežne dostupných a rozšírených softvéroch. Postup a hlavné procesy sú popísané v podrobných krokoch, v ktorých sú charakterizované aj okrajové podmienky ich funkcionality. Predstavujú postup na automatizované vyhľadávanie otvorov v železobetónových stropných doskách, pri ktorých po odstránení stropného debnenia hrozí pracovníkom pád z výšky. Dôležitým prínosom je tiež navrhovaná metodika v procese prenosu informácie o týchto nebezpečenstvách k zodpovednej osobe. Práve tento proces je často neefektívnym a na trhu aj v literatúre chýbajú odporúčané postupy a nástroje na ich zlepšenie. Navrhované metodiky boli experimentálne overené a vzhľadom k tomu, že boli navrhnuté na princípoch otvorenej spolupráce a sú aplikovateľné pri využití rôznych softvérov, môžu byť stavebnou praxou dobre prijaté.

Vedecko-výskumnú činnosť v tejto oblasti je však potrebné iniciovať a vykonávať naďalej, pretože riešenia dostupné na trhu, prezentované v zahraničnej a domácej literatúre a aj v tejto práci sú obmedzené len na určité procesy, nebezpečenstvá, stavebné činnosti a typy stavieb.

Použité zdroje

ACCA SOFTWARE, 2021. *Software BIM di gestione cantiere | CerTus-HSBIM | ACCA software* [online] [cit. 27.5.2021]. Dostupné na: <https://www.acca.it/software-bim-gestione-cantiere>

ALLPLAN, 2021. *BIM software - CAD - 3D - Allplan - ALLPLAN Česko s.r.o.* [online] [cit. 29.5.2021]. Dostupné na: <https://www.allplan.com/cz>

AUTODESK, 2021a. *Construction Management Software | Autodesk BIM 360. BIM 360* [online] [cit. 27.5.2021]. Dostupné na: <https://www.autodesk.com/bim-360/>

AUTODESK, 2021b. *Navisworks | Get Prices & Buy Navisworks 2022 | Autodesk* [online] [cit. 26.5.2021]. Dostupné na: <https://www.autodesk.com/products/navisworks/overview>

AUTODESK, 2021c. *Revit Software | Get Prices & Buy Official Revit 2022 | Autodesk* [online] [cit. 14.5.2021]. Dostupné na: <https://www.autodesk.com/products/revit/overview>

BALDWIN, Mark, 2019. *The BIM-Manager: A Practical Guide for BIM Project Management*. 1st edition. B.m.: Beuth Verlag GmbH. ISBN 978-3-410-26821-5.

BENJAORAN, Vacharapoom a Sdhabhon BHOKHA, 2010. An integrated safety management with construction management using 4D CAD model. *Safety Science* [online]. 2010, roč. 48, č. 3, s. 395–403. ISSN 09257535. Dostupné na: doi:10.1016/j.ssci.2009.09.009

BENTLEY, 2021. *4D Digital Construction Project Management Technology* [online] [cit. 15.5.2021]. Dostupné na: [/en/products/product-line/construction-software/synchro-pro](https://www.bentley.com/en/products/product-line/construction-software/synchro-pro)

BEXEL, 2021. *BEXEL Manager - 3D, 4D, 5D and 6D BIM Management Software. BEXEL Manager* [online] [cit. 29.5.2021]. Dostupné na: <https://bixelmanager.com/>

BIM ASOCIÁCIA SLOVENSKO, 2020. *Národná BIM konferencia 2020 | Aktuálny stav implementácie BIM na Slovensku - Tomáš Funtík (BIMaS)* [online]. [YouTube video]. 2020. BIM ASOCIÁCIA SLOVENSKO. Bratislava:

BIMSAFE, 2021. *BIMsafe – Health & Safety in BIM* [online]. [cit. 15.5.2021]. Dostupné na: <https://www.bimsafe.co.uk/>

BLOCK, India, 2020. Foster + Partners adopts Spot the Boston Dynamics robot dog. *Dezeen* [online] [cit. 28.5.2021]. Dostupné na: <https://www.dezeen.com/2020/11/13/foster-partners-adopts-spot-the-boston-dynamics-robot-dog/>

