



SMJERNICE ZA

BIM PRISTUP U **INFRASTRUKTURNIM** **PROJEKTIMA**



Hrvatska komora
inženjera građevinarstva

Smjernice za BIM pristup u infrastrukturnim projektima



Hrvatska komora
inženjera građevinarstva

Nakladnik

Hrvatska komora inženjera građevinarstva

Za nakladnika

Nina Dražin Lovrec, dipl. ing. građ., predsjednica Komore

Autori

Filip Andabaka
Zlata Dolaček-Alduk
Anton Ecimović
Dražen Galić
Mirko Grošić
Martina Pavlović Cerinski
Denis Šimenić
Hrvoje Šolman

Koordinator

Igor Džajić

Recenzent

Dina Stober

Likovno oblikovanje i prijelom

Tanja Vrančić

Program: Smjernice za BIM pristup u infrastruktturnim projektima
Copyright © Hrvatska komora inženjera građevinarstva

Tisak

Tiskara Zelina d.d.
Katarine Krizmanić 1
Sveti Ivan Zelina

Naklada

1000 kom.

ISBN BROJ

ISBN 978-953-49360-1-6

Zagreb, svibanj 2021.

SADRŽAJ

1	Uvod	7
1.1	Općenito o BIM-u	9
1.1.1	Analiza pokrate BIM	9
1.1.2	Definicija BIM pristupa	9
1.1.3	Mitovi ili pogrešne interpretacije BIM pristupa	10
1.2	BIM pristup u niskogradnji	11
1.3	Pristup i ciljevi publikacije	11
2	BIM pristup	13
2.1	Specifičnosti infrastrukturnih projekata općenito	13
2.2	Najčešći razlozi izbjegavanja primjene BIM pristupa u infrastrukturnim projektima	13
2.3	BIM postupci	14
2.3.1	BIM postupci tijekom projektiranja	15
2.3.1.1	Kreiranje 3D okoliša (postojećega stanja)	15
2.3.1.2	Analize postojećega stanja	18
2.3.1.3	Izrada i analiza varijantnih rješenja	18
2.3.1.4	Izrada vizualizacija	22
2.3.1.5	Generiranje ploha i njihova analiza	23
2.3.1.6	Analize projektnih rješenja	24
2.3.1.7	Provjera usklađenosti sa standardima	27
2.3.1.8	Iskazi količina i procjene troškova	27
2.3.2	BIM postupci u koordinaciji i kolaboraciji	28
2.3.2.1	Analiza kolizija (engl. Clash Detection)	28
2.3.3	BIM postupci za vrijeme građenja	33
2.3.3.1	Korištenje na gradilištu (BIM za mobilne uređaje)	33
2.3.3.2	Lasersko skeniranje	33
2.3.3.3	GPS navođenje	34
2.3.3.4	Koordinacija, organizacija i logistika gradilišta	35
2.3.3.5	Praćenje napretka građenja	35
2.3.4	BIM postupci tijekom održavanja	36
2.3.4.1	Ažuriranje (evolucija) modela	36
2.3.4.2	Tehnički pregled građevine (primopredaja vlasniku)	37
2.3.4.3	Upravljanje imovinom	37
2.3.4.4	Upravljanje linijskim prijevoznim sustavima	39
2.4	Pregled BIM alata	39
2.4.1	Uvod	39
2.4.2	Pregled najraširenijih BIM alata iz područja infrastrukturnih građevina	39
2.4.2.1	Platforma Autodesk	39
2.4.2.2	Platforma Bentley	40
2.4.2.3	Ostali (lokalni) dobavljači BIM kompatibilnih alata	41
2.4.2.4	Elementi koji se uzimaju u obzir pri odabiru BIM platforme	41
2.4.3	BIM alati za idejna rješenja i idejne projekte	41
2.4.4	BIM alati za glavne projekte	43
2.4.4.1	Općenito	43
2.4.4.2	Aplikacije Civil 3D i OpenRoads	44
2.4.4.3	Bentley MX Road	48
2.4.4.4	Plateia	49
2.4.4.5	Card_1	49
2.4.4.6	Urbano	50
2.4.4.7	Autodesk Revit	51
2.4.5	BIM alati u izvođenju	51
2.4.6	BIM alati u postupcima održavanja	53
2.4.6.1	Općenito	53
2.4.6.2	ARCHIBUS	54
2.4.6.3	BRIDGE SMS	54
2.4.6.4	ECODOMUS	55
2.4.6.5	YouBIM	56
2.5	Suradnja na projektu	57
2.5.1	Osnovne postavke i prednosti pravilne komunikacije na projektima	57

2.5.2	CDE platforme	59
2.5.2.1	Što je CDE?	59
2.5.2.2	Zašto implementirati CDE?	60
2.5.2.3	U kojemu je obliku CDE?	61
2.5.2.4	Kako koristiti CDE?	61
2.5.2.5	Osnovne značajke kvalitetne okoline za razmjenu BIM projekata	63
2.5.2.6	Koje su prednosti korištenja CDE-a?	63
2.5.2.7	Tko je odgovoran za pokretanje i vođenje CDE-a?	64
2.5.2.8	Tko je vlasnik informacija u CDE-u, a tko njihov domaćin?	64
2.5.2.9	Popis trenutno poznatih BIM CDE platformi	64
2.5.3	Interoperabilnost	65
2.5.3.5	IFC standard	65
2.5.3.6	Zatvoreni formati za komunikaciju (proprietary formati)	66
2.5.3.7	Ostali formati za komunikaciju	67
3	Razine razvoja BIM modela (LOD) za infrastrukturne projekte	68
3.1	Općenito o LOD-u	68
3.2	Problematika kreiranja optimalnih LOD-ova	68
3.3	Pregled razina razvijenosti	70
3.3.1	LOD 100 – koncept	71
3.3.2	LOD 200 – približna geometrija	71
3.3.3	LOD 300 – precizna geometrija	72
3.3.4	LOD (350)400 – izvedbeni projekti	72
4	Ključni procesi u implementaciji BIM-a na razini tvrtki i projekta	73
4.1	Ključni proces implementacije BIM-a na razini tvrtke/organizacije	73
4.2	Ključni procesi implementacije BIM-na razini projekta	77
5	BIM u obrazovanju	78
6	BIM i Lean Construction	80
6.1	Što je to Lean i što su to Lean principi?	80
6.2	Lean Construction	81
6.3	Interakcija i sinergija BIM-a i Leana – BIM Lean Construction	82
7	BIM u graditeljskom procesu	86
7.1	Ugovorni pristupi u graditeljstvu	86
7.1.1	Pristup odvojenoga ugovaranja projektiranja i izvođenja (Design – Bid – Build – DBB)	86
7.1.2	Pristup integralnoga ugovaranja projektiranja i izvođenja (Design – Build – DB)	88
7.1.3	Ostali pristupi ugovaranju	88
7.2	Odnos BIM modela i standardne projektne dokumentacije	89
7.2.1	O BIM modelu općenito	89
7.2.2	3D model u niskogradnji. Uloga 2D prikaza	90
7.2.3	Odnos projekta i BIM modela na infrastrukturnim projektima	91
7.2.4	Kreiranje BIM modela u infrastrukturnim projektima	91
7.2.5	Upute za kreiranje BIM modela u infrastrukturnim projektima	92
7.2.6	Integralni BIM model. Agregatni model	93
7.3	Tranzicija BIM modela u različitim fazama projekta	93
7.3.1	Uvod	93
7.3.2	BIM model u fazi idejnih rješenja i idejnih projekata	94
7.3.3	BIM model u fazi glavnih projekata	94
7.3.4	BIM model u fazi izvođenja (izvedbeni projekt)	95
7.3.5	BIM model izvedenoga stanja	95
8	Osnovni BIM dokumenti	96
8.1	Specifikacija zahtjeva naručitelja za BIM (EIR)	96
8.2	Plan izvršenja BIM poslova (BEP)	101
Literatura		103
Mrežne stranice		104
Tablice LOD-ova po najčešćim tipovima građevina u infrastrukturnim projektima		106
GEODEZIJA		106
PROMETNICE		107
MOSTOVI		122
HIDROTEHNIKA		140
INSTALACIJE		154

UVODNA RIJEČ PREDSEDNICE HKIG-a

Nakon prvih *Općih smjernica za BIM pristup u graditeljstvu* Hrvatska komora inženjera građevinarstva, potaknuta tehnološkim trendom kretanja projekata na tržištu i planiranim brojem infrastrukturnim investicijama na državnoj razini, pokrenula je izradu novih i specijaliziranih smjernica – *Smjernica za BIM pristup u infrastrukturnim projektima*.

U razvijenim zemljama svijeta BIM je već neko vrijeme standard rada, a prednosti BIM pristupa prepoznate su na svim društvenim razinama. Od 2017. kada su izdane prve smjernice do danas broj projekata s djelomičnom ili potpunom implementacijom BIM pristupa rapidno je porastao te je velik broj tvrtki i organizacija pokrenuo vlastitu prilagodbu dosadašnjega standarda rada novome, tehnološki naprednome pristupu. Zahtjev za BIM-om često je dio projekata sufinanciranih EU-ovim sredstvima, a sa sobom osim tehnološki naprednih alata nosi niz definiranih postupaka, uloga i odgovornosti koji omogućuju kompletniji i centralizirani pristup cjelovitome vijeku projekta.

Smjernice pred vama razmatraju cjelovitu primjenu BIM pristupa u infrastrukturnim projektima i možete ih koristiti kao alat koji omogućuje integraciju rezultata vaših inženjerskih zadaća kako bi smanjili mogućnost neusklađenih tehničkih rješenja i skratili vrijeme potrebno za eventualne promjene u projektu.

Izradom ovih smjernica još jednom se šalje jasna i jednoznačna poruka kako hrvatske tvrtke u svojem radu trebaju primjenjivati BIM pristup radi povećanja konkurentnosti na domaćemu i stranome tržištu. Na taj način može se podići razina kvalitete projektiranja i građenja te se u konačnici mogu smanjiti troškovi izgradnje i održavanja građevina.

Timu koji je izradio Smjernice zahvaljujem na uloženoj trudu, a Komora kao udruženje stručnih i odgovornih profesionalaca i dalje će proaktivno usmjeravati aktivnosti prema zaštiti interesa svojih članova i odgovarajućemu pozicioniranju struke u društvu.

U Zagrebu, svibanj 2021.



Nina Dražin Lovrec, dipl. ing. građ.
predsjednica Hrvatske komore inženjera građevinarstva



1 Uvod

Razvoj i implementacija novih tehnologija imaju velik utjecaj na pojedince, šire skupine ljudi ili društvo u cjelini. Može se primijetiti to da se skraćuje vrijeme utjecaja novih tehnologija, odnosno da tehnologije koje nude nove koncepte temeljito mijenjaju određene djelatnosti u relativno kratkome vremenu. To je posebno vidljivo u razvoju digitalnih tehnologija. Nešto što je prije samo dvadesetak godina većini ljudi bilo nezamislivo danas je uobičajeno i nezaobilazno. To u kojoj ćemo mjeri prihvatiti nove digitalne tehnologije ne ovisi samo o nama samima, već i o okruženju koje diktira nova pravila ponašanja, trendove i zahtjeve.

Kada pokušavamo analizirati graditeljstvo u smislu prihvatanja novih tehnologija, možemo primijetiti da su određeni segmenti graditeljstva skloniji uvođenju novih digitalnih tehnologija, dok se neki segmenti sporije prilagođavaju. Tako je, na primjer, za uvođenje CAD tehnologije u projektiranju trebalo manje vremena, dok se sektor izvođenja sporije prilagođavao novim trendovima.

BIM (engl. *Building Information Modelling*) spada u novije digitalne tehnologije čiji je cilj područje graditeljstva. BIM pristup razmatra, predlaže i definira cijeli niz rješenja i preporuka čija je svrha poboljšanje procesa u graditeljstvu kao cjelini.

Graditeljstvo jest djelatnost u kojoj u jednome projektu sudjeluje velik broj sudionika. Krucijalan je problem pravodobna razmjena svih potrebnih i ažurnih informacija u svakome trenutku projekta. Ciljevi BIM pristupa jesu standardiziranje tijeka informacija, primjena novih softverskih tehnologija i postupaka koji omogućuju veću kontrolu, brže i kvalitetnije analize te učinkovitiji tijek cijeloga projekta. Ova publikacija, **Smjernice za BIM pristup infrastrukturnim projektima**, jest prvi integralni tekst u Hrvatskoj koji razmatra cjelovitu primjenu BIM pristupa u području infrastrukture. S obzirom na to da se većina istraživanja i materijala odnosi na primjenu BIM-a u visokogradnji, očekujemo da će ovaj materijal biti koristan svim sudionicima u infrastrukturnim projektima.

Prema nekim prihvaćenim teorijama, graditeljstvo se kao svjesna i planirana djelatnost ljudi usmjerena na izgradnju privremenih ili stalnih građevina veže uz početak čovjekova organiziranog bavljenja poljoprivredom. Prvobitne građevine služile su za stanovanje, zaštitu i spremanje poljoprivrednih proizvoda. Prema tome, graditeljstvo je jedna od najstarijih organiziranih djelatnosti ljudi. Graditeljstvo se kontinuirano razvija i prilagođava potrebama čovjeka. Napredak graditeljstva kroz povijest očit je; građevine koje su se gradile često su za svoje doba predstavljale društvenu i tehnološku inovaciju, svjedočile su kontinuiranoj težnji čovjeka ka poboljšanju, usvajanju i primjeni novih znanja, tehnika i materijala. U povijesti su graditelji bili vrlo cijenjeni i imali su poseban društveni status i povlastice. U suvremeno doba graditeljstvo je vrlo bitna komponenta svjetske ekonomije i ima znatan udio u globalnoj ekonomiji. Pred graditeljstvo postavljaju se sve veći, stroži i složeniji zahtjevi koji idu u različitim smjerovima. Tako se zahtijeva to da građenje postane učinkovitije, ekonomičnije, kvalitetnije, funkcionalnije i da zadovoljava sve strože zahtjeve očuvanja prirodnoga okoliša. Također, fokus se sve više pomiče prema fazi korištenja građevina, gdje su zahtjevi usmjereni prema samoodrživosti i minimalnome utrošku energije kroz njihov cijeli životni ciklus.

Građevine, osobito građevine u području niskogradnje, imaju znatan utjecaj na okoliš. Područja zahvata mogu biti vrlo velika i u znatnoj mjeri mijenjaju izgled, uvjete funkcioniranja i stanje okoliša prije zahvata. Planiranje projekata postaje sve složenije jer probuđena svijest o utjecaju čovjekova djelovanja na sveukupni prostor postavlja nove izazove pred sve sudionike u graditeljstvu. Novi pristupi planiranju i projektiranju (npr. holistički pristup) uzimaju u obzir sve više parametara i informacija te zahtijevaju uravnotežene i održive odluke.

Uobičajena percepcija graditeljstva u suvremeno doba jest ta da graditeljstvo ima velike potencijale za poboljšanje, za veću profitabilnost i učinkovitost. Poboljšanje svih graditeljskih procesa tema je mnogih istraživanja, studija i prijedloga. S druge strane graditeljstvo se još uvijek percipira kao tradicionalna djelatnost relativno inertna i nesklona znatnijim promjenama.

BIM pristup pojavio se kao cjeloviti koncept koji graditeljstvo kao djelatnost pokušava učiniti učinkovitijim. U ovoj publikaciji pokušat ćemo objasniti kako BIM koncepte i tehnologiju možemo primijeniti u poboljšanju graditeljskih procesa infrastrukturnih projekata. BIM svakako nije čarobni štapić koji jednim zamahom može riješiti očite probleme u graditeljstvu, međutim implementacija BIM pristupa svakako može usmjeriti graditeljstvo prema većoj učinkovitosti i profitabilnosti. Inauguracija BIM tehnologije već je doprinijela poboljšanju graditeljstva. Naime, pojava BIM tehnologije izazvala je pozornost ne samo sudionika u graditeljstvu, već i

širega kruga zainteresiranih. Graditeljstvo je došlo u fokus mnogih rasprava i analiza. Svjedoci smo vrlo intenzivnih rasprava o prirodi BIM-a i njegovoj uporabivosti koje se kreću od panegirika do potpunoga osporavanja. Sudionici u graditeljstvu “probudili su se”, propituju svoje uloge i odgovornosti u graditeljskim procesima, upozoravaju na probleme i prepreke s kojima se susreću u obavljanju djelatnosti i predlažu neka rješenja. Možemo zaključiti da će ova “BIM bura” svakako iznjedriti pozitivne utjecaje na graditeljstvo u cjelini.

1.1 Općenito o BIM-u

1.1.1 Analiza pokrate BIM

Kada se opisuje BIM pristup, prije toga svakako treba analizirati pojam, odnosno pokratu BIM. Na temelju pregleda pojmova sličnih i sukladnih koncepata informacijskoga modeliranja građevina (Succar 2009) može se zaključiti to da je građevinska industrija kao i sektor informacijske tehnologije prihvatio pokratu BIM kao integralan pojam. Kao i mnoge druge nove pokrate, podrijetlo pokrate BIM jest u engleskome jeziku. Pojedina slova u pokratu opisuju se kao:

- **BIM – *Building*.** Engleska riječ “Building” označava zgradu ili građenje. U engleskoj inženjerskoj praksi taj se pojam odnosi na visokogradnju, no njezino bi značenje svakako trebalo proširiti na cijelo građevinarstvo (graditeljstvo), i na visokogradnju i na niskogradnju.
- **BIM – *Information*.** Engleska riječ “Information” označava informaciju. Informacija se definira kao koristan podatak koji pomaže u donošenju odluka ili provođenju aktivnosti u najširem smislu te riječi.
- **BIM – *Model, Modelling, Management*.** Ta tri pojma nisu sinonimi, već različiti pojmovi koji se često koriste u kratici BIM. Ni za jedan od tih pojmova ne može se reći ni da je neispravan ni da je isključivo točan. Model se odnosi na digitalni model građevine (cesta, zgrada, odvodnja); to je stvar ili proizvod. Modeliranje (*Modelling*) jest skup aktivnosti koje se izvode pri kreiranju modela. Upravljanje (*Management*) ima najšire značenje, uključuje i modeliranje, ali i ukupno upravljanje informacijama i procesima u graditeljstvu.

Inače, suvremeni razvoj svih djelatnosti u svijetu vrlo je dinamičan i uvelike nadmašuje mogućnost pronalazanja jasnih i logičnih riječi koje bi nedvosmisleno opisale složene pojmove i složenice. Ponekad pokušaji da se uvriježene pokrate prevedu na hrvatski jezik rezultiraju nejasnim ili čak pogrešnim prijevodima. Problem je to veći jer su u hrvatski jezik prije preuzete određene strane riječi kojima je s vremenom dano neko drugo značenje, na primjer, engleska riječ “design” i hrvatska riječ “dizajn” imaju različito značenje. Engleska riječ “design” u prijevodu označava projektiranje, a u hrvatskom je jeziku pojam “dizajn” vezan uz oblikovanje. Takvih primjera ima dosta i zato su autori u ovim smjernicama uglavnom koristili engleske pokrate uz iscrpno objašnjenje njihova stručnog značenja.

1.1.2 Definicija BIM pristupa

U literaturi se mogu pronaći mnoge definicije BIM pristupa, koje se pomalo razlikuju, ali u biti opisuju cijelu tehnologiju na sličan način. Prema Arayici (2015), “BIM se definira kao koncept koji želi integrirati procese u graditeljstvu. Naglasak je na stvaranju i ponovnoj uporabi konzistentnih digitalnih informacija od strane svih sudionika u graditeljskom procesu kroz cijeli životni ciklus građevine. BIM uključuje metodologiju koja se bazira na suradnji svih sudionika kroz izmjenu važnih informacija korištenjem informatičkih i komunikacijskih tehnologija. Takva suradnja se vidi kao rješenje fragmentiranosti koje postoji u graditeljstvu i koje uzrokuje nedovoljnu efikasnost i druge probleme”.

Iz gornje je definicije razvidno to da je BIM pristup prepoznao ključni problem u graditeljstvu, a koji se svodi na nedostatak potpune i pravodobne razmjene informacija među svim sudionicima u projektu. Tradicionalno je graditeljstvo fragmentirano, odnosno podijeljeno u faze planiranja, projektiranja, građenja te korištenja i održavanja određene građevine. Kontinuirani, konzistentni i potpuni tijek informacija među fazama projekta postoji vrlo rijetko. Razmjena informacija i unutar jedne faze nije potpuna i konzistentna.

Problem fragmentiranosti graditeljstva prilično je dubok, a njegov je izvor u prevladavajućemu konceptu odvojenoga ugovaranja poslova projektiranja i izgradnje. Koncept *Design – Bid – Build*, koji je tradicionalan u graditeljstvu, u svijetu prilično strogo odvađa djelatnosti projektiranja i izvođenja radova. Kontinuitet prenošenja informacija među tim fazama narušen je, što uzrokuje mnoge probleme u obliku nedostatka informacija ili njihova pogrešnog interpretiranja. Upravo ta fragmentiranost i nedostatak iskustva u interdisciplinarnoj i istodobnoj suradnji poticaj su za primjenu BIM alata i multidisciplinarnu suradnju.

U modernome graditeljstvu postoji velik broj sudionika koji su često na raznim lokacijama. Bez obzira na opseg doprinosa pojedinih sudionika, njihov rad uvijek mora biti u najvećoj mjeri koordiniran i temeljen na rele-

vanjnim i ažurnim informacijama. Postojeće metode razmjena informacija nisu dostatne, bilo da su bazirane na papirnatosti bilo na digitalnoj dokumentaciji. BIM pristup pruža rješenje za taj problem kroz pravodobnu i kompletnu razmjenu informacija i obavješćavanje svih relevantnih sudionika o potrebnim aktivnostima.

I bez BIM pristupa većini je sudionika u gradnji jasno i prihvatljivo to da bi faza planiranja i projektiranja trebala imati veću važnost jer kvalitetna projektna dokumentacija sigurno znači manje problema u građenju. Nažalost, u praksi to nije tako. Kvaliteta projektna dokumentacije zbog raznih razloga (kratki rokovi, manji budžeti za prikupljanje i interpretiranje važnih informacija) nije dovoljna i problemi nastaju tijekom građenja, a tada ih je najskuplje otklanjati. Problem nedostatnih i kvalitetnih informacija prenosi se i u fazu korištenja i održavanja građevine. Naime, sve informacije kreirane i prikupljene u fazama projektiranja i građenja ne prenose se na odgovarajući način, što uzrokuje probleme u fazi održavanja građevine.

Upravo jedan od postulata BIM pristupa prepoznaje taj problem. BIM pristup predlaže izradu kvalitetnih digitalnih modela u 3D obliku sa sveobuhvatnim skupom svih važnih informacija. Takav BIM model osnova je za prepoznavanje mogućih defekata, problema i neusklađenosti u ranoj fazi kreiranja neke građevine.

