

Igor Svetel¹

BIM KAO DELATNOST ZASNOVANA NA STANDARDIMA I UTICAJ NA GRAĐEVINSKI SEKTOR

Rezime

Informaciono modeliranje građevina (BIM) se danas sastoji od tehnologija, procesa i propisa koji omogućavaju kooperativno projektovanje, izgradnju i eksploataciju građevinskog objekta zasnovano na informacionom modelu. Samo razvoj softvera ne obezbeđuje uspešnu implementaciju BIM procesa i zato se pristupilo izradi većeg broja standarda koji regulišu taj proces. Iako standardi obuhvataju kako oblasti koje se direktno tiču projekatata, izvođača i investitora, tako i oblasti koje su potpuno orijentisane na razvoj softvera, ipak je razumevanje svih standarda potrebno da bi se sagledao ceo obim digitalne transformacije koju donosi BIM i ostvari uspešna primena BIM tehnologija.

Ključne reči

BIM, standardi, građevinska praksa, digitalna transformacija.

BIM AS AN ACTIVITY BASED ON STANDARDS AND IMPACT ON THE AEC SECTOR

Summary

Building Information Modeling (BIM) today consists of technologies, processes and regulations that enable cooperative design, construction and operation of a building based on an information model. Software development alone does not ensure the successful implementation of the BIM process, and therefore a number of standards governing this process have been developed. Although the standards cover areas directly related to designers, contractors and investors, as well as areas that are fully oriented to software development, an understanding of all standards is needed to understand the full scope of digital transformation brought by BIM and achieve successful application of BIM technologies.

Key words

BIM, standards, AEC practice, digital transformation.

¹ dr, naučni saradnik, Inovacioni centar Mašinskog fakulteta, Kraljice Marije 16, Beograd, isvetel@mas.bg.ac.rs

1. UVOD

Informaciono modeliranje građevina (BIM) se danas sastoji od tehnologija, procesa i propisa koji omogućavaju kooperativno projektovanje, izgradnju i eksploataciju građevinskog objekta zasnovano na informacionom modelu. Model na kome se bazira je zajednička digitalna reprezentacija koju koriste svi učesnici u procesu i koja je pouzdan izvor svih informacija potrebnih za donošenje odluka tokom životnog ciklusa građevinskog objekta. BIM u ovom trenutku podrazumeva korišćenje svih vrsta digitalnih reprezentacija informacija, bez obzira da li su one predviđene samo za ljudsku interpretaciju (kao digitalni crteži, dokumenti u PDF formatu i sl.) ili su predviđene za računarsku interpretaciju (Svetel 2020). Samo razvoj softvera i entuzijazam korisnika ne može da uspostavi red u mnoštvu informacija koje odlikuju građevinski sektor, zbog čega se pristupilo razvoju brojnih standarda.

2. UPRAVLJANJE INFORMACIJAMA

U poslednje vreme najveću pažnju privlači skup standarda iz ISO 19650 serije. Ova serija standarda reguliše proces upravljanja informacijama tokom svih faza životnog veka građevine. Standard trenutno sadrži četiri dela, uz još dva u razvoju. Deo 1 (ISO 2018b) definiše osnovne koncepte i principe koji se koriste u svim ostalim delovima, deo 2 (ISO 2018c) se bavi upravljanjem informacijama tokom faze isporuke koja uključuje projektovanje i izgradnju građevine, deo 3 (ISO 2020a) se bavi upravljanjem informacijama tokom operativne faze građevinskog objekta, a deo 5 (ISO 2020b) razmatra problem bezbednosti informacija. Delovi u izradi pokrivaju detaljan opis procesa razmene informacija i zahteve za zdravljem i bezbednošću.

Ovi standardi su zasnovani na najboljim praksama i predstavljaju rezultat skoro decenije primene BIM-a u zemljama gde je uvedena zakonska obaveza njegove primene. Iskustvo je pokazalo da samo softver i standardni formati razmene informacija nisu dovoljni za efektivnu saradnju i izradu BIM modela. Sadržaj standarda se može posmatrati kao lista aktivnosti koje treba sprovesti tokom planiranja, ugovaranja i implementacije upravljanja BIM informacijama da bi se postigao efikasan tok. Standardi takođe preciziraju vrste dokumenata koji treba da sumiraju rezultate planiranja i ugovaranja i koji su deo ugovorne dokumentacije.