BUILDINGSMART, 2020. *buildingSMART/BCF-XML. GitHub* [online] [cit. 24.5.2021]. Dostupné na: <https://github.com/buildingSMART/BCF-XML>

BUILDINGSMART, 2021a. *BIM Collaboration Format (BCF). buildingSMART International* [online] [cit. 30.5.2021]. Dostupné na: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/bim-collaboration-format-bcf/>

BUILDINGSMART, 2021b. *buildingSMART - The International Home of BIM. buildingSMART International* [online] [cit. 29.5.2021]. Dostupné na: <https://www.buildingsmart.org/>

BUILDINGSMART, 2021c. *IFC Schema Specifications. buildingSMART Technical* [online] [cit. 29.5.2021]. Dostupné na: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications/>

BUILDINGSMART, 2021d. *Industry Foundation Classes (IFC). buildingSMART International* [online] [cit. 30.5.2021]. Dostupné na: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/>

BUILDINGSMART, 2021e. *Model View Definitions (MVD). buildingSMART International* [online] [cit. 30.5.2021]. Dostupné na: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/model-view-definitions-mvd/>

BUILDINGSMART, 2021f. *openBIM Definition. buildingSMART International* [online] [cit. 29.5.2021]. Dostupné na: <https://www.buildingsmart.org/about/openbim/openbim-definition/>

CYPE, 2020. CYPE develops software to design, calculate and implement safety measures in spaces in response to COVID-19. *Informed Infrastructure* [online]. [cit. 15.5.2021]. Dostupné na: <https://informedinfrastructure.com/55497/cype-develops-software-to-design-calculate-and-implement-safety-measures-in-spaces-in-response-to-covid-19/>

CYPE, 2021. *Open BIM Health and Safety* [online] [cit. 15.5.2021]. Dostupné na: http://open-bim-health-and-safety.en.cype.com/#collective_protection_systems

DALUX, 2021. *Dalux | BIM construction management software | BIM on site. Dalux* [online] [cit. 26.5.2021]. Dostupné na: <https://www.dalux.com/>

EASTMAN, Charles M., ed., 2008. *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. Hoboken, N.J: Wiley. ISBN 978-0-470-18528-5.

FASTBRICK ROBOTICS, 2019. FBR | Industrial Automation Technology. *Fastbrick Robotics* [online] [cit. 3.5.2021]. Dostupné na: <https://www.fbr.com.au/>

FORCONSTRUCTIONPROS.COM, 2016. [VIDEO] *Redpoint and Skanska Deploy Indoor GPS for Construction Safety* [online] [cit. 28.5.2021]. Dostupné na: <https://www.forconstructionpros.com/construction-technology/video/12176519/video-redpoint-and-skanska-deploy-indoor-gps-for-construction-safety>

FUNTÍK, Tomáš, Pavol MAYER a Jozef GAŠPARÍK, 2018a. The Automation of the Process of Updating the Curing Time Activity in 4D Schedule. V: Jochen TEIZER, ed. *Proceedings of the 35th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC)* [online]. Taipei, Taiwan: International Association for Automation and Robotics in Construction (IAARC), s. 153–159. ISBN 978-3-00-060855-1. Dostupné na: doi:10.22260/ISARC2018/0021

FUNTÍK, Tomáš, Michal PASIAR, Ján ERDÉLYI, Janka HLA VATÁ, Pavol KALEJA a Pavol MAYER, 2018b. *Building Information Modeling*. Bratislava. B.m.: Eurostav. ISBN 978-80-89228-56-0.

GAJDOŠ, Pavol, 2014. *Využitie digitálnych technológií pre zvyšovanie bezpečnosti práce pri výstavbe* [online]. B.m. [cit. 22.5.2019]. Technická univerzita v Košiciach. Dostupné na: <https://opac.crzp.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=D526CB574B7F6ABB355FF441FC53&seo=CRZP-detail-kniha>

GETULI, Vito, Tommaso GIUSTI, Pietro CAPONE, Tommaso SORBI a Alessandro BRUTTINI, 2018. A Project Framework to Introduce Virtual Reality in Construction Health and Safety. *New Frontiers of Construction Management Workshop*. 2018, č. 13, vol. 09.