U teoriji BIM pristupa BIM model trebao bi se kreirati u inicijalnoj fazi projektiranja (npr. idejna rješenja) i potom kroz daljnje faze projektiranja (idejni projekt, glavni projekt) nadopunjavati i dorađivati da bi postao osnova za izvođenje. Daljnjom doradom u fazi izvođenja prema realno izvedenom stanju, BIM model trebao bi točno i potpuno predstavljati izvedenu građevinu. Takav konačni BIM model trebao bi biti osnova za kvalitetno korištenje i održavanje građevine.

1.1.3 Mitovi ili pogrešne interpretacije BIM pristupa

BIM pristup, kako je opisan u prethodnome poglavlju, jest koncept koji pokušava naći neka rješenja za fragmentiranost i neučinkovitost graditeljstva. BIM je zapravo okvir koji definira uvjete komunikacije i suradnje među svim sudionicima u graditeljskom projektu. Vrlo često svjedoci smo nepotpunoga ili pogrešnoga tumačenja dosega i prirode BIM pristupa. Prije dvadesetak godina globalni proizvođači softvera puno su napravili na popularizaciji BIM pristupa i postavljanju fokusa na korisne stvari koje BIM pristup može donijeti, međutim njihova je motivacija bila usmjerena uglavnom na predstavljanje određenih osobina njihovih softvera i na pozicioniranje na globalnome tržištu. Vrlo jaka promidžba proizvođača softvera zamaglila je osnovne postulate BIM pristupa i znatno simplificirala ciljeve i metode BIM pristupa.

Nerijetko se mogu čuti izjave poput:

- **Koristim softver X (*Civil 3D, Revit, InRoads, ArchiCAD, Vectorworks*) pa sam na temelju te činjenice u BIM-u.** Zaključak poput toga pogrešan je u svojoj biti. Kao što je to prethodno opisano, primjenjivati BIM pristup znači biti dio većega tima sudionika koji konzistentno razmjenjuju sve relevantne informacije koje su osnova za koordinirani rad.
- **Radim u 3D-u (u svojem radu koristim 3D softver) pa sam zbog toga kvalificiran za primjenu BIM pristupa.** Jedan od postulata BIM pristupa jest izrada BIM modela, koji su u svojoj osnovi 3D oblika, međutim BIM model nije samo 3D model građevine, već ga čine i dodatne informacije u atributnome ili drugome obliku. BIM model ima smisla ako u njegovu kreiranju sudjeluju sudionici raznih struka. Postavlja se pitanje koristi li se BIM model, odnosno je li pripremljen za analizu konflikata i mogućih defekata, za automatsko računanje količina, za provođenje nekih složenih analiza i slično.
- **BIM su lijepe 3D sličice i prezentacije, bez ikakve realne koristi.** Često su sudionici graditeljskih procesa skeptični i drže se tradicionalnih uloga i načina obavljanja posla. Evidentne probleme koje imaju u suradnji i razmjeni relevantnih informacija neće u biti pokušati riješiti primjenom BIM načela. BIM pristup doživljavaju potpuno pogrešno i bez dubljeg upoznavanja odbijaju implementaciju vrlo korisnih segmenata pristupa. Takav stav nije rijedak i čudan i uzrok mu je, vjerojatno, strah od promjene ustaljenih tijekova rada.

Motivacija za stvaranje ove publikacije je, među ostalim, skretanje pozornosti na realne ciljeve BIM pristupa i na definiranje uloge svakog sudionika u njegovoj implementaciji.

1.2 BIM pristup u niskogradnji

Kao što je to već spomenuto, građevine uvijek koriste prostor kao resurs, mijenjaju zatečeno prirodno stanje i imaju velik utjecaj na okoliš. Osim toga imaju znatan utjecaj na komunikaciju ljudi i zajednice u cjelini na lokaciji izvođenja. Cijena gradnje i korištenja građevina u niskogradnji može biti vrlo velika, na primjer, jedan duži odsjek autoceste, mostovi, tuneli, akumulacije i slično imaju znatan utjecaj na širu zajednicu i prirodni okoliš. Svakako treba spomenuti i snažan gospodarski utjecaj radi novih mogućnosti komunikacija koje izgradnja nove prometnice u pravilu donosi sa sobom.

Navedeni problemi i neučinkovitost graditeljstva u cjelini mogu biti još očitiji u slučaju niskogradnje. Niskogradnja u odnosu na visokogradnju ima dodatne čimbenike koji povećavaju mogućnost pojave problema poput povećanja konačne cijene u odnosu na planiranu, produljenja vremena potrebnog za građenje u odnosu na ugovorom definirani rok ili smanjenja funkcionalnosti u odnosu na inicijalne postavke. Naime, u niskogradnji je utjecaj prirodnih čimbenika znatno veći nego u visokogradnji. Treba se samo podsjetiti utjecaja nepovoljnih vremenskih prilika, nepredviđenih situacija u prirodnim uvjetima, nepoznatih i nedovoljno dokumentiranih sadržaja na mjestu građenja, složenih zakonskih uvjeta (vlasničkih odnosa, zahtjeva prostorno-planske dokumentacije) i sličnog.

Tehnologija koja poput BIM pristupa predlaže koncepte i postupke za smanjivanje tih utjecaja svakako zavrjeđuje veliku pozornost. Dobro je poznato to da su se počeci BIM pristupa većinom vezali uz područje visokogradnje (pojam "Building" u pokreti BIM) jer je graditeljske procese u visokogradnji nešto lakše formalizirati i opisati BIM pristupom.

Situacija s implementacijom BIM pristupa u niskogradnji znatno se promijenila u posljednjih nekoliko godina. Otprije je bilo jasno to da su na općoj razini procesi u graditeljstvu vrlo slični u niskogradnji i visokogradnji. Nedostajale su konkretne preporuke, standardi, odgovarajući softveri, formati za razmjenu informacija i dobra iskustva u primjeni BIM pristupa u niskogradnji. Svijest o neophodnoj primjeni BIM pristupa u niskogradnji dovoljno je sazrela i širom svijeta može se svjedočiti koristima primjene BIM pristupa u niskogradnji.

Potrebno je spomenuti još jednu razliku između visokogradnje i niskogradnje. Naime, u visokogradnji znatan je udio projekata koji se financiraju privatnim sredstvima, dok je u niskogradnji taj udio znatno manji. Privatno financirani projekti u svojoj premisi imaju generiranje profita kroz smanjenje cijene, povećanje funkcionalnosti, poštivanje predviđenih rokova i racionalno upravljanje sagrađenim građevinama. Samim time je i tolerancija na bilo koju pojavu koja utječe na probijanje planiranoga budžeta ili smanjenje funkcionalnosti znatno niža. Kod projekata koji se financiraju javnim novcem, što je češća situacija u niskogradnji, tolerancija i prihvaćanje probijanja budžeta zbog problema u građenju su nešto veći. Ta je pojava jednako prisutna i u razvijenijim državama koje imaju veću razinu svijesti o potrebnoj kontroli troškova i rokova te o konačnoj funkcionalnosti izgrađene građevine.

Zaključno se može reći to da primjena BIM pristupa u niskogradnji ima velik potencijal, odnosno da su poboljšanjem učinkovitosti procesa i pravilnim razumijevanjem principa BIM pristupa moguće velike koristi za sve sudionike u projektima. U nekim područjima potrebno je pokazati više inovativnosti i otvorenosti, istraživati nove mogućnosti, primjenjivati dobra iskustva i napredne tehnologije. Treba se kritički odnositi prema postojećim tijekovima rada i procesima te tražiti poboljšanja gdje god je to moguće. U habitusu građevinskog inženjera svakako bi trebala postojati motivacija za kontinuirano poboljšavanje.

1.3 Pristup i ciljevi publikacije

Ova publikacija, "Smjernice za BIM pristup u infrastrukturnim projektima", oslanja se na 2017. izdanu publikaciju Hrvatske komore inženjera građevinarstva "Opće smjernice za BIM pristup u graditeljstvu". Prethodna publikacija bila je prvi sustavni pokušaj približavanja BIM pristupa hrvatskim inženjerima. O BIM pristupu može se pronaći mnoštvo studija, materijala i preporuka na internetu. Prethodna publikacija je strukturiranim i dokumentiranim pristupom dala integralni tekst o najvažnijim aspektima BIM pristupa. Bila je općenita i vodila se primjerima uglavnom iz područja visokogradnje. Hrvatska komora građevinskih inženjera (HKGI) prepoznala je važnost BIM pristupa i njegov pozitivan utjecaj na graditeljstvo i odlučila je nastaviti i podržati rad na daljnjoj popularizaciji BIM pristupa u Hrvatskoj.

S obzirom na to da je primjena BIM pristupa u niskogradnji nedovoljno obrađena, a ima velik potencijal za pozitivne pomake, odlučeno je da će sljedeća publikacija biti usmjerena na područje niskogradnje. Povjerenstvo za izradu publikacije, koje je formirano pri HKGI-u i koje je dobilo zadaću kreirati novu publikaciju, sastojalo se od stručnjaka s radnim iskustvom u području niskogradnje, sudionika iz obrazovnoga sustava te članova s dokazanim iskustvom u implementaciji informatičke i komunikacijske tehnologije. Sastav povjerenstva, njihov entuzijazam i stručnost jamstvo su da je publikacija izrađena maksimalno kvalitetno i objektivno.

Već je skrenuta pozornost na činjenicu da primjena BIM pristupa u niskogradnji nije do kraja standardizirana i definirana. Pri radu na ovoj publikaciji autori su se vodili načelom da je opisane i preporučene postupke moguće primijeniti s obzirom na trenutačno stanje tehnologije i postojeću funkcionalnost uobičajenih softverskih alata kako bi se BIM postupci uklopili u standardne procese projektiranja i građenja u niskogradnji.

2 BIM pristup

2.1 Specifičnosti infrastrukturnih projekata općenito

Unatoč velikome utjecaju infrastrukturnih projekata na ukupno čovjekovo djelovanje i okoliš, taj segment građevinarstva slabijom dinamikom prihvaća i integrira digitalna tehnološka rješenja zbog poteškoća navedenih u prethodnome poglavlju. Tipični infrastrukturni projekti linearni su i izvode se na velikim prostorima, što je velik izazov za tehnike planiranja i upravljanja. Udjeli standardnih elemenata su mali, a može se reći to da je svaki projekt ceste/pruge gotovo unikatan. To znači rijetko ponavljanje sličnih izazova u potpuno istome obliku, što rezultira nedostatkom mogućnosti replikacije kao važnog čimbenika pri postizanju veće učinkovitosti. Važni infrastrukturni projekti obično uključuju velik broj kooperanata i dobavljača koje se relativno slabo potiče za usvajanje novih metoda rada tijekom kraćih razdoblja kada rade na određenome projektu. Svaki novi infrastrukturni projekt obično uključuje nove zajednice ponuditelja koje često prvi put rade zajedno. Ta nestalnost u suradnji tvrtki i poslovnih udruga otežava uspostavljanje novih načina rada poput BIM kompatibilnih procesa i stvaranje novih sposobnosti te viška vrijednosti koje bi se prenosile s jednog projekta na drugi. U pravilu, limitirani proračuni za istraživanje i razvoj dodatno ograničavaju tvrtke na ulaganja u tehnološka unapređenja. Tako nedostaju istraživanja o utvrđivanju stvarnih koristi primjene virtualnih tehnika projektiranja i građenja za velike projekte. Također, infrastrukturni se projekti često izvode u udaljenim, negostoljubivim okružjima koja nisu idealna za hardver i softver razvijen ponajprije za kontrolirana, uredska okružja podržana brзом mrežnom razmjennom dokumenata i informacija.

2.2 Najčešći razlozi izbjegavanja primjene BIM pristupa u infrastrukturnim projektima

Da bi se prevladalo zaostajanje u usvajanju primjene BIM-a u infrastrukturnim projektima, potrebno je identificirati ključne izazove i najčešće razloge koji stoje na putu njenoj znatnoj i učestaloj primjeni. Istraživanja i rezultati provedenih anketa bave se tom problematikom u posljednjih desetak godina, pri čemu ispitanici iz sektora najčešće ističu razloge navedene u nastavku.

Nedostatak potražnje

Nedostatak potražnje gotovo uvijek nalazi se pri vrhu liste rezultata istraživanja, međutim s vremenom mu utjecaj slabi jer obvezna primjena BIM pristupa polako postaje ugovorna obveza za veće projekte u sve više zemalja. Obično se kao primjer navodi Velika Britanija koja je propisala obveznu upotrebu BIM-a razine 2 u svim infrastrukturnim projektima financiranim javnim novcem još 2016. Primjenu BIM pristupa u zemljama članicama potiče i Europska unija kroz aktivnosti posebno osnovanog tijela *EU BIM Taskgroup*. I u Republici Hrvatskoj situacija se bitno mijenja uvođenjem obvezne primjene BIM pristupa u javnome poduzeću *Hrvatske ceste d.o.o.*, a slična reakcija očekuje se i u ostalim javnim poduzećima.

Troškovi povezani s implementacijom BIM-a

Troškovi povezani s implementacijom BIM-a često se navode kao vrlo istaknuta prepreka koja destimulira mala i srednja poduzeća (najčešće projektantske tvrtke) pri usvajanju BIM pristupa. Radi se o troškovima osposobljavanja osoblja, nabave i održavanja softvera i hardvera te sličnome. Općenito je dojam da BIM pristup troši više novca od tradicionalnog 2D projektiranja, međutim uprave tvrtki moraju razumjeti dugoročne prednosti BIM-a te uložiti novac potreban za razvoj i istraživanje unutar tvrtke. Dodatne troškove za primjenu BIM-a tijekom planiranja i projektiranja trebali bi podnijeti i naručitelji jer dosadašnja iskustva dokazuju to da apliciranje BIM pristupa omogućava smanjenje investicijskih troškova tijekom gradnje u znatno većem iznosu.

Nedostatak vremena

Vrijeme potrebno za usvajanje novih načina rada također je čimbenik uspješne primjene BIM-a. Nedostatak vremena ili općenito kratko vrijeme raspoloživo za planiranje i projektiranje često rezultira time da projektanti nastavljaju raditi na tradicionalan način. Nedostatak iskustva u primjeni BIM-a ponekad dovodi do straha od neispunjavanja rokova i zato predstavlja važnu prepreku uvođenju BIM-a. Razdoblje učenja uvijek postoji, ali čim se stekne određeno znanje i provedu prilagodbe novome načinu rada korištenje BIM postupaka i procesa učinkovitije je i u konačnici dovodi do uštede vremena.

Znanje i osposobljavanje

Nedostatak znanja i obuke također je prepreka u uspješnoj primjeni BIM-a. Poželjno je da projektanti imaju izravan pristup osobama koje su već stekle potrebno znanje i iskustvo u nekim segmentima BIM-a i 3D modeliranja. Na taj se način izbjegavaju vremenska ograničenja te se ne gubi vrijeme u traženju specifičnih radnih postupaka koji su već poznati barem dijelu zaposlenika. Budući da će s vremenom sve veći broj stručnjaka usvojiti nove načine rada i potrebna znanja zahvaljujući dobrim praksama dostupnima preko *webinara*, seminara, vodiča i sličnog, i taj razlog slabije primjene bit će s vremenom od sve slabijeg utjecaja.

Nedostatak jasno definiranih standarda

Nedostatak standarda prepoznat je kao posebno složen razlog izbjegavanja primjene BIM pristupa jer je za njegovo prevladavanje potreban razvoj novih standarda prilagođenih potrebama struke, vodiča i primjera dobre prakse. Posljednjih godina vidljiv je velik napredak u rješavanju toga problema, naročito u nordijskim zemljama (Finska, Danska, Norveška, Švedska). Znatni naponi ulažu se i u drugim zemljama poput Njemačke, Francuske, Češke ili Poljske. Odgovarajuće smjernice zahtijevaju odgovori na pitanja o razinama razvijenosti potrebnima za glavne faze projekta i za pojedine struke, o odgovarajućim formatima razmjene podataka (pitanja interoperabilnosti), oblicima isporuke i sličnome.

Ograničenja softvera

Na tržištu postoji puno softverskih paketa koji otvoreno ističu podršku za BIM u infrastrukturi (*BIM ready*). Proizvođači softvera svjesni su činjenice da jedan alat nije dovoljan za potpunu implementaciju BIM-a i nude niz proizvoda koji bi zajedno trebali pokrivati cijeli postupak po još pristupačnijim cijenama, ali u realnoj primjeni predloženi tijekovi rada nisu lako primjenjivi. Mnogi postupci zahtijevaju poznavanje više od jednoga primarnog softvera, čak i određenu razinu znanja o programiranju ili uporabi dodatnih alata (npr. kreiranje korisničkih normalnih poprečnih presjeka u *Autodesk Subassembly Composeru*) kako bi se završio zadatak. Da bi u cijelosti implementirali BIM zahtjeve, projektanti ponekad moraju usvojiti dodatna znanja koja zahtijevaju vrijeme i novac. Također, prijenos podataka iz jedne aplikacije u drugu (ili iz jedne projektne faze u drugu) često je problem s obzirom na to da postoji mogućnost gubitka dijela podataka. Za daljnje poboljšanje učinkovitosti i lakše korištenje softvera tvrtke bi trebale dodatno poboljšati BIM alate i olakšati njihovu uporabu, što posebno vrijedi za razine glavnih i izvedbenih projekata.

Unatoč navedenim izazovima, koji su najvećim dijelom uzrok kašnjenja primjene BIM-a u odnosu na druge sektore, osobito na visokogradnju, prednosti BIM pristupa s vremenom postaju sve očitiije, što se odražava i na znatan zamah u primjeni BIM pristupa i podržanih procesa i u infrastrukturnim projektima. Usvajanje BIM pristupa u određenome smislu kao digitalna transformacija može značiti razne stvari za razne dionike, a trebala bi obuhvatiti i operativne promjene i tehnologiju. Operativna poboljšanja osobito su važna za izvođače radova zbog naprednih tehnologija i načina koji se primjenjuju za poboljšanje razvoja i procesa koji su važni u provedbi velikih projekata. Uspjeh transformacije uvelike će ovisiti o tome koliko uspješno tvrtka potiče nove načine rada koje omogućavaju suvremene tehnologije. Dosadašnji rezultati istraživanja pokazuju to da digitalna transformacija, ako se pravilno primijeni, može rezultirati povećanjem produktivnosti od 14 do 15 posto i smanjenjem troškova za četiri do šest posto. Također, istraživanja i iskustva s tržišta s dobro oblikovanim i razvijenim BIM mandatima poput Velike Britanije pokazuju to da tvrtke koje su prve poduzele odlučne korake prema sustavnoj implementaciji već sada imaju znatne koristi. S druge strane, tvrtkama koje nisu uspjele učiniti više od eksperimentiranja s tehnološkim rješenjima vrijeme je za brzu reakciju i ulaganje dodatnih napora.

2.3 BIM postupci

BIM postupak jedinstveni je zadatak, radnja ili procedura koja omogućava konkretnu korist od integracije BIM-a u nekome projektu, i to tijekom pojedine faze (ili više njih) u njegovu ciklusu. Uvođenju pojma "BIM postupak" najviše je pridonijela publikacija *BIM Project Execution Planning Guide* (Computer Integrated Construction Research Group. 2011., *BIM Project Execution Planning Guide*), u kojoj su autori dokumentirali približno dvadeset i pet BIM postupaka, a izvorni pojam iz navedene publikacije (engl. *BIM Use*) ubrzo je postao standardan u međunarodnome BIM rječniku.

Pri izradi ovih smjernica ocijenjeno je to da varijante doslovnoga prijevoda (npr. BIM korištenje) kao i termin korišten u "Općim smjernicama za BIM pristup u graditeljstvu" (BIM koristi) ne upućuju dovoljno dobro na sam smisao pojma te je naposljetku odabran termin "BIM postupak".

BIM postupci bili su često određeni prema fazi projekta (planiranje, projektiranje, izvođenje i korištenje). Iako je navedena publikacija napravila iskorak u standardiziranju popisa pojmova i postupaka, s vremenom se predložena organizacija pokazala neodgovarajućom, jer je praksa pokazala to da se BIM postupci obično ne nalaze unutar samo jedne faze projekta. Zapravo, većina ih se može primjenjivati u više faza. Takva struktura nije prilagodljiva ni promjenama poput dodavanja novih postupaka koji se razvijaju tijekom vremena. Pored navedene publikacije postoje drugi vodiči i dokumenti koji nude popise BIM postupaka, a koji se razlikuju.

Slično kao i za druge pojmove iz BIM terminologije, većina vodiča bavi se postupcima vezanima uz visokogradnju ili su dani vrlo općeniti, generički opisi i obrazloženja. Zato je cilj strukture predstavljene u ovome dokumentu pružiti popis i dokumentaciju BIM postupaka prilagođenu inženjerskoj struci u području infrastrukturnih projekata. Najveći broj postupaka vezan je uz fazu projektiranja, što je i opravdano s obzirom na trenutačni stupanj BIM zrelosti u našoj zemlji. Ipak, sažeto su opisani i pojedini postupci za fazu izvođenja radova i održavanja nekoga infrastrukturnog projekta.

2.3.1 BIM postupci tijekom projektiranja

2.3.1.1 Kreiranje 3D okoliša (postojećega stanja)

Tipični radni postupak pri izradi projektantskih podloga za unos postojećega stanja u CAD aplikacijama obično podrazumijeva kreiranje 3D mreže trokuta (3D TIN) na temelju podataka dobivenih geodetskim snimkom. Geodetski podaci najčešće dolaze u obliku snimljenih 3D točaka i lomnih linija. Ulazne podatke obično čini spomenuta mreža trokuta, 2D situacijski prikaz postojećega stanja, 2D prikaz digitalnoga katastarskog plana te ortofoto karte (ili topografske karte za pregledne prikaze). U CAD baziranim sustavima običaj je predmetne podatke sagledavati samo kao situacijske prikaze i 2D presjeke/profile, bez stvarnog uvida u 3D sadržaj (npr. projekcija ortofoto na model terena), jer CAD okruženje posjeduje ograničenja u pogledu manipulacija većom količinom 3D podataka (slika 1.).



Slika 1. Standardni 2D prikaz postojećega terena u CAD aplikacijama

Međutim, noviji, BIM kompatibilni alati, uglavnom namijenjeni za izradu idejnih rješenja i idejnih projekata za infrastrukturne građevine, sposobni su podržati znatno veće količine podataka te posljedično dati projektantu puno bolji uvid u postojeće stanje (slika 2.).