Standardi ISO 19650 razlikuju dva smera kretanja informacija. Strana koja inicira proces (tzv. strana koja imenuje) bilo projekat u slučaju projektovanja i izgradnje objekta, bilo fazu u eksploataciji objekta, treba da pripremi dokumente koji jasno navode zahteve za informacijama. Ovi zahtevi su podeljeni u četiri kategorije: 1) organizacioni (OIR) koji se odnose na opštu politiku upravljanja informacijama kompanije, 2) imovinski (AIR) koji definišu odnos prema upravljanju informacijama o imovini, 3) projektni (PIR) koji definišu zahteve za informacijama o konkretnom projektu i 4) zahtev za razmenom informacija (EIR) koji definiše za svaku fazu precizan obim i nivo informacija. Uloga ovih dokumenata je da unapred odrede koje su informacije, u kom obimu, u kom definisanom trenutku, u kom formatu, i za koga, potrebne tokom životnog ciklusa građevine. Ovi dokumenti čine osnovu za proces ugovaranja svake faze projekta ili događaja tokom eksploatacije zgrade.

Za svaki događaj u životnom ciklusu zgrade sprovodi se niz aktivnosti upravljanja informacijama, koji uključuje raspisivanje tendera, planiranje informacija i proizvodnju informacija.

Drugi pravac kretanja informacija kreće od strane tima za isporuku informacija koji se sastoji od vodeće imenovane strane i radnog tima. Na osnovu zahteva za informacijama u procesu tendera oni izrađuju plan sprovođenja BIM-a (BEP). Plan sprovođenja BIM-a je dokument koji navodi kako će tim za isporuku uzeti u obzir zadatke upravljanja informacijama i proizvodnje informacija i takođe daje jasan uvid u njihove BIM kapacitete i sposobnosti. Tima za isporuku informacija definiše kako će ispuniti zahteve iz AIR ili EIR, kako će da obezbedi precizno vreme isporuke informacija, definiše strategiju objedinjavanja (federacije) i strukturu raščlanjivanja za informacione kontejnere, opisuje kako će informacije biti koordinirane sa drugim timovima i uspostavlja preciznu matricu odgovornosti.

Važan aspekt BIM procesa prema standardu ISO 19650 je zahtev da se svim dokumentima, koji moraju biti u digitalnom formatu, treba pristupati i upravljati kroz zajedničko informaciono okruženje (CDE). Funkcionisanje CDE se bazira na informacionim kontejnerima, imenovanim i trajnim kolekcijama informacija. Ime kontejnera treba da prati utvrđenu konvenciju imenovanja koja daje informacije o ulozi informacionog kontejnera i obezbeđuje kontejneru jedinstveni ID. Pored toga, kontejnerima treba dodeliti atribute koji određuju njihovu podobnost (status), reviziju, verziju i klasifikaciju. CDE treba da definiše i postavi strana koja inicira proces (strana koja imenuje) pre tenderskog procesa, tako da se svim tenderskim dokumentima može upravljati kroz CDE.

CDE mora dozvoliti informativnim kontejnerima da prelaze između stanja, da omogući siguran pristup kontejnerima, da garantuje vlasništvo nad kontejnerom čak i u slučaju da autor kontejnera napusti projekat, i da omogući beleženje imena korisnika i datuma kada je izvršena tranzicija. Informacioni kontejneri mogu imati četiri stanja: 1) rad u toku – koji sadrži informacione kontejnere koji su vidljivi samo akterima koji na njima rade, 2) deljeni – informacioni kontejneri koji su provereni i odobreni za deljenje sa drugim akterima u projektu, 3) objavljeni - informacioni kontejneri koje je prihvatio naručilac, i 4) arhivski - informacioni kontejneri koji se čuvaju nakon projekta.