GETULI, Vito, Silvia Mastrolemba VENTURA, Pietro CAPONE a Angelo L.C. CIRIBINI, 2017. BIM-based Code Checking for Construction Health and Safety. *Procedia Engineering* [online]. 2017, roč. 196, s. 454–461. ISSN 18777058. Dostupné na: doi:10.1016/j.proeng.2017.07.224

GOEDERT, James D. a Saeed ROKOOEI, 2016. Project-Based Construction Education with Simulations in a Gaming Environment. *International Journal of Construction Education and Research* [online]. 2016, roč. 12, č. 3, s. 208–223. Dostupné na: doi:10.1080/15578771.2015.1121936

GRAPHISOFT, 2021. Archicad. *GRAPHISOFT* [online] [cit. 29.5.2021]. Dostupné na: <https://graphisoft.com/solutions/products/archicad>

HAMMAD, Amin, Shayan SETAYESHGAR, Cheng ZHANG a Yoosef ASEN, 2012. Automatic generation of Dynamic Virtual Fences as part of BIM-based prevention program for construction safety. V: *2012 Winter Simulation Conference - (WSC 2012): Proceedings Title: Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference (WSC)* [online]. Berlin, Germany: IEEE, s. 1–10 [cit. 14.5.2021]. ISBN 978-1-4673-4782-2. Dostupné na: doi:10.1109/WSC.2012.6465164

HARDIN, Brad a Dave MCCOOL, 2015. *BIM and construction management: proven tools, methods, and workflows*. Second edition. Indianapolis, Indiana: Sybex, a Wiley brand. ISBN 978-1-118-94276-5.

HENG, Li, Dong SHUANG, Martin SKITMORE, He QINGHUA a Yin QIN, 2016. Intrusion warning and assessment method for site safety enhancement. *Safety Science* [online]. 2016, roč. 84, s. 97–107. ISSN 09257535. Dostupné na: doi:10.1016/j.ssci.2015.12.004

HOLOBUILDER, 2019. *SpotWalk Construction Progress Documentation on Autopilot Powered by HoloBuilder and Boston Dynamics* [online] [cit. 28.5.2021]. Dostupné na: https://www.youtube.com/watch?v=5XkVjjQQ1aw&ab_channel=HoloBuilder

HULÍNOVÁ, Zdenka, 2005. *Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci v stavebníctve*. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave. ISBN 80-227-2214-6.

HULÍNOVÁ, Zdenka, Tomáš FUNTÍK, Jana MADOVÁ a Andrej BISTÁK, 2017. Effectiveness of costs incurred for labor protection. V: *2nd International Conference on Engineering Sciences and Technologies (ESaT): ADVANCES AND TRENDS IN ENGINEERING SCIENCES AND TECHNOLOGIES II*. B.m.: CRC PRESS-TAYLOR & FRANCIS GROUP. ISBN 978-1-315-39382-7.

CHOE, Sooyoung a Fernanda LEITE, 2017. Construction safety planning: Site-specific temporal and spatial information integration. *Automation in Construction* [online]. 2017, roč. 84, s. 335–344. ISSN 09265805. Dostupné na: doi:10.1016/j.autcon.2017.09.007

JIN, Ziyu, John GAMBATESE, Ding LIU a Vineeth DHARMAPALAN, 2019. Using 4D BIM to assess construction risks during the design phase. *Engineering, Construction and Architectural Management* [online]. 2019, roč. 26, č. 11, s. 2637–2654. ISSN 0969-9988. Dostupné na: doi:10.1108/ECAM-09-2018-0379

KHAN, Numan, Ahmad K. ALI, Mirosław J. SKIBNIEWSKI, Do Yeop LEE a Chansik PARK, 2019. Excavation Safety Modeling Approach Using BIM and VPL. *Advances in Civil Engineering* [online]. 2019, roč. 2019, s. 1–15. ISSN 1687-8086, 1687-8094. Dostupné na: doi:10.1155/2019/1515808

LEE, Yongha, Inhan KIM a Jungsik CHOI, 2020. Development of BIM-Based Risk Rating Estimation Automation and a Design-for-Safety Review System. *Applied Sciences* [online]. 2020, roč. 10, č. 11, s. 3902. ISSN 2076-3417. Dostupné na: doi:10.3390/app10113902