Slika 2. Primjer postojećega okoliša u BIM softveru

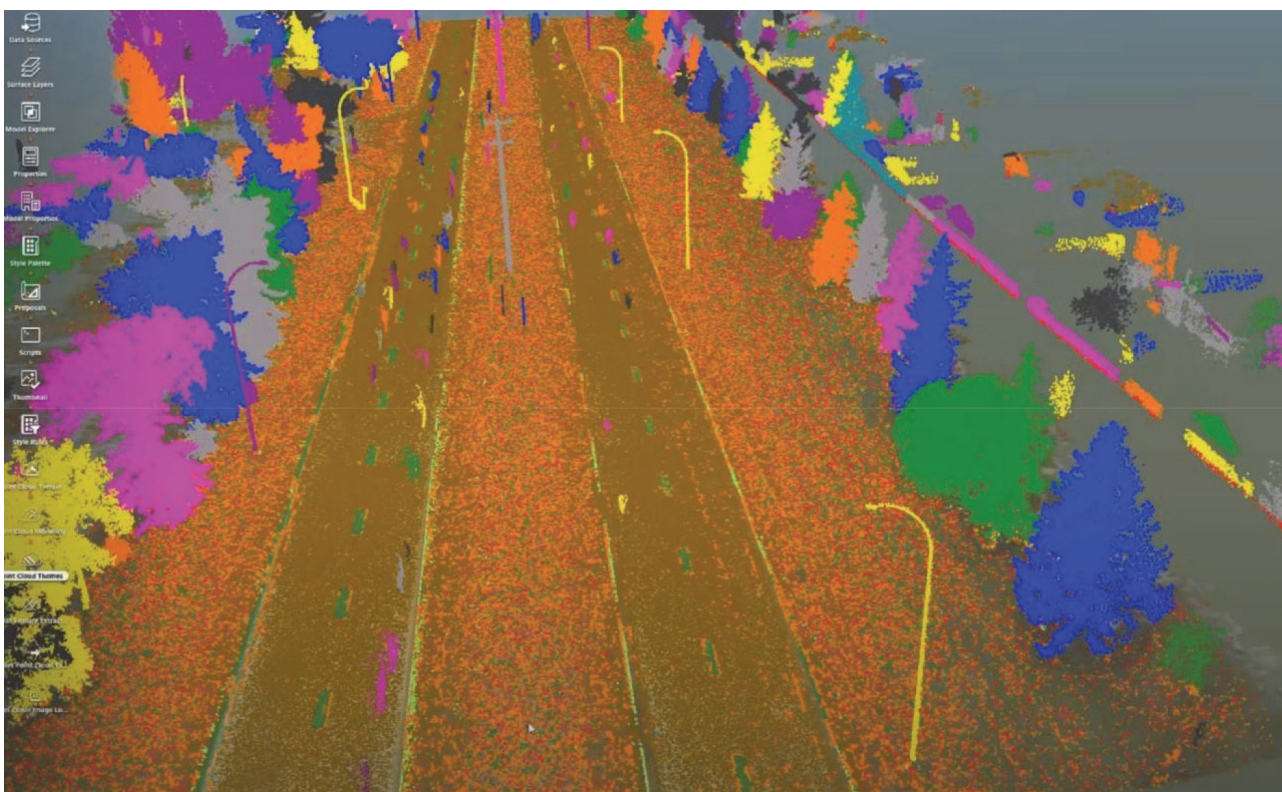
Dodatne mogućnosti koje su već danas na raspolaganju ukratko su opisane u nastavku.

Podaci dobiveni tehnologijom *Reality Capture*

Primjena suvremenih tehnologija omogućava prikupljanje znatno veće količine informacija uz poboljšanje učinkovitosti i smanjenje troškova. Metoda ima više, a najčešće se primjenjuju bespilotna zračna fotogrametrijska izmjera (engl. *Unmanned Aerial Vehicles* – UAV), statički i pokretni sustavi LiDAR i slični. Podaci sa snimanja (oblaci točaka; engl. *Point Clouds*) u pravilu se ne mogu izravno koristiti kao ulazni podaci softvera za projektiranje pa ih je potrebno obraditi u specijaliziranim alatima.

Proces kojim se dobiva stvarna površina terena (tj. uklanjanje viška informacija kao što su vegetacija, objekti poput automobila ili stupova) primjenjuje metode gotovo istovjetne tradicionalnoj fotogrametriji, ali različite po tome što softver ima znatno veću količinu podataka koje treba obraditi (slika 3.). Softver automatizira obradu i odabir podataka implementirajući i strojno učenje (engl. *Machine Learning* – ML) i umjetnu inteligenciju (engl. *Artificial Intelligence* – AI) u svoje baze kako bi se olakšali ispravan odabir i obrada poznatih podataka. Automatizirani procesi primarno su triangulacija i klasifikacija podataka.

Radi visoke gustoće snimljenih podataka krajnji je rezultat znatno točniji model terena, a ujedno se dobiva i zračni ortofoto snimak visoke rezolucije. Praksa je pokazala to da se najbolji rezultati dobivaju kombinacijom tradicionalnoga pristupa (osjetljivi podaci poput postojećih cesta i pruga), korištenjem poligonskoga vlaka i totalne stanice zajedno s podacima dobivenima nekom od metoda *Reality Capture*.



Slika 3. Primjer klasifikacije podataka prilikom obrade *Point Clouda*

Integracija GIS slojeva s 3D podacima

BIM alati omogućuju objedinjavanje GIS podataka s 3D modelom promatranoga područja, čineći podatke iz GIS sustava dostupnima projektantima već za vrijeme koncipiranja projekta. Navedeno predstavlja širi trend kontinuirane konvergencije tradicionalno različitih sustava, CAD-a i GIS-a. Takav put prema aplikacijama koje vode k jedinstvenome projektnom modelu potiče transparentnost i suradnju radnih postupaka.

3D projektiranje, prikazi i upravljanje geoprostornim podacima zahtijevaju znatnu računalnu snagu pa je za osiguranje funkcionalnosti potrebno napredno upravljanje memorijskim resursima, što je za razliku od ranije programiranih CAD aplikacija kod nove generacije BIM kompatibilnih alata sustavno riješeno na odgovarajući način. Mogućnosti uključuju učitavanje GIS slojeva izravno iz baza podataka, a postoji podrška za najčešće GIS formate, uključujući *Oracle*, *SQL* i *ESRI*. Nakon učitavanja podataka postoje alati za odabir načina prikaza i za prezentaciju dostupnih podataka. S obzirom na to da se podaci prikazuju u 3D okružju, korisnik bira neku od dostupnih opcija za odgovarajući smještaj:

- projiciranje na ravninu terena ili na udaljenost od terena za stalnu vrijednost (npr. na -1.0 m)
- dodjeljuje visine iz GIS atributa
- dodjeljuje visine izravno iz vektorske geometrije (npr. iz 3D *polyline*).

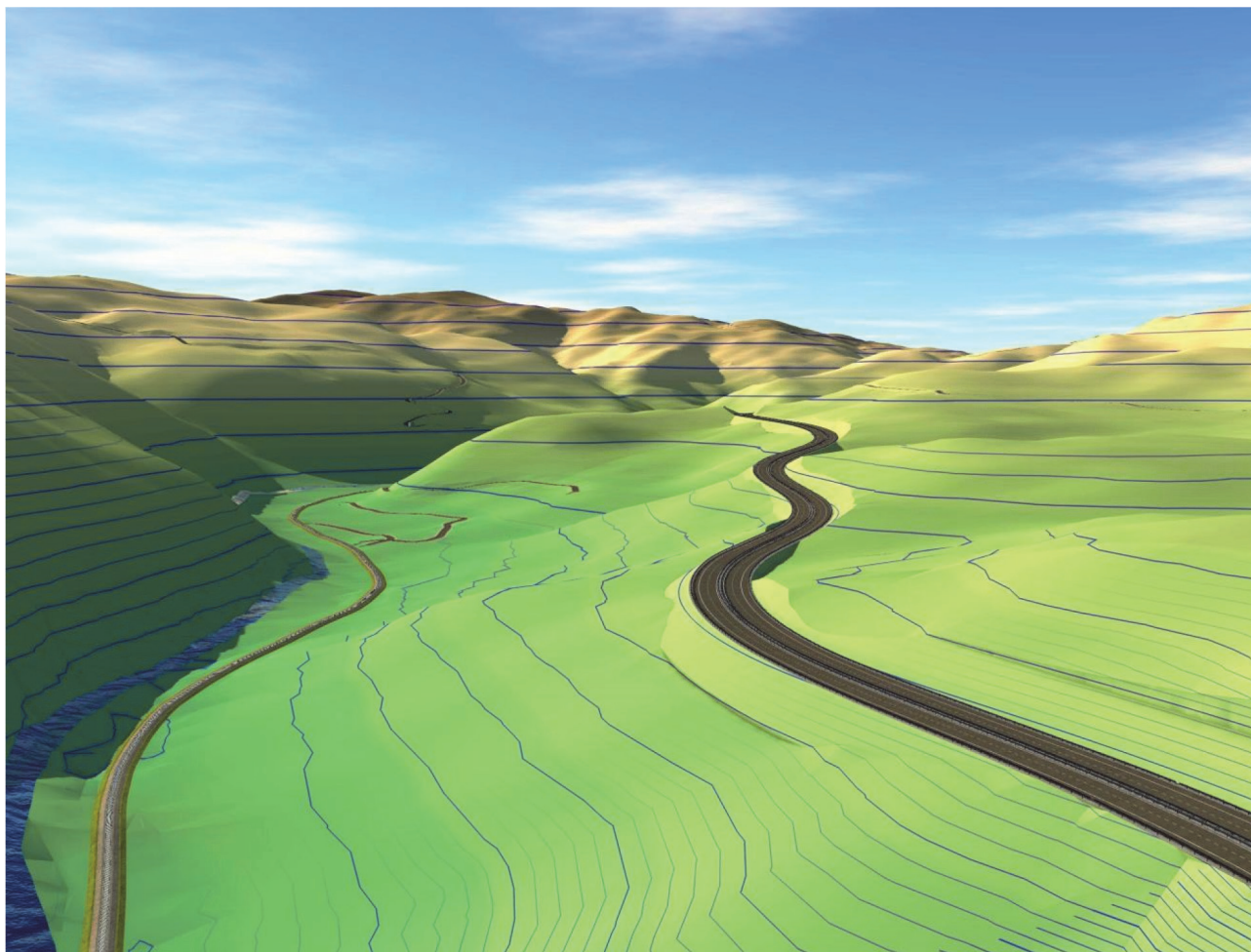
Učitani podaci iz GIS sustava (instalacije, hidrologija, područja pod različitim režimom zaštite i slično) mogu znatno upotpuniti uvid u postojeće stanje. U Hrvatskoj praksa korištenja GIS podataka tijekom projektiranja još nije uvriježena, među ostalim, radi upitne dostupnosti i kvalitete raspoloživih podataka (GIS slojeva). Budući da je ta tehnologija očito spremna već danas, važan korak prema češćoj primjeni toga korisnog BIM postupka u Hrvatskoj predstavljalo bi to da različiti dionici poput vlasnika ili distributera instalacija, jedinica lokalne uprave ili javnih poduzeća pripreme podatke u odgovarajućim formatima.

Dodatni 3D sadržaji

Da bi projektirano okružje bilo što realnije, postoje funkcije za formiranje vegetacije, objekata, vodenih površina, postojećih cesta, pruga, mostova i sličnog. Pritom su vrlo korisne funkcije parametarskoga stvaranja 3D građevine (npr. 3D kuća) na temelju 2D podataka (obično 2D pline) uvezenih iz CAD-a. Osim za bolji uvid u područje zahvata te funkcije korisne su i za izradu vizualizacija ili, na primjer, analize preglednosti koja uzima u obzir i postojeću i novoprojektiranu vegetaciju, čime se znatno povećava vjerodostojnost dobivenoga rezultata.

2.3.1.2 Analize postojećega stanja

Po dovršetku kreiranja postojećega stanja dostupne su razne analize bazirane na topografskim značajkama terena (prikaz visina ili nagiba terena; slika 4.) ili na dodatnim tabličnim podacima uvezenima iz GIS sustava koji se efektno mogu vizualizirati preko tematskih mapa. Na primjer, moguće je prikazati podatke o vrsti vlasništva katastarskih čestica preko kojih prolazi planirana trasa.



Slika 4. Visinska analiza postojećega terena

Navedene analize koriste se za procjenu prednosti i nedostataka te za višekriterijske analize na promatranome području kako bi se utvrdila lokacija optimalna za budući projekt. Uvjeti na budućemu gradilištu mogu utjecati na troškove građenja, a investorima je važno razumjeti potencijalne posljedice prije nego što se preuzmu znatne financijske obveze u fazi građenja.

2.3.1.3 Izrada i analiza varijantnih rješenja

BIM alati u velikoj mjeri koriste interaktivne elemente s određenom dozom “inženjerske inteligencije” te se do izrade 3D konceptualnih modela dolazi znatno brže uz znatno manje “crtanja” (*CAD drafting*). To omogućava povećanu učinkovitost rada i usmjerenost na najvažnije karakteristike i performanse projekta. S obzirom na prirodu velikih infrastrukturnih projekata (duljina i do nekoliko desetaka kilometara), uvijek postoje brojne dileme oko primjene pojedinoga rješenja, na primjer, treba li projektirati vijadukt ili visoki nasip, oko toga treba li predložiti dijamantno čvorište ili čvorište tipa “truba” ili oko broja i rasporeda čvorišta na promatranjoj trasi brze ceste / autoceste. Uobičajena su i varijantna rješenja kod četverotračnih prometnica, koje se u prvoj fazi izvode kao dvotračne (slika 5.).



Slika 5. Varijante izvedbe dvotračne (gornja slika) ili četverotračne (donja slika) gradske prometnice

Izradom konceptualnoga modela, na primjer, nekog čvorišta dobit će se znatno bolji uvid u njegov utjecaj na različite komponente postojećega stanja jer je postojeće stanje prikazano vrlo detaljno uz primjenu elemenata navedenih u točki “Kreiranje 3D okoliša”.

Upravo navedeni inteligentni, parametarski, kontrolirani elementi dodaju novu vrijednost suvremenim BIM alatima. U skladu s time automatizirani su dodavanje traka za ubrzanje/usporenje, kreiranje kružnih raskrižja,

razna uklapanja prometnih površina, interakcija između usjeka/nasipa dviju paralelnih prometnica u realnome vremenu, dodavanje objekata poput mostova i tunela i slično

Očekivano, priložene biblioteke “inteligentnih objekata” nisu dovoljne baš za sve slučajeve na koje se može naići u praksi. To može biti slučaj prilikom potrebe za primjenom nekih od kombiniranih tipova čvorišta (npr. modificirano dijamantno raskrižje s kružnim tokom ili *dog bone*) ili objekata (npr. lučni i viseći mostovi, specifični oblici stupišta), no rješenja postoje i u takvim slučajevima, samo ih treba pronaći na kreativan način. Pojedine dobre prakse i radne postupke obično predlažu proizvođači softvera ili BIM stručnjaci te ih se može naći pretraživanjem na internetu.

Optimizacija projektnih rješenja korištenjem KBS sustava (engl. *Knowledge Based Systems*)

U arhitektonskoj industriji dizajn nastao korištenjem nekog od dostupnih KBS sustava, koji se temelje na *cloud* servisima, nije novost. Prema istraživanjima provedenima još 2004., integracija *cloud* servisa i BIM-a smatra se drugom generacijom razvoja, što će s vremenom izazvati znatan val promjena u građevinskoj industriji. U segmentu projektiranja prometnica raspoloživost KBS sustava predstavlja novost. U ovome trenutku sustavi već postoje na tržištu i spremni su za korištenje. Jedan od primjera jest alat za optimizaciju koridora (trase) koji se nalazi unutar aplikacije *Infraworks*. Proizvođač (*Autodesk*) taj alat opisuje kao “automatiziranu metodu za projektante infrastrukture koji žele iznaći optimalnu trasu”.

Osnovni ulazni podaci uključuju:

- model terena (reljefa)
- odabir početne i krajnje točke trase (moguće je unijeti i dodatne točke, odnosno formirati grubu skicu željene trase)
- odabir osnovnih tehničkih elemenata osi – definira se računaska brzina, što naravno utječe na primjenu pojedinih elemenata osi. Također se unosi najveći dopušteni uzdužni nagib. Treba istaknuti to da alat zasad podržava samo standarde AASHTO pa je neophodna provjera i, po potrebi, korekcija pojedinih elemenata.
- odabir osnovnih elemenata normalnoga poprečnog presjeka – biraju se osnovni poprečni presjek te dodatni presjeci za slučajeve kada je trasa na objektu ili u tunelu; postavljaju se parametri poput nagiba pokosa usjeka i nasipa
- unos jediničnih cijena za osnovne stavke, na primjer, za zemljane radove, kolničke konstrukcije, elemente objekata i otkup zemljišta.

Svi navedeni podaci uobičajeni su i za standardni pristup projektiranju, međutim postoji i drugi vid ulaznih podataka koji umjetnoj inteligenciji pomaže u procesu “odlučivanja”, a to su:

- zone izbjegavanja
 - Zone izbjegavanja jesu područja koje će metoda ponajprije pokušati izbjeći, međutim povremeno će se pojaviti i slučajevi kada zonu izbjegavanja nije moguće izbjeći u cijelosti. U tim slučajevima metoda pokušava pronaći geometriju osi koja “ulazi” u zonu izbjegavanja na najkraćoj mogućoj duljini. Poligoni koji definiraju zone izbjegavanja mogu se uvesti iz CAD-a (npr. zatvorene polilinije) ili se mogu ucrtati izravno u *Infraworksu* postojećim alatima.
- karte prikladnosti (slika 6.)
 - Sažeto, taj algoritam uzima u obzir različite elemente postojećega stanja te buduću trasu pokušava postaviti u najprikladnije područje u odnosu na njih. To znači da se može kreirati više karata prikladnosti, na primjer, za postojeće zgrade, močvarna područja ili slabo nosiva tla.
 - Karte prikladnosti koriste prikaz uz pomoć hipsometrijskih stilova gradijenta boja na temelju ponderiranja troškova koje određuje korisnik. Ponderi se jednostavno podešavaju dinamički klizačem u dijaloškoj me oknu.

Korisnici trebaju razumjeti kako pojedinačna ponderiranja utječu na rezultate procesa optimizacije te da kumulativni ponderi sloja, logično, imaju još veći utjecaj. Ako postojeći uvjeti uključuju, na primjer, zgrade u neposrednoj blizini nepovoljnih terenskih uvjeta (klizišta, močvarno područje, strogi režim vodozaštite i slično), kumulativni ponder za to područje pojačava se, što utječe na konačno rješenje za optimizaciju.



Slika 6. Primjer karte prikladnosti (engl. *Suitability Maps*)

Nakon što unese podatke, korisnik “posao” optimizacije predaje usluzi koja se izvodi na razini *Autodesk* oblaka. Sustav zatim iterativno usklađuje parametre kojima pokušava smanjiti troškove ili kombinira pojedine troškove, poštujući definirana ograničenja i uvjete. Rezultati optimizacije vraćaju se preko izvješća i trase (modela) ceste za unos u program. Pritom se zapravo stvara novo varijantno rješenje (engl. *proposal*) koje se odmah može komparirati s ostalim varijantama izrađenima drugačijom metodologijom.

Zasad ne postoje obuhvatnija istraživanja i validacija stvarnih rezultata u projektantskoj praksi općenito, pa ni u RH. Zato se dobiveni rezultati trenutačno ne mogu usvojiti bez kontrole i ozbiljnije stručne analize. U narednomu razdoblju bilo bi poželjno istražiti primjenu tih alata kao dopune ili ih testirati na stvarnim projektima te razviti standardizirane procese za pripremu odgovarajućih ulaznih podataka, osobito kada je riječ o definiranju parametara karata prikladnosti.

Osim opisanog alata za pronalaženje optimalne trase postoji sličan alat *Profile Optimization* koji služi za proračun nivelete. Može se primijeniti na trasu upravo dobivenu optimizacijom iz sustava ili na bilo koju drugu trasu projektiranu standardnim načinom.

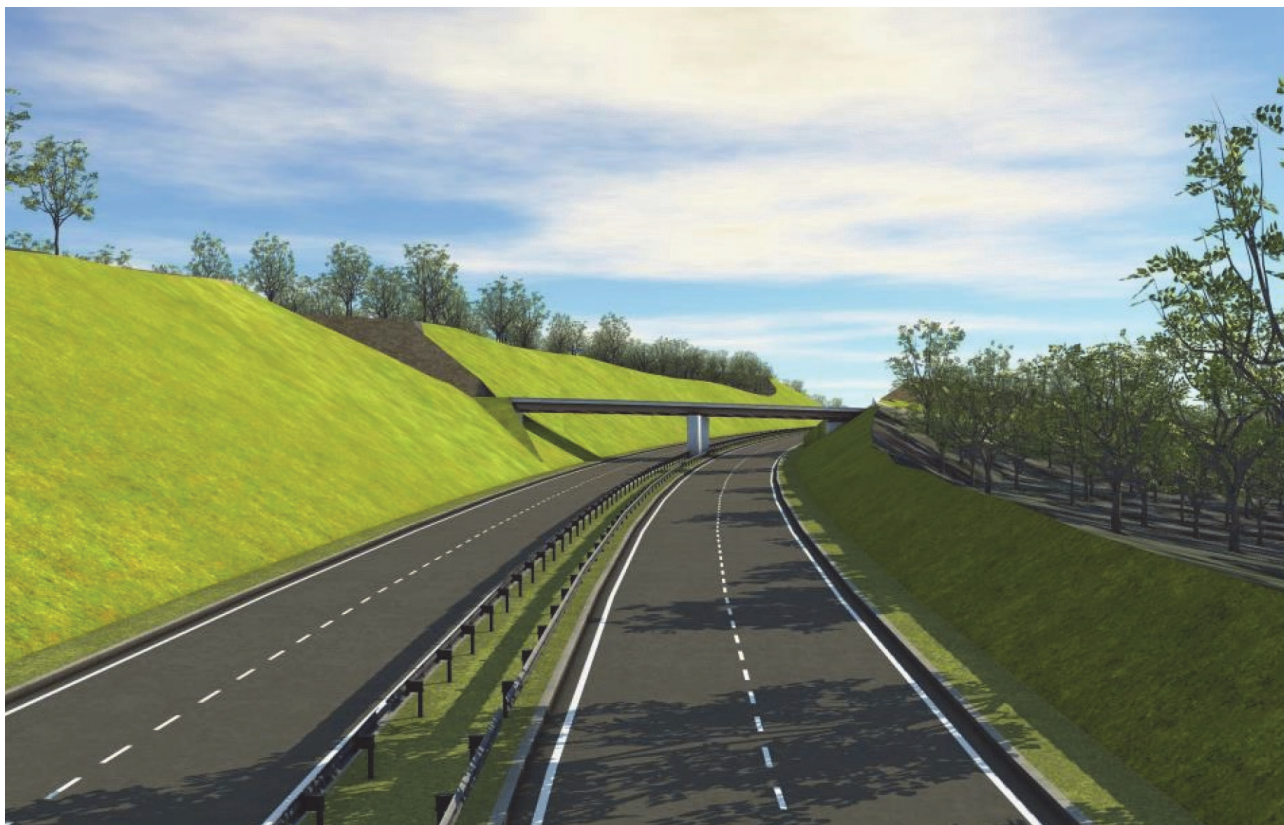
Osnovnim ulaznim parametrima određuju se najmanji (uvjeti odvodnje) i najveći dopušteni uzdužni nagib. Zanimljiva funkcija jest određivanje minimalnoga razmaka između lomova nivelete (tjemena) kao i njihove frekvencije. Na taj se način može utjecati na algoritam tako da primijeni glatke profile s malo lomova nivelete (prikladno za nove trase), odnosno da više prati postojeće stanje i češće primjenjuje lomove, što može biti korisno za projekte rekonstrukcije postojećih cesta. Određuju se i stacionaže na kojima se niveletu želi uklopiti u postojeće stanje (“prisilne točke”). Potom slijedi postavljanje pravila za primjenu mostova i tunela. Budući da topologija vodenih površina već treba biti unesena u sustav (ponovno kroz elemente uspostavljanja realnoga 3D okoliša), alat ih detektira i na mjestima prelaska preko vodotoka samostalno postavlja mostove. Primjena vijadukata na dionicama s viskom nasipom odnosno tunela na dionicama u usjeku također ovisi o zadanim parametrima (najveće dopuštene visine nasipa odnosno usjeka). Dodatno, alat omogućuje interaktivno određivanje mjesta (dodavanje ili brisanje) pozajmišta i deponija za odlaganje viška materijala. Naposljetku se definiraju cijene osnovnih radova (zemljani radovi, objekti).