3. MODEL PODATAKA

Počeci razvoja BIM-a su povezani sa idejom o definisanju digitalnog modela građevinskog objekta koji bi na strukturisani način objedinio sve informacije o građevinskom objektu potrebne tokom čitavog njegovog životnog ciklusa. Rezultat tih napora su Osnovne industrijske klase (Industry Foundation Classes – IFC) (ISO 2018a). Razvoj je počeo 1994-te, sa prvom objavljenom verzijom iz 1996-te i postignutim nivoom ISO PAS standarda 2005-te godine. IFC je i konceptualna šema podataka i format datoteke za razmenu podataka. Kao konceptualna šema podataka definiše klase neophodne za predstavljanje svih koncepata koji se odnose na građevinske objekte i objekte infrastrukture tokom njihovog životnog ciklusa. Pošto nije moguće predvideti sve parametre koji čine određene klase, samo oni najčešći su deo osnovnog IFC modela podataka, a uveden je mehanizam za dodavanje novih parametara korišćenjem klase

IfcPropertySet. Kao format datoteke za razmenu, IFC koristi tekstualni format datoteke zasnovan na STEP standardu (ISO 2016) i XML format.

Od samog početka IFC je razvijan da omogući najviši nivo interoperabilnosti među aplikacijama, i sa tim ciljem težilo se podršci za najveći broj informacija, a ne jednom konzistentnom modelu. Mnoge informacije, među njima i sama geometrija mogle su da budu prikazane na različite načine. Različite aplikacije su imale različite pristupe kako zgrade treba da se modeluju, koje informacije su potrebne za razmenu i kako različiti objekti i parametri treba da budu mapirani u IFC šemu (Jeong et al. 2009). Da bi se ostvarila efikasna razmena podataka razvijena je definicija prikaza modela (Model View Definitions - MVD) (buildingSMART 2021b) kao podskup pune šeme podataka koja uključuje samo one podatke koji podržavaju jedan određen tok rada u građevinskom sektoru. Kao način da se odredi koje su informacije potrebne i u koje vreme buildingSMART je razvio priručnik za pružanje informacija (Information delivery manual - IDM), seriju standarda ISO 29481. Prvi deo (ISO 2010) definiše metodologiju za kreiranje dokumenata koji opisuju procese i potrebne podatke i definiše IDM format koji se sastoji od mape interakcije, mape procesa i jednog ili više zahteva za razmenom informacija. Drugi deo (ISO 2012) daje detaljan prikaz načina na koji se strukturise mapa interakcije. IDM predstavlja formalno strukturisan opis nekog radnog toka u građevinskom sektoru na način koji omogućava implementaciju MVD za konkretni radni tok. MVD takođe služi kao osnova za sertifikaciju funkcionalnosti IFC uvoza i izvoza određenog softvera. IFC 2x3 ima samo jedan sertifikacioni MVD, Coordination View 2.0, dok IFC4 ima dva: 1) Reference View koji je sličan Coordination View 2.0, ali je jednostavniji i pokriva samo aspekte koordinacije, i 2) Design Transfer View koji pokriva aspekte razmene modela tako da ih mogu koristiti druge aplikacije.

Serija standarda ISO 12006 razmatra organizaciju informacija o građevinskim radovima. Deo 2 (ISO 2015) daje opšti okvir za klasifikaciju u građevinarstvu. U vreme prvog izdanja 2001. godine odnosio se generalno na problematiku razvoja klasifikacionih sistema u građevinarstvu i nije bio konkretno vezan za BIM. Vremenom, kako su razvijani moderni sistemi klasifikacije građevina u skladu sa standardom kao što su OmniClass i Uniclass i sa razvojem značaja BIM tehnologija u građevinarstvu, drugo izdanje ISO 12006-2 je uključilo BIM u razmatranje.

IFC format je strukturisan a elementi su klasifikovani tako da predstavljaju jedan građevinski objekat u momentu kada se informacija razmenjuje između aplikacija. Ako treba da predstavimo različite faze projekta, potrebno je da napravimo poseban IFC model za svaku fazu. Ali, ako želimo da predstavimo odnose između faza projekta, ili da predstavimo odnose između parametara elemenata modela i kataloga građevinskih proizvoda, ne možemo koristiti IFC model. Za takve potrebe osmišljen je model podataka za kreiranje rečnika (ISO 2007). Ovaj model podataka omogućava definisanje pojmova u građevinarstvu pomoću računarskih struktura koje definišu svojstva, grupe pojmova i odnose između pojmova i omogućava njihovu računarsku interpretaciju. Svaki pojam je identifikovan globalno jedinstvenim identifikatorom (GUID) i sadrži višejezične oznake i opise. Na taj način svaki koncept je jedinstveno identifikovan i omogućen je automatski prevod između različitih jezika. Trenutno buildingSMART pruža uslugu korišćenja buildingSMART Data Dictionary (bSDD) koji predstavlja implementaciju ISO 12006-3 modela podataka (buildingSMART 2021a) Ovaj servis je još uvek u razvoju i trenutno

uključuje nove pristupe zasnovane na međusobno povezanim rečnicima podataka. Kombinuje koncepte iz mnogih sistema klasifikacije kao što su CCI Construction, ETIM, NL-SfB, Uniclass 2015, itd. Takođe služi kao centralno skladište svih IFC svojstava (IfcPropertySet).