LORENZO, Trani Marco, Bossi BENEDETTA, Cassano MANUELE a Todaro DAVIDE, 2014. BIM and QR-code. A Synergic Application in Construction Site Management. *Procedia Engineering* [online]. 2014, roč. 85, s. 520–528. ISSN 18777058. Dostupné na: doi:10.1016/j.proeng.2014.10.579

LU, Ying, Peizhen GONG, Yuchun TANG, Shuqi SUN a Qiming LI, 2021. BIM-integrated construction safety risk assessment at the design stage of building projects. *Automation in Construction* [online]. 2021, roč. 124, s. 103553. ISSN 09265805. Dostupné na: doi:10.1016/j.autcon.2021.103553

MAYER, Pavol, 2017. *Pavol Mayer - Diplomová práca* [online]. B.m. [cit. 15.5.2021]. Diplomová práca. Slovenská technická univerzita v Bratislave. Dostupné na: <http://opac.crzp.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=4B7A8F8230E49217321A668DC396&seo=CRZP-detail-kniha>

MAYER, Pavol, 2018. PROPOSAL OF THE METHODOLOGY FOR SMART SENSOR DATA USAGE FOR INFORMATION UPDATE IN 3D AND 4D BIM MODEL. V: *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering*. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, s. 521.

MAYER, Pavol a Dávid SÁNDOR, 2017a. 2017 SYNCHRO University Challenge Co-Winner- Slovak University [online] [cit. 28.5.2021]. Dostupné na: https://www.youtube.com/watch?v=_CBa8AOQb68&t=33s&ab_channel=SYNCHROConstructionSYNCHROConstruction

MAYER, Pavol a Dávid SÁNDOR, 2017b. *Synchro University Challenge 2017 - Mayer & Sándor - Slovak University of Technology* [online] [cit. 15.5.2021]. Dostupné na: https://www.youtube.com/watch?v=VYIagCDDqEg&t=2s&ab_channel=Palino

MELZNER, Jürgen, Sijie ZHANG, Jochen TEIZER a Hans-Joachim BARGSTÄDT, 2013. A case study on automated safety compliance checking to assist fall protection design and planning in building information models. *Construction Management and Economics* [online]. 2013, roč. 31, č. 6, s. 661–674. ISSN 0144-6193, 1466-433X. Dostupné na: doi:10.1080/01446193.2013.780662

MESAROS, P, M SPISAKOVA a D MACKOVA, 2019. Analysis of Safety Risks on the Construction Site. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [online]. 2019, roč. 222, s. 012012. ISSN 1755-1315. Dostupné na: doi:10.1088/1755-1315/222/1/012012

MONTREAL GAZETTE, 2020. *Spot the robot dog being used on construction sites* [online] [cit. 28.5.2021]. Dostupné na: https://www.youtube.com/watch?v=Q_rOnhiSnYQ&ab_channel=MontrealGazette

MORDUE, Stefan a Roland FINCH, 2014a. *BIM for Construction Health and Safety*. 1st edition. B.m.: NBS. ISBN 978-1-85946-528-8.

MORDUE, Stefan a Roland FINCH, 2014b. *BIM for Construction Health and Safety*. 1st edition. B.m.: NBS. ISBN 978-1-85946-528-8.

NIP, 2020. *Správa z úlohy č. 20 402 z Plánu hlavných úloh Národného inšpektorátu práce na rok 2020. - Rozbor pracovných úrazov, ochorení súvisiacich s prácou a závažných priemyselných havárií v organizáciách v pôsobnosti inšpekcie práce za rok 2019*. 2020. B.m.: Národný inšpektorát práce.

NIP, 2021. *Správa z úlohy č. 21 402 z Plánu hlavných úloh Národného inšpektorátu práce na rok 2021 Rozbor pracovných úrazov, ochorení súvisiacich s prácou a závažných priemyselných havárií v organizáciách v pôsobnosti inšpekcie práce za rok 2020*. 2021. B.m.: Národný inšpektorát práce.