Nakon što se posao preda usluzi u oblaku, korisnika se e-poštom obavještava o tome da su datoteke spremne za preuzimanje. Jedna od datoteka jest model ceste s optimiziranom niveletom. Program ispravno pretpostavlja da korisnik želi zadržati i izvornu niveletu radi usporedbe pa stvara novu varijantu. Ostali privici uključuju procjenu troškova i izvješće o količinama zemljanih radova.

2.3.1.4 Izrada vizualizacija

Jedna od većih promjena u procesu projektiranja koju omogućava BIM pristup jest mogućnost kreiranja vizualizacija izravno iz projektnoga modela. U tradicionalnome pristupu vizualizacije su na temelju dostavljenih 2D/3D podataka iz projekta najčešće izrađivale specijalizirane tvrtke, što je stvaralo dodatne troškove honoriranja i produljivalo vrijeme potrebno za izradu. Drugi problem bio je taj što vizualizacije nisu bile dinamične i povezane s projektnim modelom, što je često rezultiralo time da izrađena vizualizacija nije u cijelosti odgovarala projektu jer je u međuvremenu došlo do promjene (korekcije) pojedinih rješenja. Svrha vizualizacije najčešće je bila izrada prezentacijskih materijala, bez mogućnosti utjecaja na pojedina projektantska rješenja. Rad zasnovan na BIM pristupu uklanja sve navedene nedostatke jer se vizualizacija temelji na aktualnome projektnom modelu. Osim što ima prezentacijsku svrhu vizualizacija postaje alat koristan za donošenje odluka o odabiru koncepta projektnoga rješenja u ranim fazama projekta (idejna rješenja i idejni projekti) kao i o primjeni nekog tehničkog rješenja ili detalja tijekom izrade glavnih projekata.

Općenito, vizualizacija kao 3D projektni model ugrađen u realno okruženje pomaže sudionicima u projektu u tome da bolje spoznaju koncept projekta kao i njegove detalje. Infrastrukturni projekti općenito utječu na mnoge dionike i širu javnost pa postoji veliko zanimanje za to kako će predloženi projekt utjecati na njihov svakodnevni život. Uloga BIM modela predstavljena vizualizacijom korisna je i s gledišta postizanja veće sigurnosti za korisnike ceste. Promatrajući budući projekt iz svakoga kuta, posebno iz perspektive vozača, projektant može lakše i učinkovitije prepoznati moguće problematične točke ili neka manje uspješna rješenja. To, na primjer, može biti nedostatna preglednost na trasi/raskrižju, iako su primijenjeni tehnički elementi pojedinačno iznad minimalnih vrijednosti, a uzroci mogu biti vegetacija, objekti uz trasu, oprema ceste, zid za zaštitu od buke i slično. Na temelju tih nalaza mogu biti provedena potrebna poboljšanja. Najnovija rješenja i tehnologija virtualne stvarnosti uključuju i simulacije vožnje novom trasom u posebno dizajniranim sučeljima. Važno je istaknuti jednostavnost obavljanja toga zadatka uz pomoć modernih BIM alata, gdje se model, odnosno projektno rješenje i postojeći okoliš, kreira paralelno tijekom procesa projektiranja. Preostaje samo kreirati željeni način prezentacije (statične slike, vožnja po trasi, panoramski pregled i drugo), za što postoje ugrađeni alati koji nisu previše složeni te su pogodni za rad i inženjerima koji se često prvi put susreću s takvim tipom zadatka (slika 7.).



Slika 7. Primjer vizualizacije nove trase brze ceste

Postoji i mogućnost izvoza gotovih modela (najčešće u fbx formatu) u specijalizirane programe za kreiranje prezentacijskih materijala veće razine, koji omogućuju fotorealističnost zahvaljujući bogatijim teksturama, raznim elementima krajolika, posebnim efektima i sličnome. I u tom se slučaju u novije vrijeme pojavljuju snažni, a razmjerno jednostavni alati (npr. *Lumion* i *Twinmotion*) kojima je moguće postići profesionalni izgled kreiranih vizualizacija (slika 8.).



Slika 8. Primjer vizualizacije modela doradenog u *Twinmotionu*

2.3.1.5 Generiranje ploha i njihova analiza

Značajka cestovnih i željezničkih projekata jest izvođenje po slojevima: od temeljnoga tla i nasipa preko posteljice prema nevezanim i vezanim nosivim slojevima do završnih (na cestama habajućih) slojeva. U pravilu je izvedba kolničke konstrukcije najskuplji dio ceste (izuzev mostova ili tunela), a točnost njezine izvedbe najviše utječe na korisnike preko ravnosti i osiguranja potrebnih poprečnih nagiba u zavojima uz zahtjeve za osiguranje površinske odvodnje. Zato je najvažnija tehnologija vezana uz projektiranje i izvedbu svih slojeva kolničke konstrukcije. Svaki navedeni sloj realno predstavlja plohu u prostoru te su operacije s plohami (engl. *surfaces*) važan element primjene BIM-a u niskogradnji.

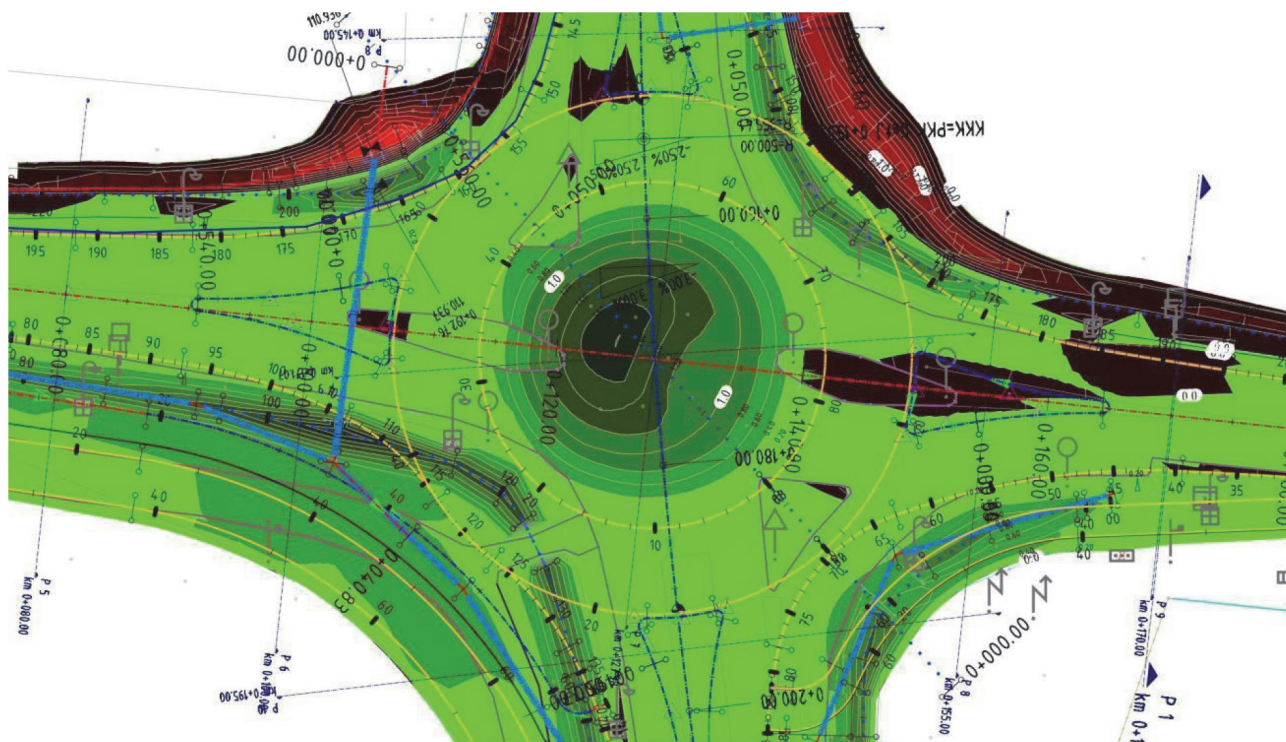
Tradicionalni pristup definiranju svakoga sloja kolničke konstrukcije obuhvaćao je njihovo ucrtavanje u poprečne presjeke i većinom ručno označavanje kota u situacijskim prikazima. Osim znatnog utroška vremena takav proces često generira i pogreške zbog pogrešnog prepisivanja vrijednosti ili njihova pogrešnog tumačenja. Posljedica same prirode diskretizacije jednog, u biti, kontinuiranog tijela na poprečne presjeke (međusobno udaljene najčešće 20 m) jest prevelika generalizacija i manjak podataka potrebnih za izvođenje. To je osobito izraženo na osjetljivim mjestima poput privoza nekome čvorištu, raskrižja ili kruznoga toka ili na velikim prometnim površinama poput prilaza naplatnim postajama, parkiralištima, PUO-ima i sličnome.

Budući da BIM pristup podrazumijeva izradu modela koji mora biti kontinuiran, sve promjene koje se nalaze između poprečnih presjeka postaju njegov integralni dio. Na taj način svi potrebni podaci postaju dostupni izvođaču radova. U praksi to obično znači definiranje dodatnih osi s pripadajućim niveletama koje predstavljaju rubove kolnika, prometne otoke i općenito sve lomove ploha.

Po završetku rada na modelu iz njega se dobivaju ravnine/plohe koje je moguće analizirati na temelju nivelačkih planova te po potrebi korigirati pojedine nivelete u cilju optimizacije rješenja. Velika je vrijednost i neposredan izvoz gotovih ploha pojedinih slojeva kolničke konstrukcije u datoteke koje mogu učitati suvre-

meni građevinski strojevi navođeni GPS tehnologijom. Obično se datoteke izvoze u formatu *LandXML*. Na taj se način ubrzava proces, izbjegava se mogućnost krive interpretacije ili pogreške u prijenosu podataka, no u Hrvatskoj ta praksa još nije uobičajena, iako sva potrebna tehnologija postoji.

Mogućnosti izvođenja raznih operacija s ploham osobito su korisne u projektima rekonstrukcija postojećih cesta. Pri odabiru tehničko-tehnološkoga rješenja obnove kolnika neke ceste uvijek su prisutne vrlo uske granice (obično duge samo nekoliko centimetara) u kojima se nova niveleta mora kretati radi tehnoloških uvjeta izvedbe asfaltnih slojeva. Ostali parametri obuhvaćaju korekcije poprečnih nagiba uz odgovarajuće rampe vitoperenja, osiguranje odvodnje, različite rubne uvjete i potrebna uklapanja i slično, što pronalaženje optimalne nivelete čini vrlo zahtjevnim i često dugotrajnim iterativnim procesom. Zato su vrlo korisne analize koje je moguće provesti na temelju interakcije odgovarajuće izrađenoga 3D modela postojeće ceste s projektnim modelom gdje su definirani odabrani slojevi za obnovljenu kolničku konstrukciju (nadogradnja, neka od tehnologije reciklaže i slično). Umjesto zamornoga gledanja u mnoštvo poprečnih presjeka moguće je izraditi situacijske prikaze s analizom izopahijeta. Izopahijete su linije koje povezuju mjesta jednake udaljenosti između dviju ploha, a najčešće se primjenjuju analize između završnih ploha postojećega i obnovljenoga kolnika ili između površine postojećega kolnika te donje plohe projektiranih asfaltnih slojeva (slika 9.). Opisani postupci omogućuju rani uvid u prednosti i nedostatke primjene neke tehnologije i u skladu s time brzu izradu alternativnih rješenja s procjenama količina, što su sve poznate prednosti BIM pristupa u projektiranju.



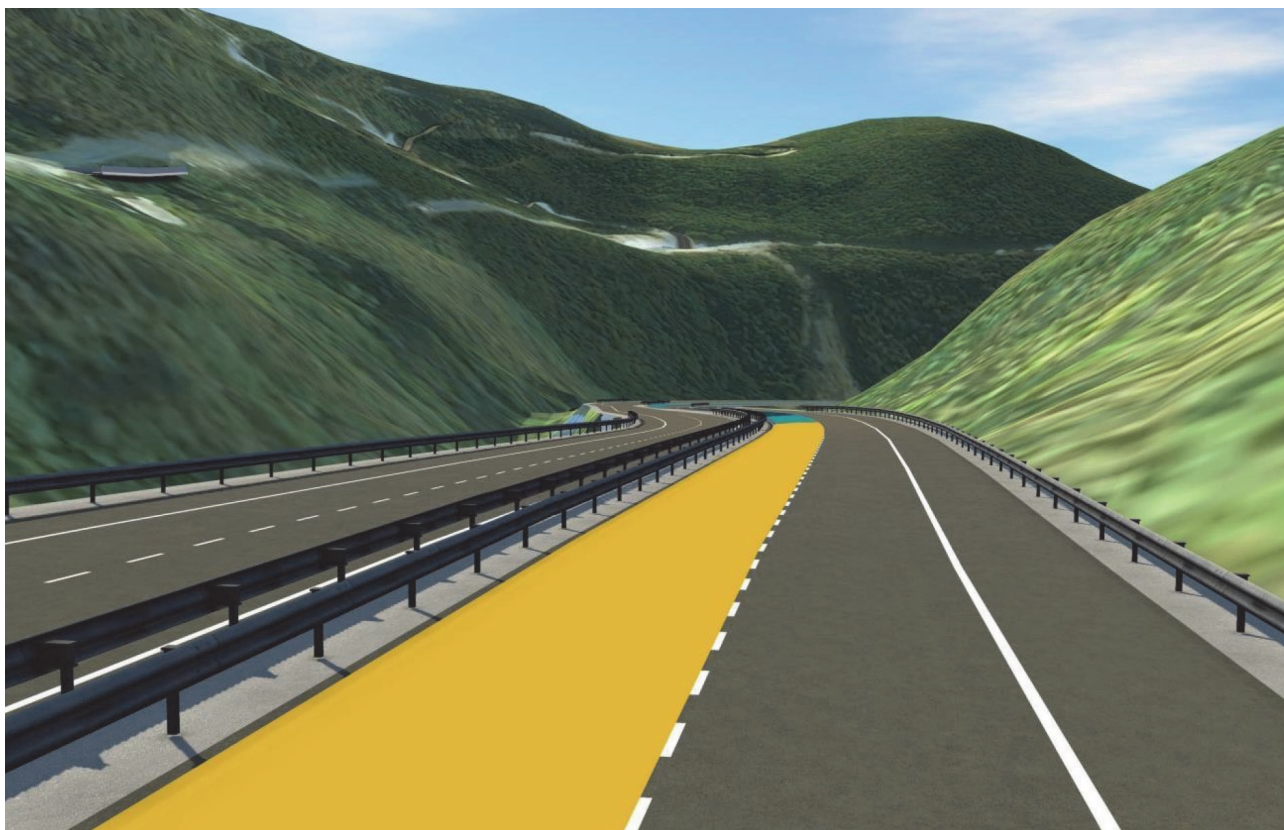
Slika 9. Primjer analize izopahijeta na rekonstrukciji raskrižja

2.3.1.6 Analize projektnih rješenja

Pregledi i analize projektnih rješenja također se smatraju postupkom u kojemu se BIM model primjenjuje za procjenu performansi nekog projekta u odnosu na skup traženih kriterija. Pojedine analize moguće je provesti izravno unutar alata za projektiranje, a projektni model, odnosno njegovu "virtualnu maketu", moguće je izvesti iz izvornoga programa te unijeti u specijalizirane programe za izradu raznih inženjerskih proračuna i analiza. Danas postoji mnoštvo dostupnih analiza koje se primjenjuju u inženjerskoj praksi, osobito kod složenih infrastrukturnih građevina gdje gotovo svaka od uključenih struka (geodeti, inženjeri građevinarstva, elektrotehnike, strojarstva) provodi vlastite postupke. Samo u građevinskoj struci postoje brojne analize/proračuni koje koriste projektanti prometnica (prometne analize, preglednost, utjecaj buke), odvodnje (slivna

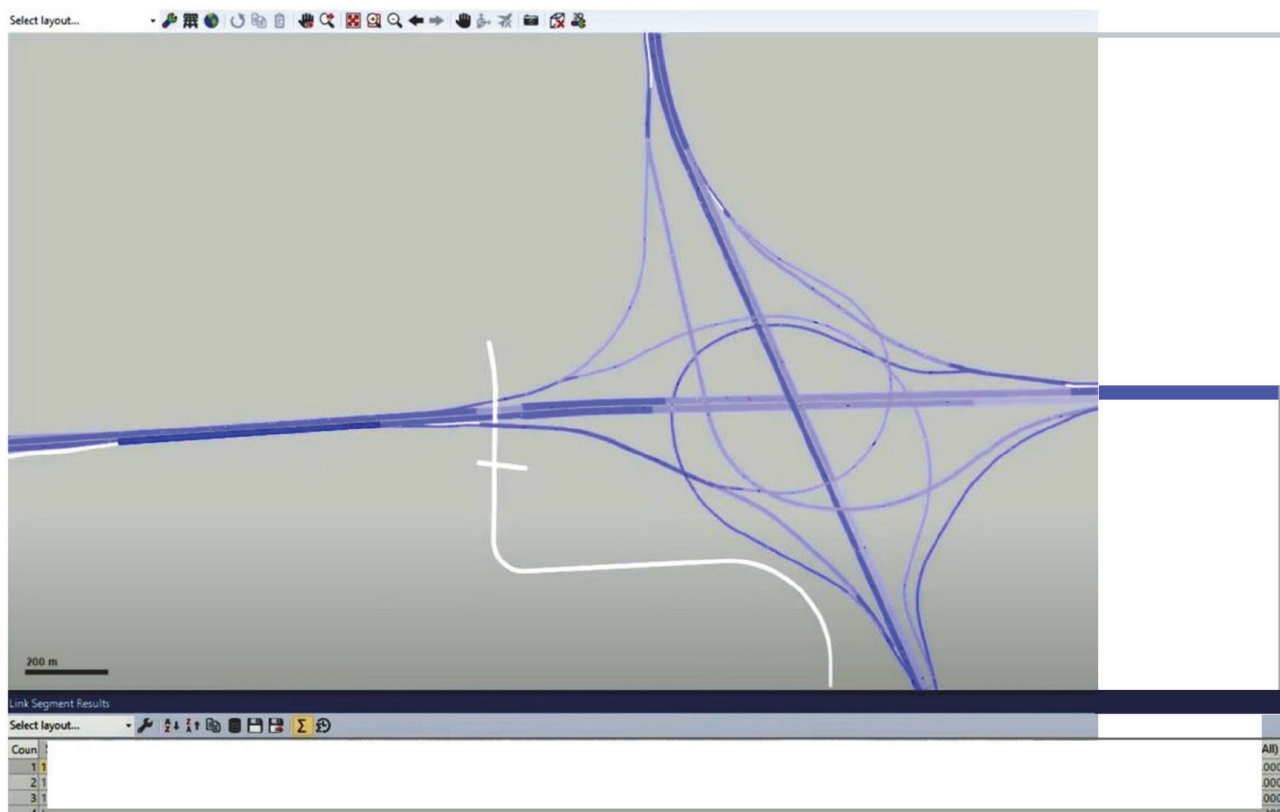
područja, simulacije funkcioniranja odvodnih sustava), objekata (razne konstrukcijske analize) i drugog. BIM pristup, u principu, pretpostavlja razmjenu podataka između više programa na bazi 3D modela uz što manji gubitak informacija pri uvozu/izvozu, ali u praksi se često pojavljuju problemi nedostatka interoperabilnosti. To je globalno dobro poznati problem i proizvođači softvera kontinuirano nude razne opcije ili predlažu nove radne postupke (*workflows*).

Jedna od čestih radnji jest analiza preglednosti na nekoj trasi. Projektant se mora uvjeriti u to da ima propisane vrijednosti za zaustavnu i pretjecajnu preglednost kao i za preglednost na prilazima raskrižjima. Tradicionalni način provjere najčešće se svodi na zasebne kontrole elemenata horizontalne i vertikalne preglednosti. S druge strane upotreba priloženih alata, na primjer, u *Infracore*u tipičan je primjer BIM podržanog postupka jer se provodi izravno na projektnome 3D modelu, a uzima u obzir brojne elemente okoliša i prisustvo raznih objekata uz trasu. To je i bitna razlika u odnosu na slične alate koje imaju i pojedini programi za projektiranje, a koji se izvode u CAD okružju. Na primjer, vegetacija, koja često ima velik utjecaj na preglednost, se u CAD alatima vrlo teško može modelirati/simulirati jer to prekomjerno usporava rad sustava, a slična je i situacija s utjecajem prometne opreme, na primjer, zaštitnih ograda koje također utječu na smanjenje preglednosti (slika 10.).



Slika 10. Primjer analize zaustavne preglednosti i utjecaja zaštitne odbojne ograde

Za drugi se primjer može uzeti provedba prometnih analiza. Prometne analize u ranim fazama projekta osobito su važne jer izravno determiniraju izbor koncepcijskoga rješenja. BIM alati u trenutačnim inačicama (*Infracore 2021* te *OpenRoads Concept Station*) pritom nude nešto drugačiji pristup. Tako su u *Infracore* već ugrađeni alati koji provode prometne simulacije izravno na projektiranome modelu (*Traffic Simulation* i složeniji *Mobility Simulation*). Proračun se, slično kao i u slučaju optimizacije trase i nivelete, izvodi u oblaku (engl. *Cloud*). *Mobility Simulation* vrlo je funkcionalan alat za izradu prometnih simulacija, međutim za sada nije doživio znatniju primjenu i validaciju rezultata u RH. S druge strane, *ConceptStation* ima omogućenu učinkovitu razmjenu podataka s i u RH dobro poznatim programom za prometne analize *PTV Vissim*om. Projektirana geometrija cesta/raskrižja unosi se izravno u *Vissim*, gdje se izvodi prometni proračun, a dobivena simulacija prometa vraća se u *ConceptStation*, gdje se dodaje modelu radi izrade prezentacije/vizualizacije (slika 11.).