Standard ISO 23387 je nastao iz praktične potrebe da se definiše standardni način strukturiranja informacija o građevinskim proizvodima (ISO 2020d). Ovaj standard definiše strukturu podataka koja grupiše definicije svojstava iz rečnika podataka kreiranih u skladu sa ISO 12006-3 kako bi se odgovorilo na specifične potrebe kao što su: zajednički način pružanja informacija o proizvodima, strukturisanje informacija o proizvodu u skladu sa specifičnim tržišnim standardima ili kreiranje zahteva za informacijama.

Prema ISO 19650-2 (ISO 2018c) u završnoj fazi svakog projekta ostvaruje se isporuka informacija koje su organizovane u okviru informacionih kontejnera koji imaju različite strukture i sadržaje. Serija standarda ISO 21597 bavi se problemom kako specificirati odnose između informacionih kontejnera da bi se omogućio lakše pronalaženje informacija. Deo 1 (ISO 2020e) definiše format kontejnera koji se sastoji od datoteke zaglavlja i opcionih datoteka veza koje definišu odnose između dokumenata ili elemenata unutar njih. Informacije u datotekama zaglavlja i linkova definisane su korišćenjem standarda semantičkog veba RDF, RDFS i OWL. Deo 2 (ISO 2020f) definiše dalju specijalizaciju generičkih tipova veza navedenih u ISO 21597-1 dodavanjem uobičajenih tipova veza koji omogućavaju dodavanje informacija o sadržaju kontejnera i time ih čine razumljivim za ljude.

4. OSTALI STANDARDI

Prva ideja kod razvoja bSDD-a je bila da se napravi jedan sveobuhvatni rečnik koji bi uključio sve pojmove u AEC građevinarstvu. Međutim, kako je došlo do razvoja većeg broja nezavisnih rečnika podataka, razvijen je novi pristup sa više međusobno povezanih rečnika. Pošto proces kreiranja rečnika podataka zahteva da odobreni stručnjaci za određeni domen unose i održavaju sadržaj, ovakav decentralizovani pristup zahteva standardizovan način upravljanja rečnicima. U tom cilju standard ISO 23386 (ISO 2020c) definiše metodologiju za opisivanje, autorizovanje i održavanje svojstava u međusobno povezanim rečnicima podataka i služi kao procedura koja osigurava kvalitet rečnika podataka. Takođe, standard daje opsežnu listu atributa koji se moraju koristiti za opisivanje svojstava u rečnicima podataka.

Tradicionalno, nivo informacija u građevinskom sektoru je određen razmerom crteža. Sa početkom primene BIM modela, postavilo se pitanje kako odrediti nivo potrebnih digitalnih informacija. Jedno rešenje je bio Nivo razvoja (Level of Development - LOD) (BIMForum 2020) koncept koji opisuje stepen razrade BIM informacija prema unapred definisanim nivoima (100, 200, 300, 350 i 400). Dokument daje detaljan opis nivoa za svaki element zgrade i redovno se ažurira. Standardi ISO 19650 ne koriste koncept LOD-a, nego navode da razmena informacija treba da bude u skladu sa odgovarajućim nivoom kako bi se sprečila isporuka previše informacija. Standard EN 17412 (CEN 2020) uspostavlja okvirnu strukturu za nivo potrebnih informacija. On ne predviđa unapred definisane nivoe, već uspostavlja opšte principe za specifikaciju nivoa potrebnih

informacija. Cilj je da se uspostavi fleksibilni okvir koji može odrediti preciznu granularnost informacija za specifičnu razmenu informacija, umesto da se koriste unapred definisani nivoi.