NLINK a SKANSKA, 2015. *The world's first drilling robot at a Skanska construction site* [online] [cit. 3.5.2019]. Dostupné na: <https://vimeo.com/148028319>

OLAHOVÁ, Lenka, 2013. *Diplomová práca - Inovatívne prístupy k zvyšovaniu v stavebníctve* [online]. B.m. [cit. 22.5.2019]. Technická univerzita v Košiciach. Dostupné na: <http://opac.crzp.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=B4445163FE48F42C535AE84577B7&seo=CRZP-detail-kniha>

PHAM, Kieu-Trang, Duc-Nghia VU, Phuc Le Hieu HONG a Chansik PARK, 2020. 4D-BIM-Based Workspace Planning for Temporary Safety Facilities in Construction SMEs. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. 2020, roč. 17, č. 10, s. 3403. ISSN 1660-4601. Dostupné na: doi:10.3390/ijerph17103403

REDPOINT, 2021a. RTLS For Vehicle Safety. *Redpoint Positioning* [online] [cit. 28.5.2021]. Dostupné na: <https://www.redpointpositioning.com/applications/personnel-vehicle-safety/>

REDPOINT, 2021b. RTLS Technology Solutions for IoT. *Redpoint Positioning* [online] [cit. 28.5.2021]. Dostupné na: <https://www.redpointpositioning.com/>

RIAZ, Zainab, M. ARSLAN, Adnan K. KIANI a Salman AZHAR, 2014. CoSMoS: A BIM and wireless sensor based integrated solution for worker safety in confined spaces. *Automation in Construction* [online]. 2014, roč. 45, s. 96–106. ISSN 09265805. Dostupné na: doi:10.1016/j.autcon.2014.05.010

RODRIGUES, Fernanda, Joel ESTRADA, Flávio ANTUNES a Paul SWUSTE, 2018. Safety Through Design: A BIM-Based Framework. V: John CALAUTIT, Fernanda RODRIGUES, Hassam CHAUDHRY a Haşim ALTAN, ed. *Towards Sustainable Cities in Asia and the Middle East* [online]. Cham: Springer International Publishing, Sustainable Civil Infrastructures, s. 112–123 [cit. 7.5.2021]. ISBN 978-3-319-61644-5. Dostupné na: doi:10.1007/978-3-319-61645-2_9

SHEN, Xu a Eric MARKS, 2016. Near-Miss Information Visualization Tool in BIM for Construction Safety. *Journal of Construction Engineering and Management* [online]. 2016, roč. 142, č. 4, s. 04015100. ISSN 0733-9364, 1943-7862. Dostupné na: doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001100

SHEPHERD, David, 2015. *BIM management handbook*. Newcastle upon Tyne: RIBA Publishing. ISBN 978-1-85946-605-6.

SKANSKA, 2016. Integrating robots into construction. *Skanska - Global corporate website* [online] [cit. 3.5.2019]. Dostupné na: <https://group.skanska.com/media/articles/integrating-robots-into-construction/>

SPISAKOVA, Marcela, Peter MESÁROŠ, P. KALEJA a Tomáš MANDIČÁK, 2020. Virtual Reality as a Tool for Increasing Safety of Construction Sites. V: [online]. s. 1–6. Dostupné na: doi:10.1109/ICETA51985.2020.9379202

STRUKOVÁ, Zuzana a M. KOZLOVSKÁ, 2014a. The green construction technologies from safety and health point of view. 2014, roč. 2, s. 379–386.

STRUKOVÁ, Zuzana a Mária KOZLOVSKÁ, 2014b. POTENCIÁL BIM PRE PREVENCIU BEZPEČNOSTNÝCH RIZÍK STAVEBNÝCH PROJEKTOV. *Eurostav*. 2014, č. 10.