Slika 11. Prometna analiza u PTV Vissimu i vraćanje rezultata u OpenRoads ConceptStation

2.3.1.7 Provjera usklađenosti sa standardima

Provjera usklađenosti (engl. *Code Validation*) postupak je pri kojemu se uz pomoć BIM alata provjeravaju različiti parametri modela prema odredbama projektnih pravilnika i standarda. Provjere usklađenosti najčešće uključuju analizu korištenih projektnih parametara kao što su kontrola horizontalnih i vertikalnih elementa trase u odnosu na odabranu projektnu brzinu, vitoperenje kolnika, provjere učinkovite odvodnje kolnika analizom nivelacijskih planova, već spomenute vrijednosti zaustavne i preticajne preglednosti, provjere slobodnog profila, duljine traka za ubrzanje i usporenje ili analize provoznosti mjerodavnih vozila kroz raskrižja. Treba reći to da je lista odabira postojećih standarda prema kojima softver izvodi provjere zasad relativno kratka pa manja tržišta poput RH nisu obuhvaćena, što znači da se većinom ne mogu odabrati postavke istovjetne hrvatskim pravilnicima. Također, još nije službeno podržan korisnički unos parametara, iako postoje datoteke s podacima koje je u osnovi moguće uređivati/korigirati. S obzirom na rast mogućnosti BIM alata, realno je očekivati barem mogućnost samostalnog unosa odredbi pojedinoga standarda kao i proširenje liste postupaka koji će podlijegati provjerama.

2.3.1.8 Iskazi količina i procjene troškova

Dobivanje iskaza materijala postupak je za određivanje količine materijala korištenih u određenome građevinskom projektu. Pravilna primjena BIM-a može omogućiti automatsko izdvajanje količina iz BIM modela te posljedično procjenu troškova projekta. BIM pristupom alati za idejni projekt koriste izravne veze s projektnim modelom, što omogućuje automatizirano iskazivanje količina. To je jedna od važnih prednosti BIM pristupa, jer već u ranim fazama projektiranja investitor može imati relevantne informacije o cijenama odabranih rješenja te na vrijeme utjecati na neophodne promjene u projektu kako bi se, na primjer, izbjeglo prekoračenje proračuna.

S prelaskom projekta u fazu glavnoga projekta projektno rješenje postaje znatno detaljnije pa se znatno povećava broj stavki i složenost prostornih podataka u BIM modelu. Dobro razrađeni BIM alati iz područja arhitekture (a uz pomoć brojnih standardiziranih elemenata) jako se dobro snalaze i u fazi izrade troškovnika za glavne projekte, čineći ga praktično potpuno automatiziranim.

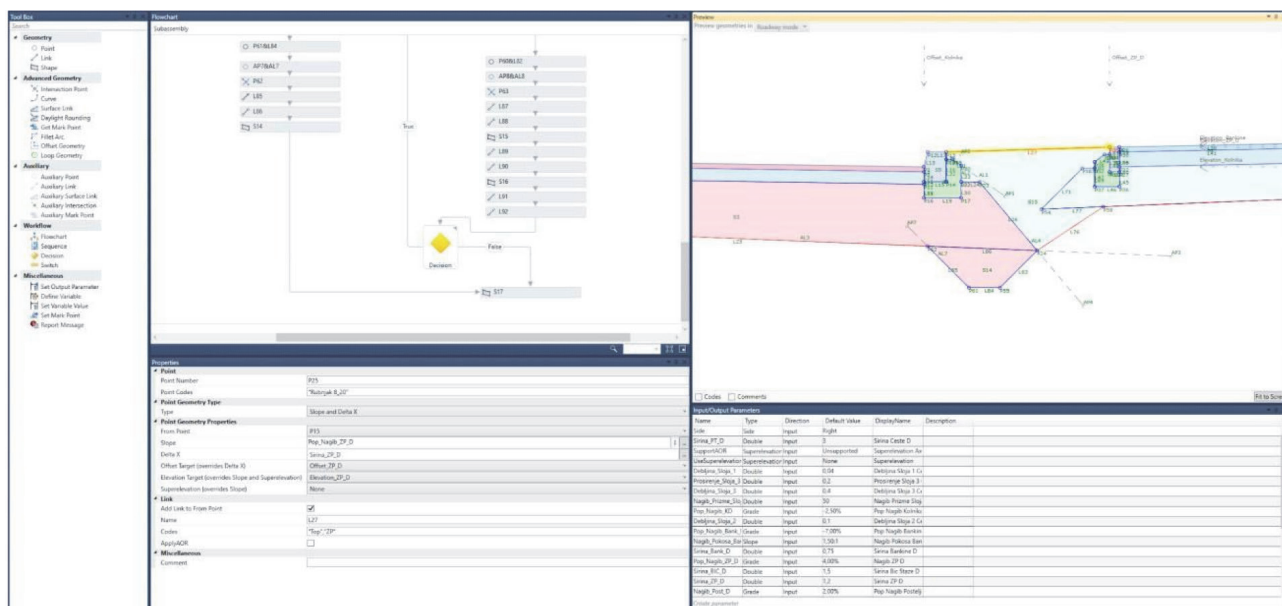
S druge strane, infrastrukturni projekti imaju velik udio tijela nepravilnoga oblika (npr. svi elementi u interakciji s terenom) koji predstavljaju određeni izazov za točnu izradu 3D modela. Još uvijek postoji i snažan utjecaj tradicionalne obrade i izgleda projekta (2D CAD-om često su se samo imitirali crteži koji su izrađeni ručno), što rezultira mnoštvom detalja i otežanim procesom učinkovite digitalizacije. Također, trenutne verzije projektantskih alata još uvijek imaju određene poteškoće kada je u pitanju kreiranje 3D elemenata za pojedine dijelove normalnoga poprečnog presjeka (različite obloge, zasjeci, stube, nasipi bankina i slično). Zato izrada dovoljno točnoga modela na koji se sa sigurnošću može osloniti u smislu preuzimanja količine pojedinoga rada može biti vremenski i tehnički zahtjevna. Ta problematika obrađena je i u drugim poglavljima ovih smjernica kao što su ona o BIM alatima i razinama razvoja BIM modela.

Zato je do daljnjega napretka mogućnosti i lakšeg korištenja softvera moguć kombinirani pristup, i to tako da se dio količina radova dobiva izravno iz BIM modela (bilo spomenutim operacijama s plohamo bilo iz 3D tijela), a preostale količine mjere se standardnim alatima u sklopu CAD-a, funkcijama softvera za planimetriranje poprečnih presjeka ili odgovarajućih apleta (npr. *lispova*).

Napredniji je pristup definiranje takvih korisničkih normalnih poprečnih presjeka koji omogućuju potpuno automatizirani iskaz količina. Točan postupak ovisi o primijenjenome softveru, a jedan od primjera jest uporaba *Autodesk Subassembly Composer*. Taj alat ima upravo tu namjenu, dokazan je u praksi i po pitanju korisničkoga sučelja prihvatljiv je inženjerima projektantima, no zahtijeva određenu stručnost i iskustvo, osobito na početku primjene (slika 12.). Poslije, odnosno kada tvrtka već raspolaže određenom bibliotekom elemenata / normalnih poprečnih presjeka, dolazi se i do znatno veće produktivnosti.

U pravilu, iskazi količina kreirani izravno iz 3D BIM modela precizniji su od tradicionalnih metoda izmjere preko poprečnih presjeka, gdje se najčešće koriste relativno veliki razmaci između poprečnih presjeka (uobičajeno na 20 m). Prilikom postavki 3D BIM modela željena točnost može se prilagoditi po potrebi te se obično kreće u granicama od jednog do pet metara.

Dodatna prednost je i dinamička povezanost između modela i mjerenih količina koja znatno olakšava ažuriranje stavki troškovnika u slučaju korekcija projekta.



Slika 12. Primjer definicije korisničkoga poprečnog presjeka iz *Subassembly Composer*a

2.3.2 BIM postupci u koordinaciji i kolaboraciji

2.3.2.1 Analiza kolizija (engl. *Clash Detection*)

Prema NBS-u (*National BIM Standard*), pojam “sudar” ili “kolizija” (engl. *Clash*) podrazumijeva situaciju u kojoj su komponente, koje su sastavni dio građevine, sukobljene i nisu prostorno koordinirane. Takve kolizije javljaju se uglavnom prilikom spajanja različitih tehničkih sklopova koji čine sastavni dio građevine. Trenutačna praksa rada na BIM projektima, preciznije, trenutačni razvojni stupanj BIM pristupa, BIM razine 2, podrazumijeva izradu zasebnih modela pojedinih tehničkih sklopova, na primjer, jedan model odnosi se na građevinski projekt prometnice, drugi na sustav odvodnje, a treći na elektroinstalacije. Ti modeli, zajedno s podacima koje sadržavaju, spajaju se u jedan sastavljeni model (engl. *Federated BIM model*) te na taj način čine kompletan model građevine. Prilikom njihova spajanja u sastavljeni model BIM pristupom moguće je uočiti nepravilnosti i pogreške u prostornoj i geometrijskoj koordinaciji projektnih disciplina. Proces uočavanja tih nepravilnosti i pogrešaka u BIM terminologiji naziva se “analiza kolizija” ili “detekcija kolizija” (engl. *Clash Detection*). Vrlo često ta rana detekcija nepravilnosti pomaže u točnijoj izradi vremenskih planova, daljnjim dogovorima i planiranjima s kooperantima i podizvođačima (npr. s montažerima) te, naravno, uočavanjem pogrešaka na projektu skraćuje se vrijeme i smanjuju troškovi njihova otklanjanja, što bi se u slučaju standardnoga pristupa najčešće događalo tijekom faze izvođenja. Cilj analize kolizija jest dobiti automatski izvještaj o prostornim kontaktima elemenata koji će se dogoditi ili su se već dogodili (Lin i Gottschalk, 2019).

Investitori koji su upoznati s BIM-om svjesni su prednosti koje pristup donosi, a time i s prednostima analize kolizija. Zbog toga vrlo često na BIM projektima kao zahtjev investitora stoji i pojam “Clean BIM model”. “Clean BIM model” ili “čisti BIM model” podrazumijeva model projekta i modele tehničkih sklopova projekta koji su očišćeni od neželjenih kolizija. U skladu s time može se očekivati to da i analize kolizija mogu biti zahtjev natječajne ili ugovorne dokumentacije BIM projekta.

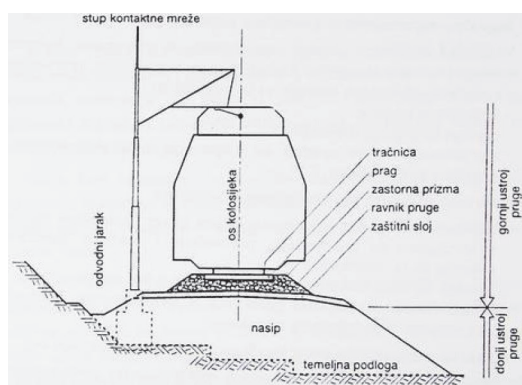
U *Općim smjernicama za BIM pristup u graditeljstvu* (HKIG, 2017) spomenute su tri vrste kolizija na BIM projektima, i to:

- **fizičke kolizije** (engl. *Hard Clash*) – virtualna kolizija dvaju elemenata koji zauzimaju isti prostor ili dio prostora
- **kolizije s tolerancijom** (engl. *Soft Clash*) – kolizija u definiranoj prostornoj toleranci (npr. kontakt elemenata modela sa servisnim prostorom određene opreme ili dva različita cijevna sustava moraju biti na dovoljnoj, prikladnoj razmaku)
- **kolizije zbog redoslijeda građenja** (engl. *4D Workflow Clash*) – kolizije prilikom izvođenja odnosno faznost građenja.

Važno je istaknuti to kako je zbog specifičnosti infrastrukturnih projekata te trenutačne tehnološke razvijenosti postojećih softvera za projektiranje i planiranje infrastrukturnih projekata ukupan potencijal analiza kolizija za tu vrstu projekata ograničen, odnosno nije toliko izražen kao što je izražen u projektima visokogradnje. Trenutačno dostupni softveri za planiranje infrastrukturnih građevina imaju ograničenu sposobnost međusobne korelacije različitih geometrija te pritom proizvode kolizije kojih u stvarnosti nema (Häußle i Borrmann, 2020). Takve kolizije BIM terminologija naziva “nebitnim kolizijama – NK” (engl. *Irrelevant clashes*). Nebitne kolizije nisu proizvod ljudske pogreške, nego softverske te ih je vrlo teško izbjeći u projektu.

Neki od čestih primjera nebitnih kolizija jesu (slika 13.):

- kolizija betonskoga praga (engl. *sleeper*) i tucanika (engl. *ballast*), na primjer, kod željeznica
- kolizija nasipa ispod tucanika i revizijskoga okna, odnosno šahta, na primjer, kod željeznica
- kolizija nasipa ispod tucanika i stupa kontaktne mreže, na primjer, kod željeznica
- kolizija nasipa i upornjaka, na primjer, kod mostogradnje; spoj kanalizacijske cijevi i revizijskoga okna.



Slika 13. Konstrukcija željezničke pruge, (izvor: <https://www.prometna-zona.com/glavni-dijelovi-pruge/>)

Takve pogreške sustava pri detekciji kolizija moguće je izbjeći, i to tako da se u analizi kolizija zadaju konkretni parametri koji se žele ili ne žele testirati. To zahtijeva detaljno poznavanje projektnoga zadatka, a time i struke, pripremni rad prije analize te pedantnost i organiziranost kako se ne bi isključili ili zaboravili svi parametri potrebni prilikom provjere projekta. Najčešće se taj pripremni rad može napraviti kao predložak za sve buduće projekte iste vrste, no treba voditi računa i o specifičnim parametrima projekta koji projekt čine jedinstvenim, a mogli bi utjecati na provjeru i analizu kolizija. Današnji softveri za analizu kolizija uglavnom imaju značajke kojima je rad moguće spremati kao predložak za buduće projekte te na sljedećemu, sličnom projektu samo pokrenuti testiranje na temelju parametara spremljenih u predlošku analiza (bez potrebe za ponovnom kolekcijom i izradom svih parametara i pripremnoga rada).

Metoda kojom se pri analizi ne pripremaju parametri kojima bi se željele izbjeći nebitne kolizije, već se cijeli model bez kriterija testira sam sa sobom, rezultat će velikim brojem kolizija koji će biti i prihvatljive i neprihvatljive, a zadatak osobe koja radi na analizi bit će definirati i odvojiti nebitne kolizije od bitnih.

Ako se prije analize kolizija ipak fokusira na pripremni rad, praksa predlaže izradu tzv. matrice kolizija (engl. *Clash Matrix*) kojom se definira što će biti fokus analize, koje se elemente analizira te kakve se vrste kolizija traže (fizičke, s prostornom tolerancijom i slično). Matrica kolizija dokument je koji prezentira kolizije između unaprijed definiranih elemenata odnosno dijelova projekta. Nakon analize kolizija moguće je generirati dobi-

vene rezultate i broj detektiranih kolizija između specifičnih kategorija elementa (slika 14.). Dobiveni rezultati provjeravaju se u matrici kolizija te se na taj način brže pregleda, klasificira i sumira broj nebitnih kolizija te zapravo skрати rad na evaluaciji rada koji bi se javio u slučaju analize bez pripremnoga rada. Činjenica da se matrica kolizija može ažurirati i primjenjivati na svim modelima znači da je ta metoda rada učinkovita i održiva.

 102-AURIC-ROAD VS UTILITY-CLASH MATRIX

ROADS	PW	RCW	FT	IS	RS
CURB	0	0	0	4	0
CHANNEL & STORM DRAIN	4	0	10	4	5
MEDIAN	0	0	6	2	0
BITUMINOUS CONCRETE	0	0	0	0	0
SEMI DENSE BITUMINOUS CONCRETE	0	0	0	15	0
DENSE BITUMINOUS MACADAM	0	0	0	27	12
WET MIX MACADAM	0	0	6	32	25
GRANULAR SUBBASE	0	0	7	8	8
SUBGRADE	0	0	131	169	100
CABLE TRENCH	5	0	21	24	6
FOOTPATH	0	0	0	11	11
Total	9	0	181	296	167

 102-AURIC-ROAD VS UTILITY-CLASH MATRIX

Date : 20th June 2016

ROADS	PW	RCW	FT	IS	RS
CURB	X	X	X	X	X
CHANNEL & STORM DRAIN	X	X	X	X	X
MEDIAN	X	X	X	X	X
BITUMINOUS CONCRETE	X	X	X	X	X
SEMI DENSE BITUMINOUS CONCRETE	X	X	X	X	X
DENSE BITUMINOUS MACADAM	X	X	X	X	X
WET MIX MACADAM	X	X	X	X	X
GRANULAR SUBBASE	X	X	X	X	X
SUBGRADE	X	X	X	X	X
CABLE TRENCH & RETAINING WALL	X	X	X	X	X
FOOTPATH	X	X	X	X	X
	X	X	X	X	X
Total					

Slika 14. Primjer matrice kolizija, (izvor: <https://techtute.global/3d-coordination/>)

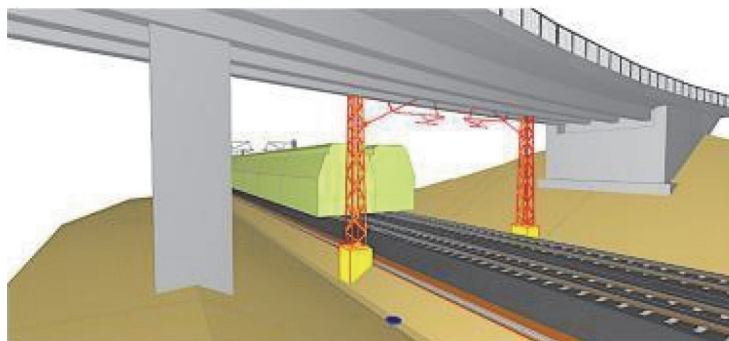
4D KOLIZIJE

Sve što je do sada navedeno uglavnom se odnosilo na standardne 3D kolizije – fizičke (engl. *Hard Clash*) ili prostorne (engl. *Soft Clash*). 3D detekcijom kolizija model se može provjeriti samo u određeno vrijeme, međutim važno je razmotriti i treću vrstu kolizija – kolizije prilikom faznosti građenja. Te vrste analiza kolizija najčešće se provode u fazi izvođenja te su osobito važne zbog činjenice da projekti sadržavaju elemente koji ne postoje u nekoj fazi projekta, na primjer, na početku ili na kraju projekta. Primjer takvih elemenata u projektu bili bi privremeni elementi poput skela, oplata ili sustava za zaštitu gradilišta (slika 15.). Prema tome, u svrhu analize 4D kolizija treba definirati statuse pojedinih elemenata. Za analizu predložena su četiri statusa:

- postojeći (engl. *Existing*) – elementi koji su postojali i prije početka neke izvedbe ili procesa
- uklonjeni (engl. *Demolished*) – postojeći elementi koji će biti uklonjeni s vremenom
- novi (engl. *New*) – elementi koji do sada nisu postojali i bit će izvedeni s vremenom
- privremeni (engl. *Temporary*) – elementi koji do sada nisu postojali i koji će biti izvedeni tijekom određene faze izvođenja, ali u jednome trenutku bit će i uklonjeni te na kraju projekta neće postojati.

Kako bi se otkrile potencijalne kolizije, razne aktivnosti izvođenja građevine mapiraju se kao statični slučajevi za otkrivanje kolizije. Za svaku od gore navedenih kategorija treba odrediti relevantne testne skupove projekta koje literatura dijeli na tzv. lijeve i desne testne skupove (Häußle i Borrmann, 2020), premda ih se može imenovati i na drugačiji način. Polazi se od pretpostavke da su na početku građenja svi postojeći elementi dostupni (govori se o vremenu $t = 0$) te su ti elementi dodijeljeni u tzv. lijevi skup. U vremenu $t = 1$ događa se neka radnja/aktivnost tijekom izvođenja građevinskoga projekta, na primjer, uklanjaju se neki **postojeći** elementi ili se izvede neki **novi** elementi. Ako se neki **postojeći** elementi uklanjaju, potrebno ih je maknuti iz tzv. lijevoga skupa jer ne mogu utjecati na buduće kolizije, a ako se izvede **novi** elementi, treba ih dodati u tzv. desni testni skup. Nakon što su stvorena oba testna skupa (tzv. lijevi i desni skup), za tu aktivnost, odnosno za taj statičan slučaj, moguće je provesti analizu kolizija. Sljedeća analiza kolizija generira se u vremenu $t = 2$ odnosno za sljedeću radnju/aktivnost tijekom izvođenja građevinskoga projekta. Pritom se elementi koju su u prethodnoj analizi imali status **novih** prebacuju iz tzv. desnog skupa u tzv. lijevi jer predstavlja postojeće elemente za sljedeće faze, odnosno aktivnosti projekta. Takozvani desni skup izrađuje se u skladu s radom aktivnosti koju se analizira. Svaka sljedeća statična analiza za specifičan rad/aktivnost generira se na isti način, odnosno po gore navedenom principu.

Budući da se tom metodom dinamički proces gradilišta svodi na pojedinačne vremenske točke, može se očekivati i situacija kada će se dvije aktivnosti provoditi istodobno te će se provjeravati jedna za drugom. Problem do kojega može doći u takvim situacijama jest scenarij prema kojemu element koji pripada jednoj aktivnosti biva uklonjen u drugoj. U određenim okolnostima te kolizije možda neće biti pravilno prepoznate i zato treba pažljivo pratiti 3D model vremena i prostora.



Slika 15. Primjer 4D kolizije

Elementi koji se tijekom izvođenja klasificiraju kao **privremeni** mogu se dodijeliti samo jednoj kategoriji i to tako da budu predstavljeni i kao **novi** i kao **uklonjeni**, a točka u vremenskom planu u kojoj se mijenja njihov status mora biti zabilježena. Općenito, neovisno o vrsti projekta i kolizija, postupak kvalitetne analize kolizija sastoji se od nekoliko ključnih koraka (*BIM Dictionary*, slika 16.):

1. korak: Definiranje strategije analize kolizija

To je tzv. pripremni rad. Taj korak podrazumijeva identifikaciju preduvjeta za model, dokumenata i skupova podataka potrebnih za analizu kolizija, identifikaciju kriterija za rješavanje kolizija – prepoznavanje vrste kolizija, prioritetnost kolizija i definiranje kriterija za irelevantne kolizije, pregledavanje materijala s uputama za otkrivanje kolizija, pregled lista generiranih s prošlih projekata kao podloga za učenje na novim projektima s preporučenom praksom rada (engl. *Lessons learned lists*) te definiranje broja ciklusa analiza kolizija i metoda analiza po svakome ciklusu. Najčešće je taj korak sastavni dio strategije rada na BIM projektu opisane u BIM izvedbenome planu (engl. *BIM Execution Plan – BEP*).

2. korak: Priprema modela specifičnoga tehničkog sklopa, odnosno modela, za spajanje u sastavljeni BIM model

Korak obuhvaća radnje poput konvencije imenovanja datoteka svakog tehničkog sklopa projekta/modela, definiranje elemenata unutar tehničkog sklopa/modela koji će se kontrolirati, provjeru na oko vidljivih propusta i dupliciranja tehničkog sklopa/modela te provjeru potencijalnih oštećenja podataka i pogrešaka na razini dokumenta tehničkog sklopa/modela. I taj korak može biti strateški opisan u BEP-u.