Format BIM saradnje (BIM Collaboration Format - BCF) (buildingSMART 2017) je razvijen kao standard za upravljanje problemima vezanim za BIM model. Ima dve implementacije: 1) kao otvoreni format podataka zasnovan na XML-u koji podržava saradnju zasnovanu na datotekama i 2) kao bcfAPI koji omogućava razvoj usluga zasnovanih na serveru. Koristeći BCF, učesnik u procesu kreira temu koja ima naslov, opis, rok i druge informacije koje su povezane sa određenom pozicijom pogleda u okviru BIM modela i jedinstvenim identifikatorima (GUID) obuhvaćenih elemenata zgrade. Na taj način nije potrebno razmenjivati nikakve elemente modela, a svaki učesnik u projektu može kreirati, sortirati, istraživati i rešavati probleme direktno u svom BIM modelu.

5. UTICAJ NA GRAĐEVINSKI SEKTOR

Nakon perioda u kome je bio dominantan samo razvoj softvera što je dovelo do mnogih potencijalnih korisnika BIM tehnologija u nedoumicu šta je pravi izbor i često rezultovalo prilagođavanjem procesa zahtevima pojedinačnog softvera, sadašnji trenutak u razvoju BIM-a odlikuje nov pristup zasnovan na standardizaciji različitih aspekata digitalnog procesa.

Uvažavajući činjenicu da građevinski sektor teško napušta tradicionalne reprezentacije kao što su planovi standardi se odnose na informacije u digitalnom formatu bez obzira da li je on namenjen samo ljudskoj interpretaciji ili je moguća računarska interpretacija. Digitalizacija građevinskog sektora nije laka misija, pogotovo što je ceo sektor fragmentiran i međusobno odvojen. Da bi se postigli vidljivi rezultati, neophodno je promeniti ovu situaciju i ostvariti veću saradnju svih učesnika u procesu što je i cilj BIM standarda. Serija ISO 19650 standarda je posebno korak u tom pravcu jer postavlja temelje koji omogućavaju svim učesnicima da bolje razumeju svoju poziciju i odgovornosti tokom BIM procesa. Jasna definicija zahteva za informacijama i proces ugovaranja BIM projekta pruža sigurnost organizacijama koje isporučuju BIM modele da je ono što rade upravo ono što se očekuje. S druge strane, izrada plana sprovođenja BIM-a od strane organizacije koja isporučuje informacije garantuje inicijatoru projekta da će dobiti ono što očekuje. Na taj način se jača poverenje svih učesnika u BIM proces i stvara osnova za veću saradnju učesnika. Drugi standardi kao Format BIM saradnje i nivo potrebnih informacija dodatno pomažu u ostvarivanju kooperativnog radnog okruženja i pojačavaju mogućnost saradnje među svim učesnicima u procesu.

Ostali standardi podržavaju šire povezivanje informacija o građevinskim objektima van osnovnog modela kakav je definisan IFC formatom i predstavljaju osnove za modele zasnovane na informacijama koje se računarski interpretiraju čime će se ostvariti osnove za integrisane BIM sisteme koji u potpunosti povezuju sve discipline povezane sa građevinskim sektorom u jedno računarsko okruženje .

Treba prihvatiti da je BIM novi medij za digitalnu reprezentaciju arhitektonskih i građevinskih projekata, nov način da svi učesnici u lancu projektovanja, izvođenja i eksploatacije građevinskih objekata izraze svoje ideje, očekivanja, rešenja, izveštaje itd.

6. ZAKLJUČAK

Sve veći broj standarda koji se pojavljuju u poslednje vreme pružaju podršku za digitalnu transformaciju celog građevinskog sektora, međutim ne predstavljaju rešenje sami po sebi. Potrebno je dobro razumevanje namene svakog standarda, njihove međusobne povezanosti kao i njihovih ograničenja da bi se ostvarila uspešna digitalna transformacija. Takođe postoje i naponi da se razviju nove konceptualne šeme koje bi pružale adekvatni pogled na korišćenje informacionih tehnologija u građevinskom sektoru obzirom da tradicionalno ne postoje teoretske osnove celog procesa, već se ceo razvoj zasniva na svakodnevnoj praksi (Succar, Poirier 2020). Da bi se ostvario pravi napredak standarde ne treba posmatrati kao formalne zahteve koje treba zadovoljiti, već kao uputstva ili kontrolne liste koje služe za ostvarivanje efikasnog kolaborativnog stvaranja i korišćenja informacija o građevinskim objektima. Kvalitet informacija, mogućnost njihovog korišćenja od strane svih učesnika u procesu, bez gubitaka i tokom celog životnog ciklusa građevine je suština digitalne transformacije građevinskog sektora.