SÚTN, 2011. *STN EN ISO 12100* | *SUTN* [online] [cit. 27.5.2021]. Dostupné na: https://stn-online.sk/eshop/public/standard_detail.aspx?id=113296

SYNCHRO CONSTRUCTION, 2015. *Using Synchro PRO for Workspace Clash Detection* [online] [cit. 27.5.2021]. Dostupné na: https://www.youtube.com/watch?v=0hDcb9aeUPE&ab_channel=SYNCHROConstruction

TANG, Shu, Dennis R. SHELDEN, Charles M. EASTMAN, Pardis PISHDAD-BOZORGI a Xinghua GAO, 2019. A review of building information modeling (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: Present status and future trends. *Automation in Construction* [online]. 2019, roč. 101, s. 127–139. ISSN 09265805. Dostupné na: doi:10.1016/j.autcon.2019.01.020

TEKLA, 2021. *Tekla Structures BIM 4D* [online] [cit. 15.5.2021]. Dostupné na: <https://www.tekla.com/resources/youtube-tekla-latin-america/tekla-structures-bim-4d>

TRAN, Si Van-Tien, Numan KHAN, Doyeop LEE a Chansik PARK, 2021. A Hazard Identification Approach of Integrating 4D BIM and Accident Case Analysis of Spatial–Temporal Exposure. *Sustainability* [online]. 2021, roč. 13, č. 4, s. 2211. ISSN 2071-1050. Dostupné na: doi:10.3390/su13042211

WANG, Jun, Sijie ZHANG a Jochen TEIZER, 2015. Geotechnical and safety protective equipment planning using range point cloud data and rule checking in building information modeling. *Automation in Construction* [online]. 2015, roč. 49, s. 250–261. ISSN 09265805. Dostupné na: doi:10.1016/j.autcon.2014.09.002

WANG, Peng, Peng WU, Jun WANG, Hung-Lin CHI a Xiangyu WANG, 2018. A Critical Review of the Use of Virtual Reality in Construction Engineering Education and Training. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. 2018, roč. 15, č. 6, s. 1204. ISSN 1660-4601. Dostupné na: doi:10.3390/ijerph15061204

YUAN, Jingfeng, Xuewei LI, Xiaer XIAHOU, Nicholas TYMVIOS, Zhipeng ZHOU a Qiming LI, 2019. Accident prevention through design (PtD): Integration of building information modeling and PtD knowledge base. *Automation in Construction* [online]. 2019, roč. 102, s. 86–104. ISSN 09265805. Dostupné na: doi:10.1016/j.autcon.2019.02.015

ZHANG, Limao, Xianguo WU, Lieyun DING, Mirosław J. SKIBNIEWSKI a Yujie LU, 2016. BIM-BASED RISK IDENTIFICATION SYSTEM IN TUNNEL CONSTRUCTION. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND MANAGEMENT* [online]. 2016, roč. 22, č. 4, s. 529–539. ISSN 1392-3730, 1822-3605. Dostupné na: doi:10.3846/13923730.2015.1023348

ZHANG, Sijie, Frank BOUKAMP a Jochen TEIZER, 2015a. Ontology-based semantic modeling of construction safety knowledge: Towards automated safety planning for job hazard analysis (JHA). *Automation in Construction* [online]. 2015, roč. 52, s. 29–41. ISSN 09265805. Dostupné na: doi:10.1016/j.autcon.2015.02.005

ZHANG, Sijie, Kristiina SULANKIVI, Markku KIVINIEMI, Ilkka ROMO, Charles M. EASTMAN a Jochen TEIZER, 2015b. BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning. *Safety Science* [online]. 2015, roč. 72, s. 31–45. ISSN 09257535. Dostupné na: doi:10.1016/j.ssci.2014.08.001

ZHANG, Sijie, Jochen TEIZER, Jin-Kook LEE, Charles M. EASTMAN a Manu VENUGOPAL, 2013. Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules. *Automation in Construction* [online]. 2013, roč. 29, s. 183–195. ISSN 09265805. Dostupné na: doi:10.1016/j.autcon.2012.05.006

ZLATAR, Tomi a Béda Barkokébas JÚNIOR, 2018. *Building Information Modelling: as a Safety Management Tool for Preventing Falls from Height*. S.l.: LAP LAMBERT Academic Publishing. ISBN 978-613-9-85592-6.

Publikačná činnosť autora

ACB Vysokoškolské učebnice vydané v domácich vydavateľstvách

ACB01 FUNTÍK, Tomáš - PASIAR, Michal - ERDÉLYI, Ján - HLAVATÁ, Janka - KALEJA, Pavol - MAYER, Pavol. *Building Information Modeling* = Informačné modelovanie stavieb. 1. vyd. Bratislava : Eurostav, 2018. 205 s. ISBN 978-80-89228-56-0.