3. korak: Spajanje modela u FBIM model (engl. *Federated BIM Model* – hr. sastavljeni BIM model) u cilju izrade analize kolizija

Identifikacija softverskih alata i verzija korištenih za izradu modela te identifikacija okoline za razmjenu podataka (engl. *Common Data Environment – CDE*) koristi se kao platforma svih vrsta informacija. Vrlo često je i taj dio opisan u BEP-u. Prije nego što se počne raditi na projektu, važno je u suradnji s ostalim sudionicima u projektu definirati i propisati sve alate i njihove verzije koji će se koristiti te konačne formate isporuke. Često su u BEP-u opisani i okolina za razmjenu podataka te proces njezina korištenja.

4. korak: Priprema FBIM modela (engl. *Federated BIM* – hr. sastavljeni BIM model) za analizu kolizija

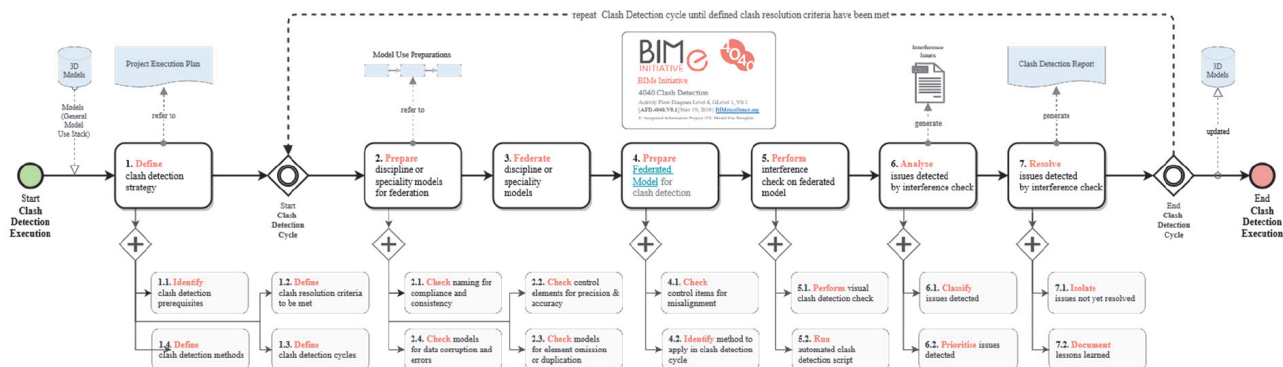
Taj korak podrazumijeva utvrđivanje metode, pravila i vizualnih strategija koji se koriste u analizi kolizija te softverskih rješenja za provođenje utvrđene metode analize kolizija i provjere neusklađenosti sastavljenog modela (FBIM).

5. korak: Izvođenje analize kolizija na FBIM modelu

Taj korak podrazumijeva vizualnu provjeru otkrivanja kolizija na sastavljenom modelu, pokretanje skripte za otkrivanje kolizija te evaluaciju rezultata analize kolizija.

6. korak: Razvrstavanje, definiranje prioriteta i generiranje liste problema

Taj korak obuhvaća rješavanje neprihvatljivih kolizija. Potrebno je izolirati probleme koji zahtijevaju rješavanje, dokumentirati naučeno iz izvještaja analize kolizija te izraditi i podijeliti izvještaje analize kolizija s relevantnim stranama, odnosno sa sudionicima u projektu.



Slika 16. Dijagram procesa analize kolizija, (preuzeto: <https://bimdictionary.com/en/clash-detection/1>)

2.3.3 BIM postupci za vrijeme građenja

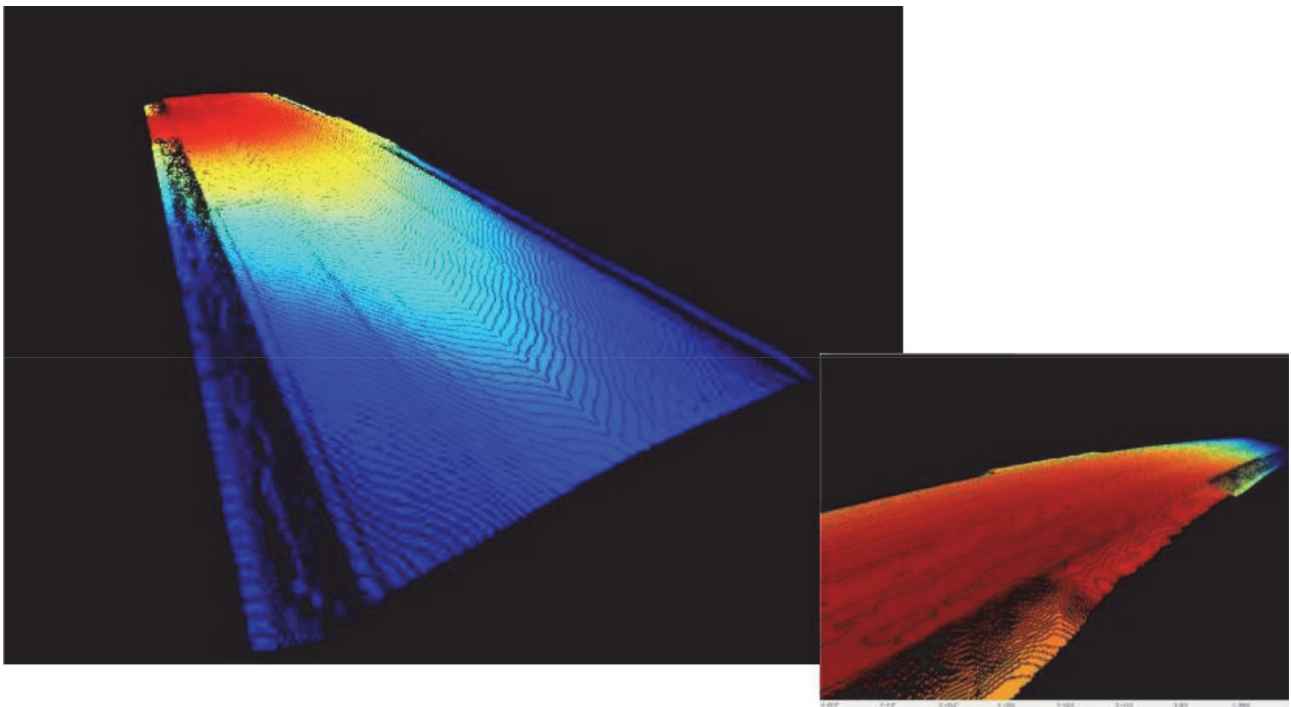
Primjena BIM-a korisna je i tijekom faze građenja. Omogućava bolje planirani postupak građenja koji minimizira konflikte i pogreške te u konačnici štedi novac i vrijeme. Korištenje BIM-a u fazi građenja pokazalo se korisnim u koordinaciji aktivnosti na gradilištu radi sprečavanja sukoba ljudi i materijala uz smanjenje kašnjenja, što rezultira većom učinkovitošću.

2.3.3.1 Korištenje na gradilištu (BIM za mobilne uređaje)

Ljudske pogreške mogu se dogoditi u fazi gradnje i uz pretpostavku da je BIM model projekta točan te da su izbjegnute pogreške i propusti u fazi projektiranja. Napredne tehnologije kao što su tableti i pametni telefoni omogućuju raznim dionicima (glavni izvođač, podizvođači, dobavljači) da koriste BIM modele na gradilištu za koordinaciju i prikupljanje ažurnih projektnih podataka uz pomoć BIM aplikacija kao što su *Autodesk 360*, *Bentley Navigator Mobile* ili *Viewpoint for Projects Mobile App*. Ti se alati mogu koristiti i za dijeljenje BIM modela u mrežnome okruženju i za razne aktivnosti na gradilištu kao što su otkrivanje kolizija ili virtualna šetnja kroz projekt.

2.3.3.2 Lasersko skeniranje

Tehnologija 3D laserskoga skeniranja precizno bilježi detalje postojećega terena ili izvedenoga stanja, a može se povezati sa softverom kako bi se pružile informacije o građevini koja je predmet BIM modeliranja (slika 17.). Drugim riječima, može se koristiti za pripremu podataka *as-bulit* (izvedeno stanje) detalja, za primjenu RFID (*Radio Frequency Identification*) tehnologije za praćenje statusa isporuke materijala ili zajedno s GPS-om (*Global Positioning Systems*) za provjeru lokacije te za primjenu tehnologije strojnoga navođenja planiranja ili iskopa. Lasersko skeniranje vrlo je prikladno za kontrolu izvedbe geometrije slojeva kolničke konstrukcije kako za nove dionice tako i za projekte rekonstrukcije cesta ili pruga. Laserskim skeniranjem može se točno izmjeriti geometrija novih slojeva kolnika i doći do podataka potrebnih za izradu izvedenoga 3D modela površine pojedinoga sloja koji je dalje BIM alatima moguće komparirati s projektiranom plohom.



Slika 17. Primjer snimka izvedene plohe kolnika metodom laserskoga skeniranja

2.3.3.3 GPS navođenje

Sustavi upravljanja građevinskim strojevima GPS navođenjem poboljšavaju učinkovitost rukovatelja i preciznost izvedbe. Nagibi su kontrolirani uz pomoć modela, a eventualne promjene u projektu šalju se bežično izravno iz ureda u sustav stroja. Kako radovi odmiču, tako se podaci o izvedenom stanju vraćaju u model za praćenje radova te za osiguranje i kontrolu kvalitete (slika 18.).



Slika 18. Primjer sučelja GPS navođenja

Vodeći izvođači u području infrastrukture učestalo upravljaju strojevima uz pomoć te tehnologije na velikim i složenim projektima. Grejderi, dozeri, bageri i rovokopači opremaju se ugrađenim računalima, a na noževima i utovarnim lopatama nalaze se GPS uređaji. GPS bazna stanica postavlja se zasebno na gradilištu ili se izvođač pretplaćuje na regionalnu GPS uslugu. Baza stanica komunicira s GPS prijemnikom na pojedinome dijelu opreme kako bi precizno utvrdila njezin položaj, odnosno 3D koordinate, kako se stroj i pripadajuća oprema kreću gradilištem (slika 19.).



Slika 19. Primjer uporabe 3D upravljanja građevinskim strojem

Ovisno o vrsti opreme i funkciji koja se želi postići, raonik ili žlica bagera automatski će odgovoriti na projektirani položaj iz modela i prilagoditi se potrebnoj visini plohe ili dubini iskopa. Podaci i analize provedene na projektima izvedenima uz pomoć te tehnologije upućuju na znatno veću točnost izvedbe cesta, pruga ili rovova za postavljanje infrastrukture. Osim ploha odnosno slojeva kolnika elementi modela mogu obuhvaćati rubnjake, rasvjetne stupove, elemente prometne opreme, revizijska okna ili bilo koji drugi element projekta. Svi ti elementi mogu se unijeti u GPS radi kontrole točne lokacije i instalacije u skladu s projektom. Krajnji je rezultat građevina sagrađena prema zahtjevima projekta s minimalnim udjelom pogrešaka. Iz ovoga pojednostavljenog opisa vidljiv je način funkcioniranja tog BIM postupka, a iskustva govore da su očekivane koristi poput ušteda troškova i skraćanja vremena gradnje realne i mjerljive.

2.3.3.4 Koordinacija, organizacija i logistika gradilišta

Planove građenja izvođač standardno priprema kao dio svojih mobilizacijskih aktivnosti prije početka radova na gradilištu. BIM pristup podrazumijeva izradu 3D modela gradilišta koji bi trebao uključivati gradilišne urede, prostore za utovar i skladištenje, smještaj podizvođača, parkirališta za automobile i strojeve, ulaze, privremene ceste, mjesta za dizalice s radijusima i kapacitetima, odvojene pristupe za pješake, postrojenja za pranje kotača te privremene usluge (tj. električna energija, rasvjeta, distribucija i odvodnja vode, instalacije informacijske i komunikacijske tehnologije, sigurnosni sustavi na gradilištu i drugo). Uz pomoć BIM-a i inteligentnih algoritama shema gradilišta može se automatski generirati i dinamički optimizirati. Dobra koordinacija gradilišta za sve sudionike u gradnji osobito je važna kada se radi na terenski zahtjevnim mjestima ili u gustome urbanom okruženju. BIM također pruža mogućnosti poput virtualnih šetnji ili perspektivnih prikaza kritičnih dijelova gradilišta kako bi se izbjegli konflikti općenito ili konflikti koji se mogu dogoditi tijekom određene faze radova na gradilištu. Mogu se koristiti i analize za provjeru pristupačnosti pojedinih tipova vozila i opreme te za primjenu mjera usmjerenih na poboljšanje sigurnosti rada.

Izazovi organizacije gradilišta infrastrukturnih projekata mogu biti vrlo veliki jer su gradilišta često nepristupačna i razvučena na velikim udaljenostima. Posebno može biti zahtjevna izgradnja mostova i tunela. Zbog toga kvalitetna priprema svih aspekata gradilišta i građevinskih procesa omogućenih BIM pristupom može donijeti znatne prednosti. Infrastrukturni projekti često imaju izravan utjecaj na okolne ceste i naselja pa gotovo uvijek postoji potreba za privremenim regulacijama prometa, najčešće i u više faza. Primjena BIM pristupa može stvoriti realnije modele tijeka prometa u različitim fazama gradnje i omogućiti njihovu bolju prezentaciju te na taj način poboljšati komunikaciju s predstavnicima lokalnih zajednica i stanovništvom na čije svakodnevno funkcioniranje izgradnja može imati znatan utjecaj.

2.3.3.5 Praćenje napretka građenja

Današnja praksa praćenja napretka građenja uglavnom se temelji na dnevnim ili tjednim izvještajima koji uključuju intenzivno ručno prikupljanje podataka, što je često opterećeno pogreškama u transkripciji ili pri unosu podataka. Ta izvješća zatim proučavaju terenski inženjeri i/ili nadzorni inženjeri zajedno s 2D crtežima, projektnim specifikacijama, količinama radova i detaljima kako bi utvrdili napredak postignut do određenoga datuma. Nakon toga proučava se planirani raspored građenja kako bi se utvrdilo trenutačno stanje po pitanju predviđenoga i stvarnoga napretka radova.

Ti postupci zahtijevaju znatan opseg manualnoga rada koji je vremenski zahtjevan, a može utjecati i na kvalitetu procjene napretka. BIM modele integrirane s postupcima laserskoga skeniranja, GPS-a i mobilnoga računarstva već uvelike primjenjuju vodeće tvrtke u području izvođenja infrastrukturnih projekata, a rezultati pokazuju velike koristi u podršci praćenja napretka radova. Kombiniranje tehnologije 3D prepoznavanja objekata s informacijama o planiranome rasporedu u kombiniranoj 4D objektno-orijentiranoj simulaciji omogućava voditelju projekta da učinkovito procijeni trenutačni napredak građenja i da donese pravodobne odluke u slučaju pojave kašnjenja u odnosu na plan.

2.3.4 BIM postupci tijekom održavanja

Kada se govori o BIM postupcima u održavanju, riječ je o puno širem spektru aktivnosti upravljanja resursima i uslugama u cjelokupnome životnom vijeku građevina, a infrastrukturne građevine u tome nisu iznimka. Promatrajući kroz financijsku perspektivu, troškovi nastali u fazi projektiranja i građenja obično čine mali postotak ukupnih troškova građevine tijekom njezina cjeloživotnog vijeka. Prema aktualnoj statistici, troškovi upravljanja građevinom čine približno 60 – 70 posto ukupnih troškova vlasništva (*Total Cost of Ownership / Life Cycle Costs*) tijekom cjeloživotnoga vijeka te građevine (u prosjeku 50 godina). Kod infrastrukturnih građevina taj omjer smanjuje se kada je riječ o troškovima upravljanja, no produljuje se prosječni životni vijek infrastrukturne građevine.

Imajući u vidu količinu troškova vezanih uz fazu upravljanja, jasno je to da poboljšanje faze projektiranja i građenja može znatno utjecati na operativnu fazu upravljanja građevinama te u skladu s time ostvariti velike uštede. Upravo BIM kroz racionalizaciju procesa građenja i pružanje pomoći svim sudionicima u donošenju boljih odluka na temelju pravodobnih i čvrstih informacija omogućuje takve koristi.

Ključni elementi uspjeha BIM-a u postupcima održavanja jesu razumijevanje toga da se specifična pitanja iz faze projektiranja/gradnje izrazito razlikuju od onih u fazi upravljanja građevinama tijekom održavanja te da treba promijeniti paradigmu korištenja informacija, odnosno da težište treba staviti na I umjesto na M u sklopu pokrate BIM. U skladu s time važno je razumjeti to da su BIM modeli primarno stvoreni za specifične namjene koje nemaju poveznicu s postupcima tijekom održavanja i općenito tijekom upravljanja resursima i uslugama u građevinarstvu kao što su omogućavanje suradnje projekatata raznih struka tijekom faze projektiranja, otkrivanje kolizija (sudara) prije početka gradnje te planiranje procesa i njihovo praćenje kroz BIM model u postupku gradnje.

BIM u fazi upravljanja sekundarna je funkcija izvedena iz standardnoga BIM-a koja omogućuje iskorištavanje prednosti relevantnih informacija uključenih u BIM model gradnje za cjelokupni životni vijek građevina. Fokus se prebacuje s grafičkih elemenata i njihovih parametara na alfanumeričke podatke koje sadržavaju elementi unutar BIM modela. Većina informacija o elementima, opremi i sustavima sadržanima u bazi podataka BIM modela potrebna je za kvalitetno upravljanje građevinama, odnosno za upravljanje imovinom, preventivno održavanje, održavanje na zahtjev, zaštitu na radu i drugo.

Tradicionalno, većina podataka o netom sagrađenoj infrastrukturnoj građevini pohranjuje se u papirnatim dokumentima, a sama građevina kao konačni proizvod predaje se zajedno s mnoštvom kutija i gomilama jamstava i priručnika za vlasnike odnosno upravitelje. Jedan od najvećih problema u radu s informacijama na kraju projekta jest ogromna količina priložene dokumentacije koju se mora arhivirati, ali i organizirati tako da bude korisna u postupcima održavanja. Brojni se problemi javljaju kada se crteži izvedenoga stanja ne podudaraju sa stvarnim građevinskim i inženjerskim promjenama, međutim BIM pristup podrazumijeva jedan model za pohranu svih podataka o građevini, njezinim sustavima i komponentama. Te podatke mogu (i trebaju) iskoristiti upravitelji infrastrukturnom građevinom jer to funkcioniranje i održavanje građevine čini učinkovitijim. Kada se projektni model ažurira tijekom faze gradnje, on postaje model izvedene građevine (engl. *as-built*) koji se predaje vlasniku. Takav model osim same građevine sadržava i sve specifikacije, upute za održavanje i rad te potrebne informacije o jamstvu ugrađenih materijala i opreme.

Kao rezultat toga BIM omogućuje prijenosa podataka o građevini iz faze projektiranja i izgradnje u fazu održavanja. Na tržištu postoje informacijski sustavi koji nude dijelom automatizirani prijenos podataka iz projekata izvedenog stanja u računalne sustave za upravljanje održavanjem. Međunarodni standard interoperabilnosti COBie (engl. *Construction Operations Building exchange information*) jest okvir za pohranu podataka tijekom čitavoga procesa projektiranja i gradnje, no zasad nema znatne primjene toga standarda za infrastrukturne projekte, osim manjeg broja primjera u Velikoj Britaniji i nekim razvijenim zemljama Dalekog istoka.

2.3.4.1 Ažuriranje (evolucija) modela

Ažuriranje BIM modela kao digitalnoga zapisa (engl. *Record Modelling*) postupak je koji se primjenjuje za prikaz fizičkih uvjeta, uvjeta okoliša i imovine na nekoj građevini. Svojevrсна je kulminacija BIM modeliranja provedenoga tijekom cijeloga ciklusa projekta: od specifikacija prije gradnje do projektne i izvedbene doku-

mentacije. Treba sadržavati podatke iz svih struka uključenih u gradnju, na primjer, podatke o građevinskome projektu prometnice, odvodnji, prometnoj opremi, objektima ili cestovnoj rasvjeti. Dobiveni ažurirani model jest mjerodavan izvor informacija koji se koristi za planiranje i izvođenje promjena tijekom životnoga ciklusa infrastrukturne građevine. Zato bi se tijekom procesa gradnje moralo voditi računa o kontinuiranoj evoluciji BIM modela kako bi odražavao aktualne informacije potrebne za učinkovito i djelotvorno korištenje prilikom izvođenja operacija rada i održavanja.

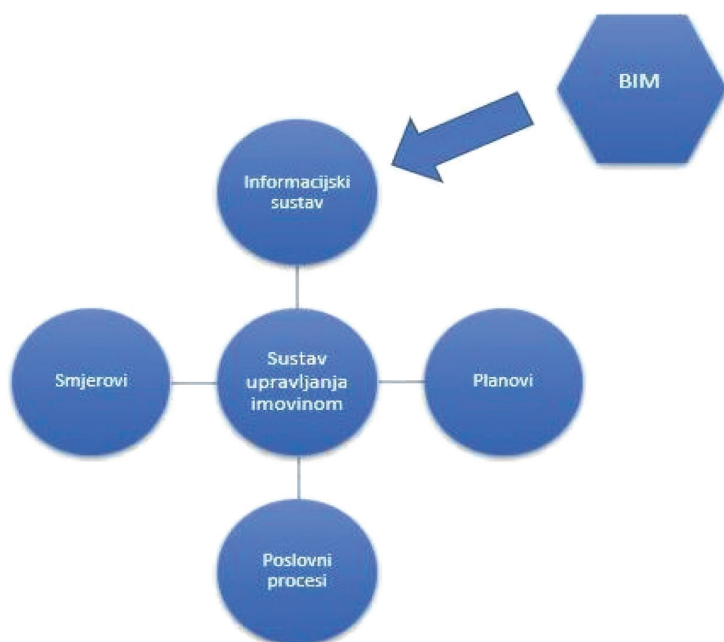
2.3.4.2 Tehnički pregled građevine (primopredaja vlasniku)

Postoji više načina na koje BIM može poboljšati primopredaju vlasniku odnosno tehnički pregled građevine (engl. *Commissioning*). Osim što je BIM po svojoj prirodi metodologija, BIM je spremište informacija o životnome ciklusu građevinskoga projekta. Strukturirana i integrirana priroda BIM modela pomoći će projektnome timu da prijeđe s načina rada koji je usmjeren na papirnati dokument prema digitalnome repozitoriju podataka. Ako je ispravno postavljen, BIM će povezati podatke s procesima i ljude s tim procesima u realnome vremenu. Postupak tehničkoga pregleda građevine može se pojednostaviti korištenjem specijaliziranoga softvera koji prati svu opremu, sustave, provjere i testove koje treba pokrenuti te u skladu s time njihov status. Takav zajednički alat koji je dostupan na raznim informatičkim platformama (također na mobilnim uređajima) omogućava svim sudionicima zajedničko okruženje za rješavanje problema te za pregled statusa testova i obradu iznimki. U procesu primopredaje vlasnik dobiva digitalnu preslike (engl. *Digital Twin*) građevine koja, među ostalim, sadržava:

- potpuni registar imovine i komponenata onoga što je instalirano te pozicija na kojemu je instalirano
- funkcionalan i logičan opis rada opreme
- ugrađena svojstva i parametre koji opisuju projektirane zahtjeve kao i isporučene kapacitete i performanse
- poveznice do postupaka održavanja, operativnih priručnika, podataka o proizvodima i drugog
- povijesne podatke o ugrađenim elementima.