BIM nije gotov proizvod, već tehnologija u razvoju i za uspešnu primenu neophodno je da arhitekti, inženjeri, izvođači, investitori, proizvođači materijala i opreme i svi ostali učesnici u procesu razumeju značaj informacija i da budu upoznati sa BIM standardima da bi bili u mogućnosti da razvoj usmere u skladu sa potrebama struke.

LITERATURA

- BIMForum. (2020). *Level of Development (LOD) Specification* <https://bimforum.org/lod/>
- buildingSMART. (2017). *BIM Collaboration Format (BCF)*. <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/bim-collaboration-format-bcf/>
- buildingSMART. (2021a). *buildingSMART Data Dictionary*. <http://bsdd.buildingsmart.org/>
- buildingSMART. (2021b) *Model View Definitions (MVD)*. <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/model-view-definitions-mvd/>
- CEN. (2020). *Building Information Modelling - Level of Information Need - Part 1: Concepts and principles*. (EN 17412-1:2020). https://standards.cencenelec.eu/dyn/www/f?p=CEN:110:0:::FSP_PROJECT,FSP_ORG_ID:64241,1991542&cs=16FB24B5565D2877CE747B42A7E8B934B
- ISO. (2007). *Building construction — Organization of information about construction works — Part 3: Framework for object-oriented information*. (ISO 12006-3:2007). <https://www.iso.org/standard/38706.html>
- ISO. (2010). *Building information modelling — Information delivery manual — Part 1: Methodology and format*. (ISO 29481-1:2010). <https://www.iso.org/standard/45501.html>
- ISO. (2012). *Building information models — Information delivery manual — Part 2: Interaction framework*. (ISO 29481-2:2012). <https://www.iso.org/standard/55691.html>
- ISO. (2015). *Building construction — Organization of information about construction works — Part 2: Framework for classification*. (ISO 12006-2:2015). <https://www.iso.org/standard/61753.html>

- ISO. (2016). *Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 21: Implementation methods: Clear text encoding of the exchange structure*. (ISO 10303-21:2016). <https://www.iso.org/standard/63141.html>
- ISO. (2018a). *Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema*. (ISO 16739-1:2018). <https://www.iso.org/standard/70303.html>
- ISO. (2018b). *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles*. (ISO 19650-1:2018). <https://www.iso.org/standard/68078.html>
- ISO. (2018c). *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets*. (ISO 19650-2:2018). <https://www.iso.org/standard/68080.html>
- ISO. (2020a). *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 3: Operational phase of the assets*. (ISO 19650-3:2020). <https://www.iso.org/standard/75109.html>
- ISO. (2020b). *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 5: Security-minded approach to information management*. (ISO 19650-5:2020). <https://www.iso.org/standard/74206.html>
- ISO. (2020c). *Building information modelling and other digital processes used in construction — Methodology to describe, author and maintain properties in interconnected data dictionaries*. (ISO 23386:2020). <https://www.iso.org/standard/75401.html>
- ISO. (2020d). *Building information modelling (BIM) — Data templates for construction objects used in the life cycle of built assets — Concepts and principles*. (ISO 23387:2020). <https://www.iso.org/standard/75403.html>
- ISO. (2020e). *Information container for linked document delivery — Exchange specification — Part 1: Container*. (ISO 21597-1:2020). <https://www.iso.org/standard/74389.html>
- ISO. (2020f). *Information container for linked document delivery — Exchange specification — Part 2: Link types*. (ISO 21597-2:2020). <https://www.iso.org/standard/74390.html>
- Jeong, Y.-S., Eastman, C.M., Sacks R., and Kaner I. (2009). Benchmark tests for BIM data exchanges of precast concrete. *Automation in Construction*. vol. 18, pp. 469-484. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.11.001>
- Succar, B., Poirier, E., (2020). Lifecycle information transformation and exchange for delivering and managing digital and physical assets, *Automation in Construction*, Volume 112, 103090, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103090>.
- Svetel, I. (2020). Document vs. Model Based Digital Design Process. in R. Bogdanovic, (Ed.), *On Architecture: Learning Architecture*, (pp. 35-41). Strand.