ADC Vedecké práce v zahraničných karentovaných časopisoch

ADC01 (nepublikované, prebieha schvaľovanie) MAYER, Pavol – FUNTÍK, Tomáš – GAŠPARÍK, Jozef – MAKÝŠ, Peter. *Analysis of the current state of automation of hazard detection processes in BIM in Slovakia*. In *Sustainability*. Special Issue: Construction Technology and Management in the Context of Economical and Environmental Sustainability (2021). ISSN 2071-1050.

ADE Vedecké práce v ostatných zahraničných časopisoch

ADE01 FUNTÍK, Tomáš - MAYER, Pavol. Assessing the influence of on-site lighting conditions to the potential variability of the 360 ° photogrammetry usability. In *Czech Journal of Civil Engineering*. Vol. 6, iss. 2 (2020), online, s. 41-50. ISSN 2336-7148. V databáze: DOI: 10.51704/cjce.2020.vol6.iss2.pp41-50.

ADE02 MAYER, Pavol. Robotization and BIM in construction industry. In *Czech Journal of Civil Engineering [elektronický zdroj]*. Vol. 5, iss. 2 (2019), online, s. 71-78. ISSN 2336-7148.

ADF Vedecké práce v ostatných domácich časopisoch

ADF01 FUNTÍK, Tomáš - MAYER, Pavol. Analýza procesu detekcie kolízií v projektovom cykle vo vzťahu k objemu práce a pracovných činností BIM koordinátora. In *Buildustry [elektronický zdroj]*. Roč. 4, č. 2 (2020), CD-ROM, s. 6-9. ISSN 2454-0382.

ADF02 FUNTÍK, Tomáš - ĎUBEK, Marek - MAYER, Pavol. Vplyv osvetlenia pri dokumentovaní priebehu prác na stavenisku pomocou 360 stupňovej fotogrametrie. In *Almanach znalca [elektronický zdroj]*. Roč. 20, č. 2 (2020), CD-ROM, s. 6-10. ISSN 1336-3174.

ADN Vedecké práce v domácich časopisoch registrovaných v databázach Web of Science alebo SCOPUS

ADN01 HONTI, Richard - ERDÉLYI, Ján - BARICZOVÁ, Gabriela - FUNTÍK, Tomáš - MAYER, Pavol. Automated verification of building components using BIM models and point clouds. In *Slovak Journal of Civil Engineering*. Vol. 28, no. 3 (2020), s. 13-19. ISSN 1210-3896. V databáze: WOS: 000580598300003 ; DOI: 10.2478/sjce-2020-0019.

AFC Publikované príspevky na zahraničných vedeckých konferenciách

AFC01 FUNTÍK, Tomáš - MAYER, Pavol - GAŠPARÍK, Jozef. The automation of the process of updating the curing time activity in 4D schedule. In *ISARC 2018 - The Future of Buildings Things [elektronický zdroj] : proceedings of the 35th International Symposium on Automation and Robotics in Construction & International AEC/FM Hackathon. Berlin, Germany, July 20-25, 2018*. 1. vyd. London : International Association for Automation and Robotics in Construction, 2018, online, s. 153-159. ISBN 9728-3-00-060855-1. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85053891417 ; DOI: 10.22260/ISARC2018/0021.

AFC02 FUNTÍK, Tomáš - MAYER, Pavol. The impact of user's experience handling the non-graphical information to the overall reliability of open format IFC. In *INGEO&SIG 2020 [elektronický zdroj] : proceedings of the 8th International Conference on Engineering Surveying & 4th Symposium on Engineering Geodesy. Virtual conference, October 22-23, 2020*. 1. vyd. Zagreb : Croatian Geodetic Society, 2020, online, s. 13-23. ISBN 978-953-59018-3-9.

AFD Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách

AFD01 FUNTÍK, Tomáš - MAYER, Pavol. Tvorba a koordinácia potrubných rozvodov s využitím informačného modelovania stavieb. In *Vzduchotechnika 2020 : zborník prednášok z 20. ročníka medzinárodnej vedecko-odbornej konferencie na tému - Dobrý vzduch si uvedomíme až vtedy, keď ho nemáme... 26. - 27. október 2020, Nový Smokovec - Vysoké Tatry*. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2020, S. 106-111. ISBN 978-80-89878-64-2.