2.3.4.3 Upravljanje imovinom

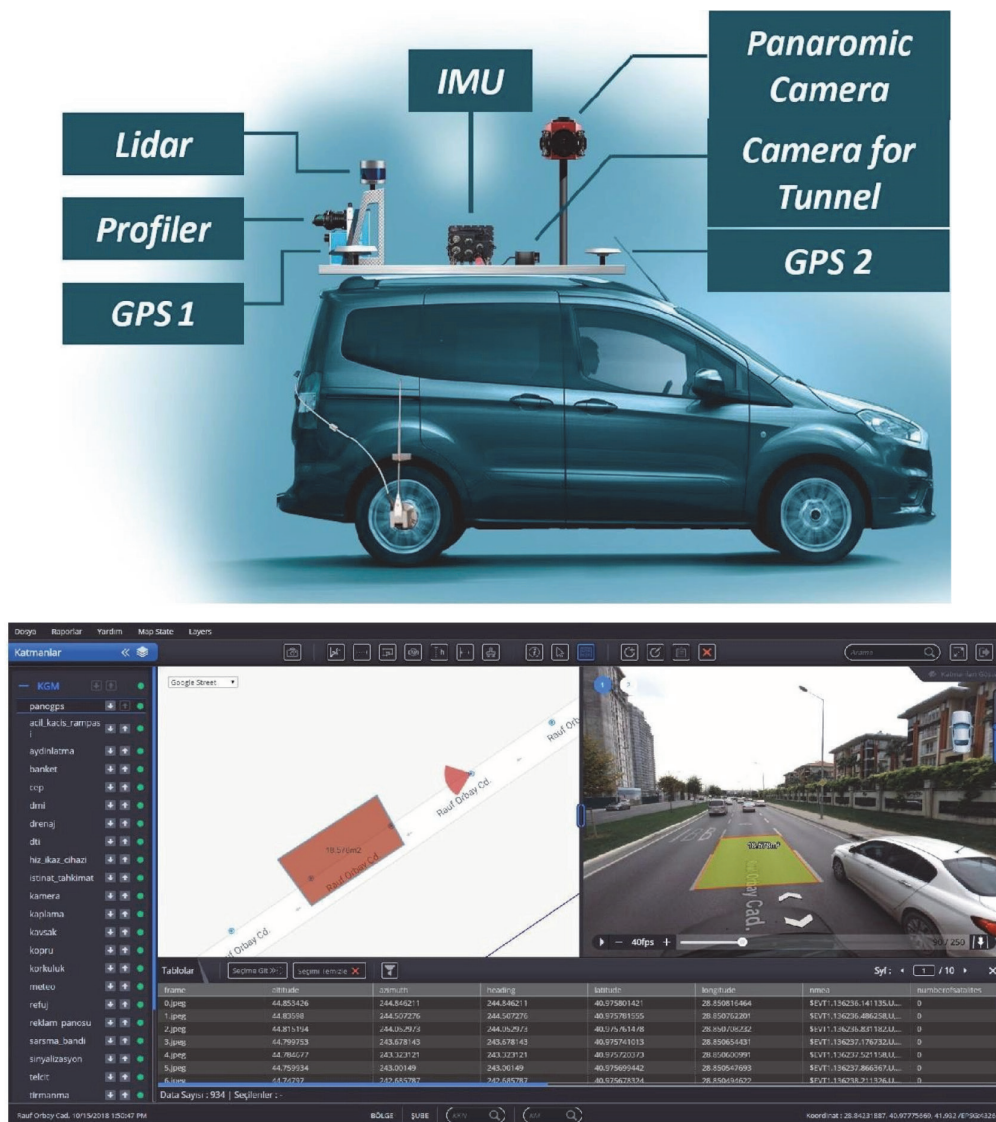
Sustav upravljanja imovinom jest skup međusobno povezanih i interakcijskih elemenata organizacije, čija je funkcija uspostava smjerova i ciljeva upravljanja imovinom te procesa potrebnih za postizanje tih ciljeva. U tome kontekstu elemente sustava upravljanja imovinom treba promatrati kao skup alata, uključujući informacijske sustave, koji su integrirani kako bi se omogućilo to da aktivnosti upravljanja imovinom budu provedene (slika 20.). Taj informacijski sustav za upravljanje infrastrukturnim građevinama mogao bi se implementirati iz BIM modela.



Slika 20. Prikaz sustava za upravljanje imovinom prema ISO 55000-1 (engl. *Asset Management System*)

Upravljanje imovinom (engl. *Asset Management*) može se smatrati organiziranim sustavom za učinkovito održavanje i funkcioniranje neke infrastrukturne građevine zajedno s cijelom imovinom kojom gospodari vlasnik/upravitelj. Ta imovina uključuje raznu opremu, sustave i fizičke elemente neke ceste, autoceste ili pruge kojima treba upravljati i čije održavanje, nadograđivanje ili rekonstruiranje treba planirati. Upravitelj mora provoditi sve te aktivnosti na što većoj razini učinkovitosti, ali istodobno na zadovoljstvo korisnika i uz poštivanje visoke razine sigurnosti. Organizirani sustav upravljanja pomaže u donošenju financijskih odluka, u kratkoročnome i dugoročnome planiranju. Upravljanje imovinom koristi podatke pohranjene u ažuriranome BIM modelu za popunjavanje sustava upravljanja imovinom. Sustav se zatim primjenjuje za utvrđivanje implikacija troškova promjene ili nadogradnje opreme odnosno imovine. Dvosmjerna veza omogućuje stručnjacima iz održavanja da pregledaju element imovine (engl. *asset*) u modelu prije servisiranja, zamjene ili obnove, potencijalno skraćujući vrijeme potrebno za pružanje usluge. Dio tima za održavanje treba imati potrebne kompetencije, odnosno mora biti sposoban u smislu upravljanja, kretanja i pregledavanja 3D modela te općenito manipulacije sustavom upravljanja imovinom.

Za prikupljanje velike količine podataka koji čine element imovine neke cestovne mreže (npr. cjelokupna mreža državnih cesta ili autocesta u nekoj zemlji) obično se koriste visokospecijalizirani sustavi koji se sastoje od vozila koje snima georeferencirani video i/ili 3D oblak točaka te softverske podrške koja na temelju snimka može prepoznati i katalogizirati pojedini element imovine kao što su prometni znak, zaštitna ograda ili stanje kolnika (slika 21.).



Slika 21. Primjer vozila za prikupljanje podataka (slika gore) te sučelja za katalogiziranje snimljenoga georeferenciranog videa (slika dolje)

2.3.4.4 Upravljanje linijskim prijevoznim sustavima

BIM kompatibilna rješenja za upravljanje cestovnom ili pružnom infrastrukturom pomažu upraviteljima tih sustava omogućavanjem uspostave digitalne središnje platforme na kojoj mogu planirati, upravljati i održavati prometnu mrežu koja se neprekidno mijenja te poboljšavati brojne zahvate modernizacije, rekonstrukcije i nadogradnje. Sustavi obično uključuju geoprostorni položaj raznih elemenata infrastrukturne građevine, grafički prikaz mreža (trasa) i njihov geoprostorni kontekst u obliku tematskih karata. BIM rješenja uključuju tijekove izgradnje i upravljanja infrastrukturnim modelima, analizu trenutačnih uvjeta pod kojima infrastruktura funkcionira, prijedloge poboljšanja i planiranje budućega razvoja, što su sve komponente potrebne za učinkovito upravljanje imovinom neke linijske građevine odnosno mreže. BIM podaci omogućuju suradnju i distribuciju raznih georeferenciranih podataka, a BIM podržane aplikacije pružaju tehnološki okvir potreban za ekonomičnu i učinkovitu komunikaciju koja uključuje takav tip informacija.

2.4 Pregled BIM alata

2.4.1 Uvod

Primjena BIM pristupa nije jedinstven proces kojeg omogućuje jedan softver. Naprotiv, radi se o mnoštvu međusobno povezanih procesa koji zahtijevaju kombinaciju raznih softverskih rješenja. Pri tome svaki odabrani softver treba imati specifične funkcionalne sposobnosti za obavljanje određenih zadataka, odnosno predviđenih BIM postupaka. Iako su objektivne mogućnosti alata za primjenu BIM-a u infrastrukturnim projektima u pojedinim slučajevima manjkave, osobito u usporedbi s alatima namijenjenima visokogradnji, već danas je dostupan vrijedan i raznorodan skup alata. Iz godine u godinu vidljivi su daljnji razvoj i proširivanje mogućnosti tih alata. Ne postoji idealna aplikacija za sve vrste projekata i zadataka pa odabir BIM pristupa općenito pokreće potrebu za korištenjem nekoliko aplikacija s jasnim protokolima za učinkovitu razmjenu podataka. Podjela BIM alata po vrsti prikazana je u sljedećemu poglavlju.

Na međunarodnome tržištu AEC industrije dominiraju dva glavna dobavljača softvera: *Autodesk* i *Bentley*. Oba nude cjelovita rješenja za primjenu BIM-a na projektima niskogradnje preko velikoga broja specijaliziranih aplikacija. Zato je u nastavku prikazan kratak pregled njihove ponude, a dodatno su prikazana i lokalizirana rješenja prilagođena važećim standardima te inženjerskoj praksi u RH. Softverski alati koriste se u raznim fazama projekta za postizanje određenoga cilja, odnosno za provedbu željenog BIM postupka. Kod infrastrukturnih projekata alati i metodologija korištenja vrlo su različiti za konceptualno projektiranje kod izrade idejnih rješenja i idejnih projekata u odnosu na konceptualno projektiranje kod izrade glavnih i izvedbenih projekata. Zato je i opis raspoloživih alata, odnosno softverskih paketa, dan zasebno za te glavne faze izrade projektne dokumentacije.

2.4.2 Pregled najraširenijih BIM alata iz područja infrastrukturnih građevina

2.4.2.1 Platforma Autodesk

Autodesk svoje rješenje nudi kao zbirku aplikacija pod nazivom *Architecture, Engineering & Construction Collection*. Temeljna aplikacija za projektiranje infrastrukturnih građevina (ceste, pruge, sustavi odvodnje i drugo) jest *Civil 3D*. Ponajprije je namijenjena za primjenu u fazama izrade glavnih i izvedbenih projekata. S druge strane, aplikacija *Infraworks* namijenjena je za "konceptualni dizajn", odnosno za primjenu u fazi idejnih i studijskih rješenja te idejnih projekata. Zbirka uključuje i vrlo važan te razmjerno raširen softverski paket za 3D koordinacije, analizu kolizija i za izradu 4D i 5D BIM analiza – *Navisworks Manage*.

Važan alat u zbirci jest i *Revit*. Iako je ponajprije namijenjen za izradu arhitektonskih dijelova projekta, u posljednje vrijeme koristi se i u infrastrukturnim projektima. Najčešće se primjenjuje za 3D modeliranje objekata na trasi (mostovi, tuneli, razne betonske konstrukcije poput potpornih zidova i drugo) te za detaljne nacрте armature. U novijim verzijama težište je stavljeno na poboljšanje interoperabilnosti između *Infraworksa*, *Civil 3D-a* i *Revita*.

Ostali alati u zbirci jesu:

- *Recap Pro* – softver za 3D skeniranje i obradu snimljenih oblaka točaka
- *Vehicle Tracking* – analiza trajektorija vozila, alati za projektiranje kružnih tokova i parkirališta
- *3DS Max* – profesionalni softver za vizualizaciju i 3D modeliranje, animaciju i izradu fotorealističnih prikaza
- *Structural Bridge Design* - softver za strukturnu analizu mostova
- *Robot Structural Analysis Professional* – BIM alat za strukturnu analizu konstrukcija
- *Advance Steel* – 3D modeliranje čeličnih konstrukcija
- *Fabrication CADmep* – softver za izradu projekata iz područja strojarstva i elektrotehnike (engl. *Mechanical, Electrical and Plumbing*)
- *Insight* – softver za analizu performansi zgrada (održivost, energetska učinkovitost)
- *Dynamo Studio* – programsko okruženje koje projektantima omogućuje stvaranje rutina za automatizaciju raznih radnih zadataka i postupaka. Nakon uspješne primjene u *Revitu*, od verzije 2019 dostupan i za *Civil 3D*.

Kao i većina današnjih softvera, navedena zbirka alata dostupna je ponajprije kroz pretplatu, obično na godišnjoj osnovi. Treba imati na umu to da pristup aplikacijama uvijek ima jedan korisnik. S jednom licencom za zbirku nije moguć istodoban rad projektanta ceste (npr. koristeći *Civil 3D*) i projektanta mosta (koristeći *Revit*). Što se tiče suradnje u radu na projektima, postoje programska rješenja koja se nude odvojeno od navedene zbirke. Postoji alat *Autodesk Vault* za internu suradnju projektantskih timova (faza projektiranja), dok je CDE platforma *BIM 360* namijenjena široj suradnji svih sudionika u nekome projektu (faze projektiranja i izvođenja radova).

2.4.2.2 Platforma Bentley

Bentleyjev je pristup ponešto drugačiji. Ne postoje unaprijed definirane zbirke, ali korisnik ima razne alate grupirane prema linijama proizvoda ili željenoj inženjerskoj disciplini. *Bentley* nudi brojne programe, a bit će spomenuti samo oni koji su izravno povezani s infrastrukturnim projektima.

Donedavno je projektiranje cesta bilo podijeljeno među četiri neovisna proizvoda: *InRoads*, *GEOPAK*, *MX* i *PowerCivil*. Od 2016. te proizvode postupno zamjenjuje modernija aplikacija *OpenRoad* s vrlo jakom BIM funkcionalnošću. Osnovni koncept sličan je *Civil u3D* s modelom *Corridor* koji se sastoji od funkcionalnih komponenta koje omogućuju postavljanje inteligentnih, prilagodljivih složenih elemenata. Slično kako *Civil 3D* funkcionira u *AutoCAD* okruženju, *OpenRoads* izvodi se unutar okruženja *Microstation*, temeljne Bentleyjeve CAD aplikacije.

- *OpenRoads ConceptStation* osmišljen je za idejne projekte cesta i mostova, preliminarne procjene troškova i vizualizaciju projektnih rješenja.
- *Bentley Descartes* i *Pointools* alati su za vizualizaciju, manipulaciju i obradu oblaka točaka.
- Za modeliranje, projektiranje i analizu svih vrsta mostova postoji nekoliko aplikacija: *OpenBridge Designer*, *OpenBridge Modeler*, *Leap*, *RM Bridge* i *LARS Bridge*.
- Za pregled modela i 3D koordinacije i komunikaciju u projektu, osobito tijekom građenja, *Bentley* nudi obitelji proizvoda *Navigator* (*Bentley Navigator*, *Navigator Mobile* i *Navigator Web*).
- Rješenja iz obitelji alata pod zajedničkim nazivom *ProjectWise* namijenjena su za upravljanje dokumentima i komunikaciju među projektnim timovima (*ProjectWise Design Integration*, *ProjectWise Edge*, *OpenRoads Navigator*).
- *LumenRT* Bentleyjevo je rješenje za izradu fotorealističnih 3D vizuala.

Za sve proizvode postoji posebno razvijen i prilagodljiv program *SELECT* koji omogućava različite načine korištenja aplikacija u sklopu trajnih ili vremenski ograničenih licenci.

2.4.2.3 Ostali (lokalni) dobavljači BIM kompatibilnih alata

Pored dva spomenuta globalna dobavljača na svjetskome tržištu postoje brojni alati, najčešće prilagođeni potrebama lokalnoga tržišta. Posebno su dobro razvijeni u zemljama s velikim tržištima poput Njemačke i Francuske. Tako je, na primjer, uporaba alata *Trimble (Novapoint)* raširena u skandinavskim zemljama. U Republici Hrvatskoj predstavnici lokaliziranih aplikacija iz područja projektiranja u niskogradnji jesu proizvođači slovenske tvrtke *CGS Labs (Plateia, Aquaterra, Ferrovia)*, a u području projektiranja cijevnih sustava rješenja tvrtke *StudioARS* iz Rijeke (paket programa *Urbano*).

2.4.2.4 Elementi koji se uzimaju u obzir pri odabiru BIM platforme

Očito je to da različite marketinške strategije vode do većega broja programskih paketa s različitim razinama funkcionalnosti. Važan čimbenik jest sagledavanje perspektive primarnoga proizvoda (npr. programa za projektiranje prometnica) s referencama na druge proizvode (alate) koji rade na istoj platformi. Već iz tako kratkoga pregleda dostupnih alata i njihove funkcionalnosti vidljivo je to da nema znatne razlike u ponudi dvaju glavnih dobavljača inženjerskoga softvera. Kupnja softverskoga paketa uvelike se razlikuje od većine ostalih kupnji. Kupac odabire proizvod koji je trenutno dostupan, ali i njegove buduće nadogradnje prema namjeri proizvođača. Daljnje smjernice za nadogradnju mogu biti važan čimbenik pri donošenju odluke o kupnji određenoga softverskog paketa.

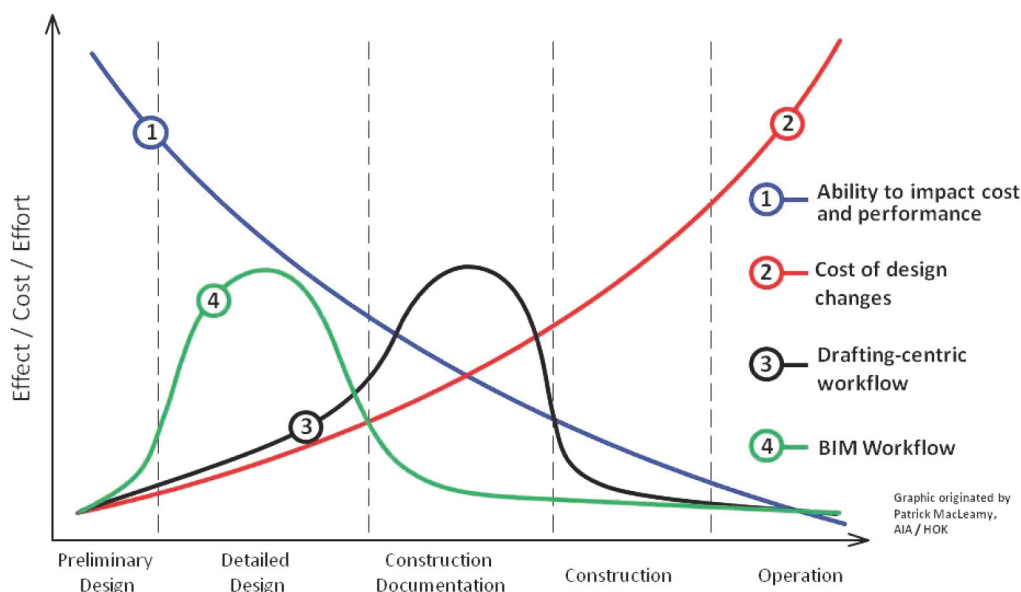
Uobičajeni elementi koji se uzimaju u obzir pri odabiru povezani su s:

- trenutnom razinom kompatibilnosti s jednom od ponuđenih opcija
- dostupnošću i kvalitetom podrške
- mogućnošću prilagodbe lokalnim uvjetima/zahtjevima
- posebnim zahtjevima naručitelja
- prisutnošću odabrane platforme kod naručitelja, podizvršitelja, ali i konkurencije.

2.4.3 BIM alati za idejna rješenja i idejne projekte

Tijekom faze projektiranja generira se znatna količina podataka i informacija kako bi se udovoljilo zahtjevima naručitelja te odredbama stručne i zakonske regulative. BIM utječe na fazu projektiranja više od bilo koje druge faze i zato što se većina najvažnijih odluka o budućoj građevini donosi upravo u toj fazi. Uz to projektni tim može ponuditi ideje i rješenja za razne situacije i prije stvarnih problema koji bi mogli nastati u nastavku procesa.

Važnost i stavljanje fokusa na izradu idejnih rješenja i projekata dobro su izraženi u MacLeamyjevim krivuljama, prikazanim na slici 22. Vidljivo je to da primjena BIM pristupa nastoji koncentrirati aktivnosti u početnim fazama projektiranja, gdje su mogućnosti za utjecaj na funkcionalnost i veličinu investicije najveće, pri čemu su troškovi promjena najmanji. Analogno tomu, uvođenje neophodnih promjena zbog lošega odlučivanja u fazi planiranja i projektiranja u pravilu dovodi do visokih troškova u njegovim kasnijim fazama, odnosno u fazama izgradnje, funkcioniranja i održavanja.

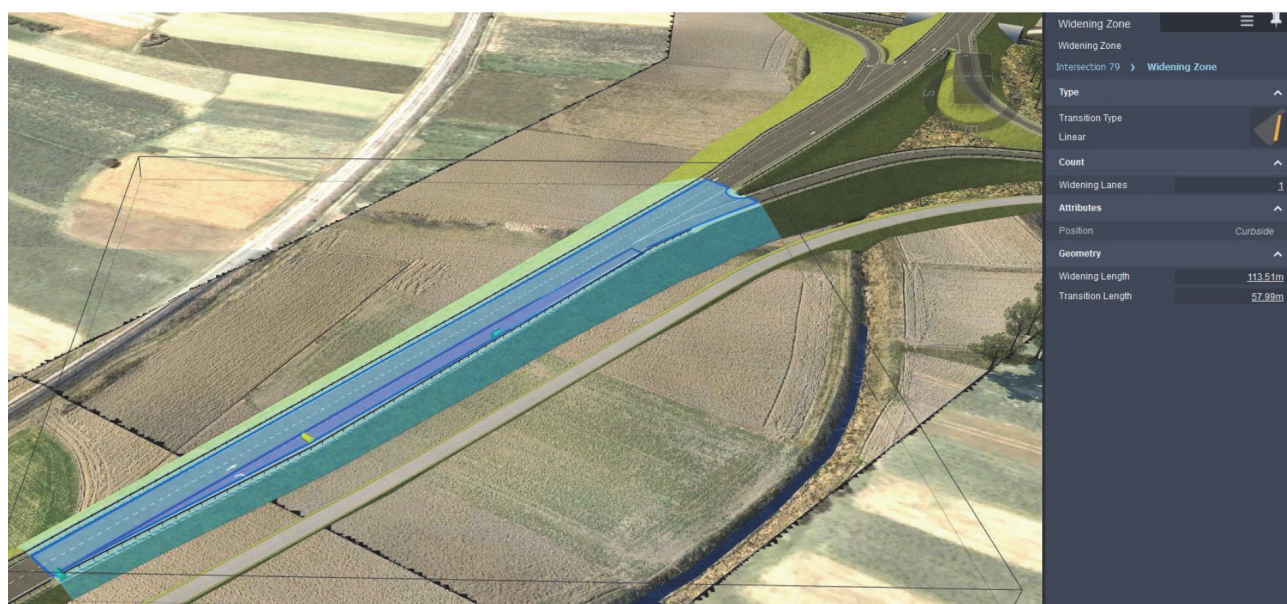


Slika 22. MacLeamyjeve krivulje (izvor: <http://division4triclinium.blogspot.com/2013/06/of-macleamy-curve-efficient-design-and.html>)

Početne programske i koncepcijske odluke od presudne su važnosti za cjelokupan projekt jer određuju osnovni okvir koji će se razvijati u kasnijim fazama. To je ujedno najkreativniji dio projektantske aktivnosti. Potrebno je uzeti u obzir sve aspekte projekta, odnosno njegove funkcije, troškove, utjecaj na okoliš, građevinske prakse, kulturne i estetske aspekte.