- AFD02 MAYER, Pavol. Analýza využitia parametrických objektov ako podkladu pre metodiku návrhu opatrení BOZP v BIM. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 27th Annual PhD Student Conference on Applied Mathematics, Applied Mechanics, Geodesy and Cartography, Landscaping, Building Technology, Theory and Structures of Buildings, Theory and Structures of Civil Engineering Works, Theory and Environmental Technology of Buildings, Water Resources Engineering*. 25. October 2017, Bratislava, Slovakia. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2017, CD-ROM, s. 253-257. ISBN 978-80-227-4751-6.
- AFD03 MAYER, Pavol. Návrh metodiky na využitie dát zo smart senzorov na aktualizovanie informácií v 3D a 4D BIM modeli. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 28th Annual PhD Student Conference on Applied Mathematics, Applied Mechanics, Building Technology, Geodesy and Cartography, Landscaping, Theory and Environmental Technology of Buildings, Theory and Structures of Buildings, Theory and Structures of Civil Engineering Works, Water Resources Engineering*. October 24th 2018, Bratislava. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 129-134. ISBN 978-80-227-4864-3.
- AFD04 MAYER, Pavol. Analýza možností využitia BIM a bezdrôtových senzorov na účely BOZP. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 29th Annual PhD Student Conference on Applied Mathematics, Applied Mechanics, Building Technology, Geodesy and Cartography, Landscaping, Theory and Environmental Technology of Buildings, Theory and Structures of Buildings, Theory and Structures of Civil Engineering Works, Water Resources Engineering*. October 16th 2019, Bratislava. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2019, CD-ROM, s. 93-98. ISBN 978-80-227-4972-5.
- AFD05 MAYER, Pavol. Vplyv negrafických užívateľských dát v informačnom modeli stavby na procesy ich ďalšieho spracovania. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 30th Annual PhD Student Conference on Applied Mathematics, Applied Mechanics, Building Technology, Geodesy and Cartography, Landscaping, Theory and Environmental Technology of Buildings, Theory and Structures of Buildings, Theory and Structures of Civil Engineering Works, Water Resources Engineering*. October 14th 2020, Bratislava, Slovakia. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2020, CD-ROM, s. 124-127. ISBN 978-80-227-5052-3.
- BDF Odborné práce v ostatných domácich časopisoch**
- BDF01 FUNTÍK, Tomáš - MAYER, Pavol. Návrh opatrení BOZP pomocou BIM. In *Eurostav*. Roč. 23, č. 5 (2017), s. 68-69. ISSN 1335-1249.
- BFA Abstrakty odborných prác zo zahraničných podujatí (konferencie...)**
- BFA01 FUNTÍK, Tomáš - MAYER, Pavol. Analysis of data exchange reliability between various BIM software using open format IFC. In *WMCAUS 2019 [elektronický zdroj] : abstract collection book of the World Multidisciplinary Civil Engineering - Architecture - Urban Planning Symposium*. Praha, ČR, 17. - 21. 6. 2019. 1. vyd. [s. l.] : [s. n.], 2019, CD-ROM, s. 524.
- BFA02 (nezaregistrované)** MAYER, Pavol – FUNTÍK, Tomáš. A Review of Using Virtual Reality for As-Built Quality Checks and Safety Trainings on The Construction Site. V: *18th International Scientific and Practical Conference dedicated to the 90th anniversary of State Higher Education Institution "Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture" Innovative Technologies in Construction, Civil Engineering and Architecture: The Book of Abstracts*. Dnipro, Ukraine: SHEI "Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture" a NGO "Academy of Civil Engineering of Ukraine", s. 123. ISBN 978-966-323-212-6.
- EDJ Prehľadové práce, odborné preklady v časopisoch a zborníkoch**
- EDJ01 FUNTÍK, Tomáš (prekl.) - MAYER, Pavol (prekl.). *STN EN ISO 29481-2 Informačné modely stavieb (BIM). Príručka na odovzdávanie informácií : Časť 2: Rámec interakcie (ISO 29841-2:2012)*. 1. vyd. Bratislava : Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky, 2018. 84 s.