Primjena BIM-a, predložena kroz opisane BIM postupke, u toj fazi uvodi znatne promjene u usporedbi s tradicionalnim pristupom. Obično se konceptualno projektiranje oslanjalo gotovo u cijelosti na znanje, iskustvo i stručnost vodećega projektanta te na povratne informacije ostalih članova projektnoga tima. U toj su se fazi zbog zahtjeva za brzim generiranjem i ocjenom alternativa procjene često donosile ponajprije intuitivno, najčešće na temelju 2D nacрта nastalih u CAD alatima. Zbog neprilagođenosti CAD sustava suvremenim potrebama koncipiranja infrastrukturnih projekata u BIM okružju dobavljači softvera posljednjih su godina razvili već spomenute nove alate: *Autodesk InRoads* i *Bentley OpenRoads ConceptStation*.

Iako oba alata imaju određene prednosti i nedostatke, mogućnosti i sam koncept vrlo su im slični. Zajednička im je karakteristika rad u stvarnome 3D okružju i uporaba inteligentnih objekata definiranih parametrima (slika 23.), što je jedno od osnovnih obilježja BIM-a. Zato se drastično smanjuje potreba za ručnim crtanjem (engl. *CAD drafting*), čime se izrada projekta uvelike ubrzava.



Slika 23. Parametarski definirani prometni trak za desna skretanja

Za razliku od programa koji se provode u CAD okružju, spomenuti su alati od početku zamišljeni kao BIM aplikacije. Modernija platforma i znatno bolje korištenje dostupnih hardverskih resursa (procesora, memorije i grafičke kartice) olakšavaju obradu i analizu mnogo većeg skupa podataka u realnome 3D okružju. Omogućeni su učinkovita usporedba različitih varijantnih rješenja, provedba dostupnih analiza, provjera performansi i izrada prezentacija/vizualizacija. Promjene na nekom segmentu odmah se odražavaju na cijeli model uz zadržavanje svih ranije predloženih rješenja radi usporedbe.

Potrebno je napomenuti to da ti alati ne omogućuju ispise standardnih priloga poput uzdužnih profila i poprečnih presjeka, već ih imaju implementirane samo kao preglednike tijekom rada na projektiranju. Zato je radi cjelovitosti procesa vrlo važna mogućnost dvosmjerne komunikacije među tim programima i "baznim" aplikacijama kao što su *Civil 3D* i *OpenRoads*. Tako je u posljednjoj verziji *Infraworksa* (2021.) ta značajka znatno unaprijeđena (omogućen je izravan unos koridora *Civil 3D* u *Infraworks*), čime su omogućeni sasvim novi radni postupci.

Iako su mogućnosti tih alata već danas impresivne i nesumnjivo su velik korak prema naprijed, još uvijek ima mjesta za poboljšanja. To se ponajprije odnosi na proširenje biblioteka postojećih inteligentnih objekata kako bi se omogućilo predlaganje čitavoga spektra rješenja ako to zahtijeva konkretna situacija. Također postoji mogućnost proširenja liste podržanih standarda i daljnjega razvoja alata za projektiranje željezničke infrastrukture koji zasad zaostaju u odnosu na alate dostupne za cestovne prometnice.

2.4.4 BIM alati za glavne projekte

2.4.4.1 Općenito

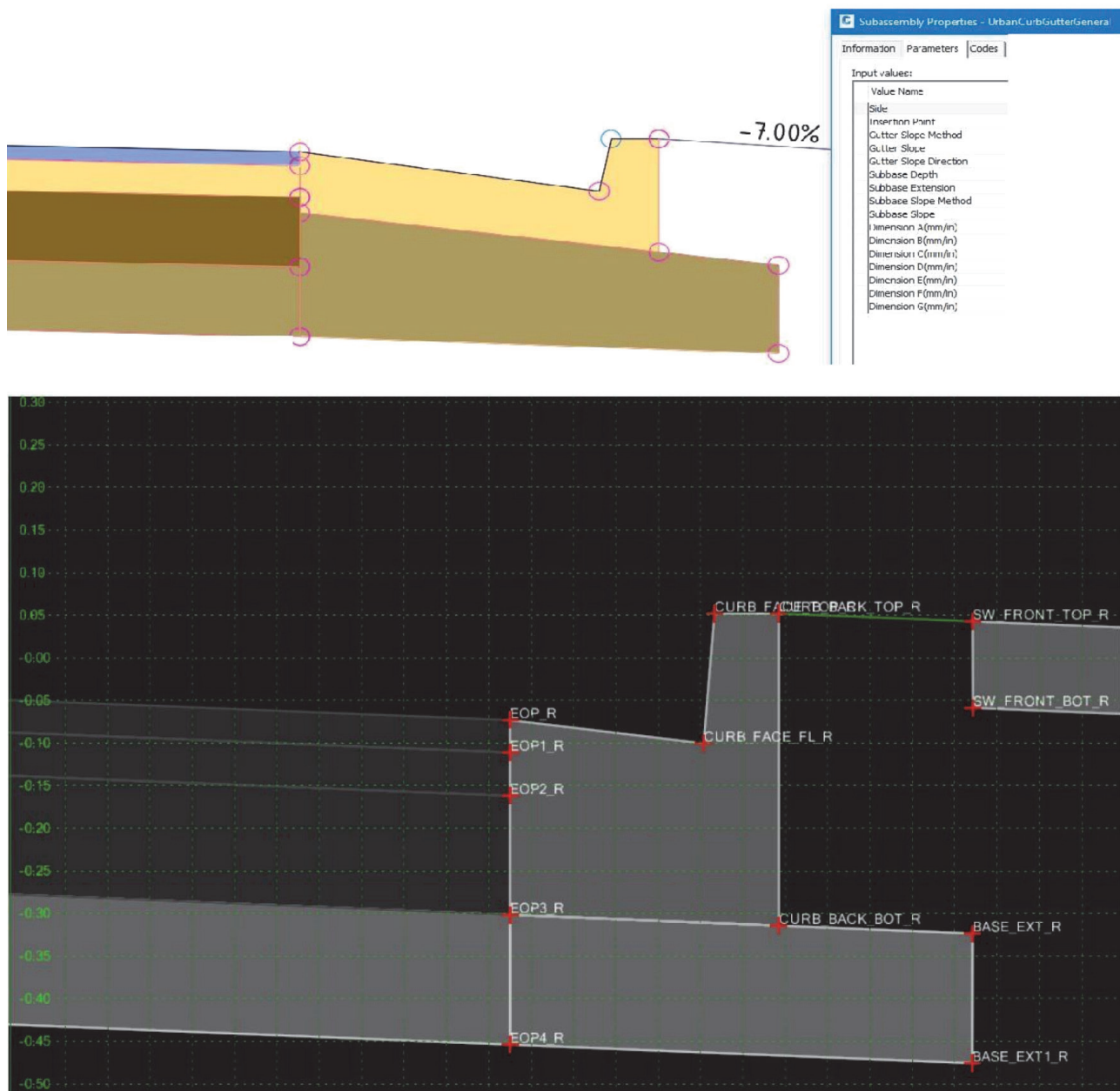
Za izradu glavnih projekata prometnica još uvijek se koriste aplikacije "pod okriljem" CAD okružja. Najčešće je to *AutoCAD*, unutar kojeg se izvode programi poput *Civila 3D*, *Plateie* i *Urbana*. S druge strane, Bentleyjeve aplikacije poput *MX Road* ili *OpenRoads* izvode se u sklopu *Microstationa*. Budući da je jedna od temeljnih premisa BIM-a neprekinuti tijek podataka među različitim projektnim fazama, prvi korak bio bi uvoz podataka iz aplikacija poput *Infraworksa* ili *OpenRoads Concept Stationa* u alat kojim se služi za izradu glavnoga projekta. Postoje mnogi protokoli za razmjenu podataka među različitim aplikacijama, a očekivano je da se najbolji rezultati postižu unutar istog "ekosustava", odnosno između *Infraworksa* i *Civila 3D* (npr. formati *imx*, *dwg*, *sql lite* ili *LandXML*) te *OpenRoads ConceptStationa* i *OpenRoadsa*.

Mehanizmi stvaranja 3D modela vrlo su različiti kod idejnih i glavnih projekata pa treba razlučiti koji su entiteti stvarno uporabljivi za nastavak posla na glavnim projektima. Na primjer, *Infraworks* može automatski stvoriti model *Corridor* unutar *Civila 3D*, međutim često će se pokazati da su njegovi elementi poprečnoga presjeka previše pojednostavljeni te kao takvi zapravo i nisu potrebni. S druge strane, unos svih definiranih osi i njihovih niveleta (uz glavnu trasu mogu se nalaziti osi na čvorištima, razna izmještanja postojećih prometnica, paralelni putevi, trase kanala i slično) bit će projektantu vrlo korisni za formiranje BIM modela za razinu glavnoga projekta.

Još jedanput treba istaknuti to da postoje znatne razlike između alata za parametarsko modeliranje u području infrastrukturnih projekata i alata koji se koriste u drugim industrijama poput arhitekture ili strojarstva. Za razliku od drugih industrija, u infrastrukturnim projektima znatan dio odnosi se na prilagođavanje građevine jedinstvenome obliku postojećega terena, što nije lak zadatak za digitalnu obradu. Problemi često nemaju jednoznačno rješenje, zbog čega je teško izraditi učinkovite algoritme. Visoka standardizacija elemenata i tehnoloških rješenja povoljna je za razvoj BIM pristupa, što je teško postići na infrastrukturnim projektima. Sve su to izazovi kojima se alati za parametarsko modeliranje trebaju baviti na razini potrebnoj za izradu glavnih i izvedbenih projekata, poštujući definicije razina razvijenosti određene BIM izvršnim planom (BEP-om).

2.4.4.2 Aplikacije *Civil 3D* i *OpenRoads*

Već je zaključeno to da su osnovne postavke funkcioniranja *Civila 3D* i *OpenRoadsa* vrlo slične. Oba se izvode u CAD okružju te izrađuju 3D model prometnice nazvan *Corridor Model*. Rad u njima počinje klasičnim načinom, kreiranjem horizontalnih osi i pripadajućih uzdužnih profila, odnosno koriste se i po potrebi korigiraju osi preuzete iz BIM modela idejnoga projekta. Postupak modeliranja započinje odabirom pojedinačnih elemenata poprečnoga presjeka ceste, odnosno unaprijed definiranih oblika koji se mogu mijenjati uz pomoć parametara. Ti osnovni elementi poput slojeva kolničke konstrukcije, rubnjaka ili rigola obično su prikazani kao 2D zatvoreni oblici (slika 24.).



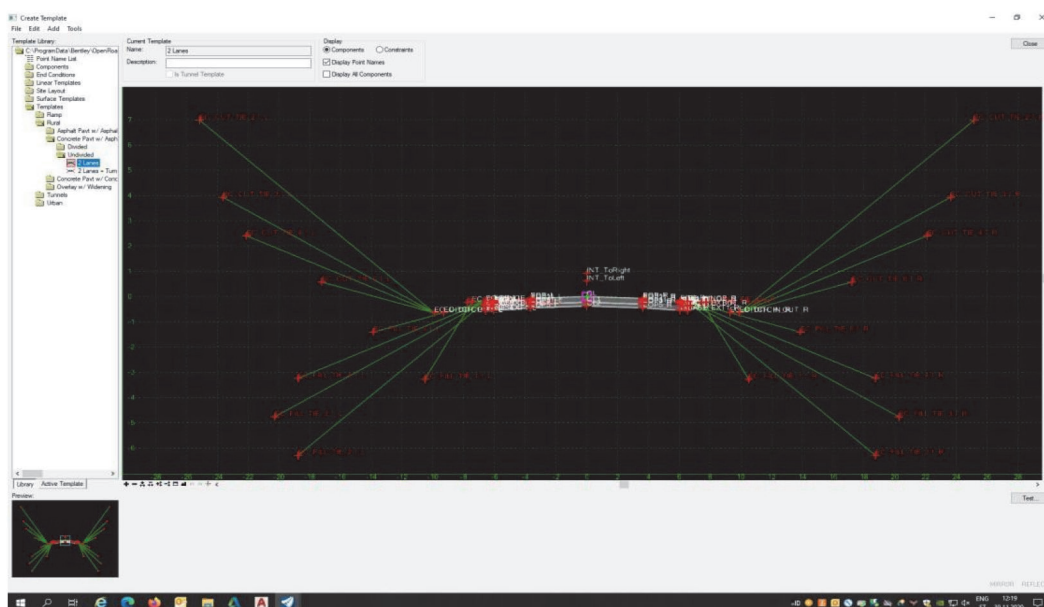
Slika 24. Primjer riga/a kao elementa presjeka ceste u *Civilu 3D* (gore) i *OpenRoadsu* (dolje)

Više povezanih osnovnih elemenata čini složeni sklop, koji predstavlja cjeloviti normalni poprečni presjek neke prometnice na karakterističnoj dionici. Tako formiran normalni poprečni presjek smješta se u prostor prema zadanoj putanji i odabranome koraku (frekvenciji), pridajući elementima treću dimenziju. Za formiranje modela glavne trase zadana putanja u pravilu je os s pripadajućom niveletom, no pri kreiranju modela nekoga čvorišta ili raskrižja potrebno je formirati i dodatne prostorne putanje koje često nisu osi po svojoj

prirodi, već predstavljaju rubove kolnika raznih privoza, rubove prometnih otoka, proširenja za autobusna ugi-bališta, priključne lepeze i slično. Takvih pomoćnih osi-putanja u pravilu ima više, a za svaku treba definirati i niveletu kako bi se prometne površine pravilno uklopile. Za kontrolu dobivenoga rješenja obično služi završna ploha (engl. *surface*) s prikazom slojnica.

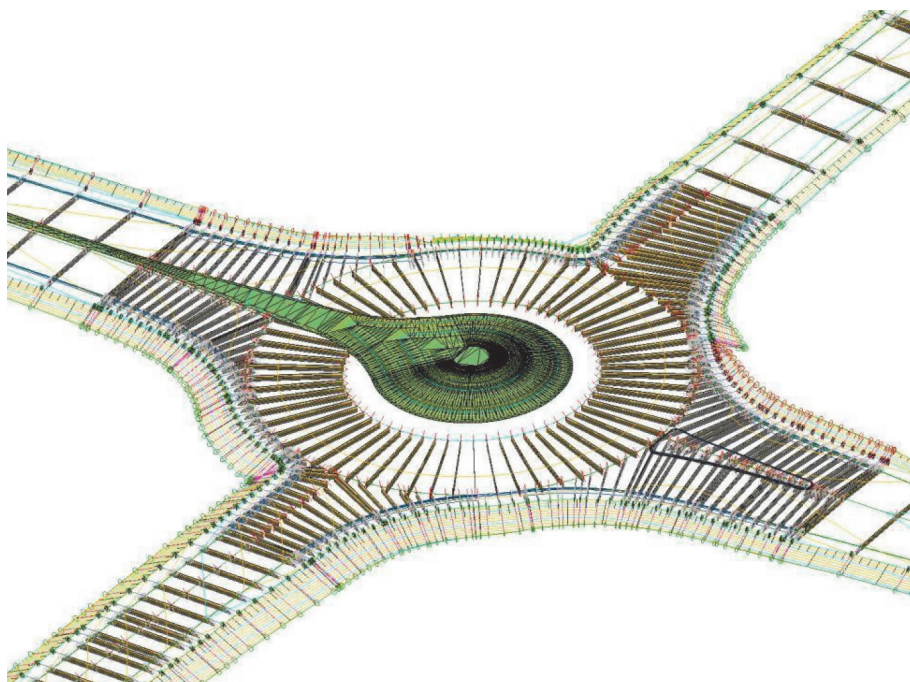
Osnovni elementi koji čine poprečni presjek ceste mogu biti konstantnoga ili promjenjivoga poprečnog presje-ka. Konstantni elementi kao što su rubnjak, rigol ili asfaltni slojevi kolničke konstrukcije najjednostavniji su za primjenu te se vrlo jednostavno odabiru iz gotovih biblioteka elemenata koji dolaze sa softverom. Međutim, kako je već spomenuto, pojedini elementi koji su u interakciji s terenom (zasjeci, iskopi stuba, obloge nasipa i slično) znatno su zahtjevniji za definiranje. Posebna problematika jest i formiranje ravnine posteljice, odnosno poštovanje njezina vitoperenja s obzirom na pravila struke.

Te geometrijski složenije elemente poprečnoga presjeka moguće je izraditi u obje aplikacije, ali uz dijelom različit pristup. Autodesk nudi zasebnu aplikaciju *Subassembly Composer* koja dolazi uz *Civil 3D* bez poseb-ne nadoplate, dok je unutar *OpenRoadsa* korisničke komponente moguće definirati unutar dijaloškog okna *Template Editor*. U oba je slučaja važno to da korisnik osim geometrije može definirati ponašanje i reakciju nekog elementa u odnosu na postavljene parametre, što znatno doprinosi funkcionalnosti. Prilikom početno-ga korištenja potrebno je uložiti određeno vrijeme na savladavanje tehnika potrebnih za uspješno kreiranje korisničkih poprečnih presjeka, no tijekom korištenja biblioteke gotovih elemenata mogućnosti postaju sve veće te se učinkovitost procesa znatno povećava (slika 25.).



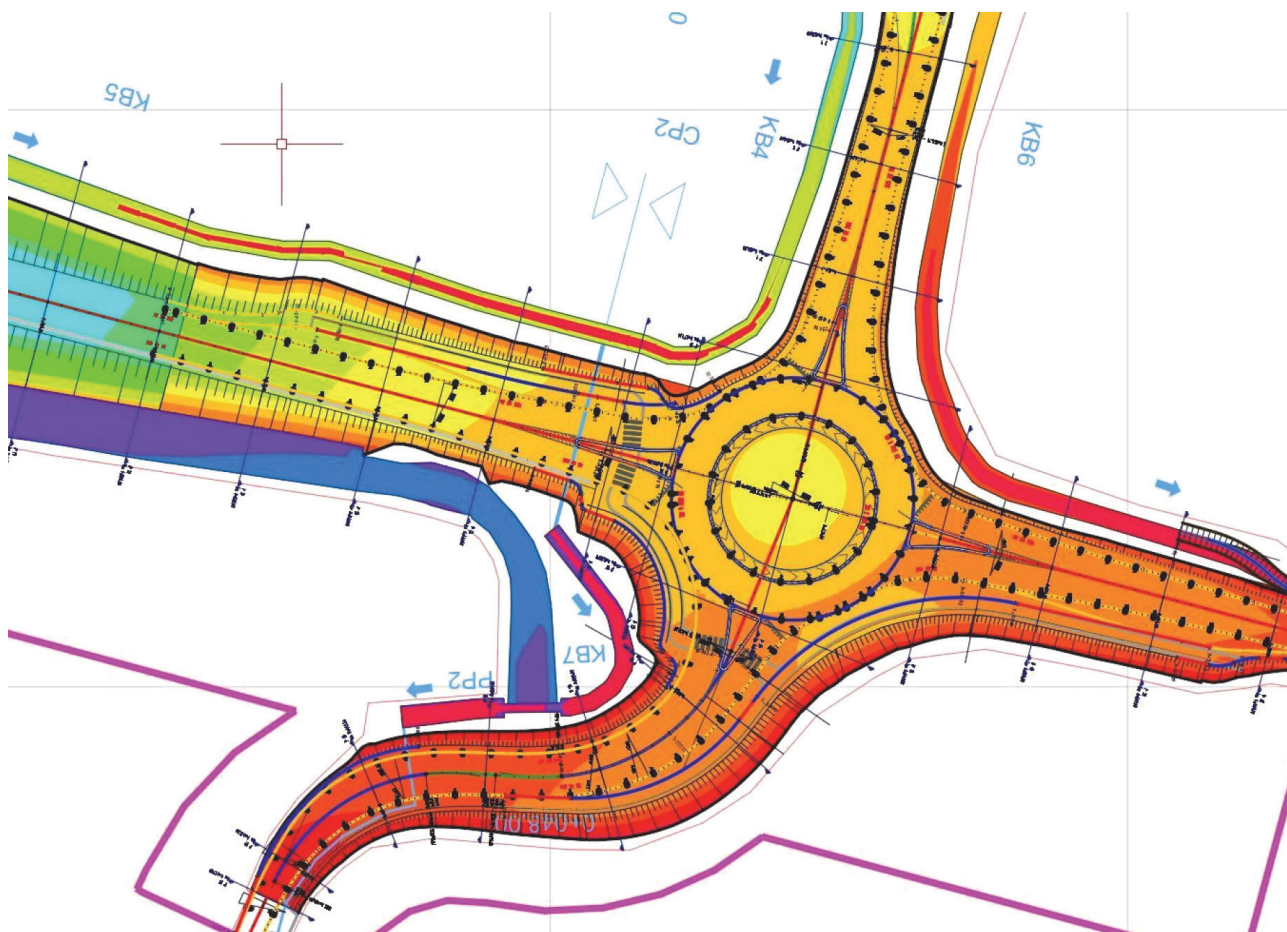
Slika 25. *Template Editor* u *OpenRoadsu*

Krajnji cilj opisanoga postupka modeliranja jest cjeloviti 3D model prometnice (engl. *Corridor Model*), koji je istodobno pogodan i za kreiranje standardnih priloga projektne dokumentacije (situacije, uzdužni profili, po-prečni presjeci) te za izvoz u BIM model radi provedbe BIM postupaka tijekom izrade glavnoga projekta (slika 26.).



Slika 26. *Corridor Model, Civil 3D*

Važna karakteristika toga procesa jest kontinuirana priroda modela, za razliku od tradicionalnoga, diskretnoga pristupa koji je podrazumijevao poprečne presjeke na oko 20 m, među kojima su sve vrijednosti (i geometrijske i količinske) bile linearno interpolirane. To je osobito izraženo kod osjetljivijih dijelova projekta kao što su čvorišta, kružna raskrižja i različita uklapanja (slika 27.).



Slika 27. Kontinuiranost modela (primjer *Civil 3D*)

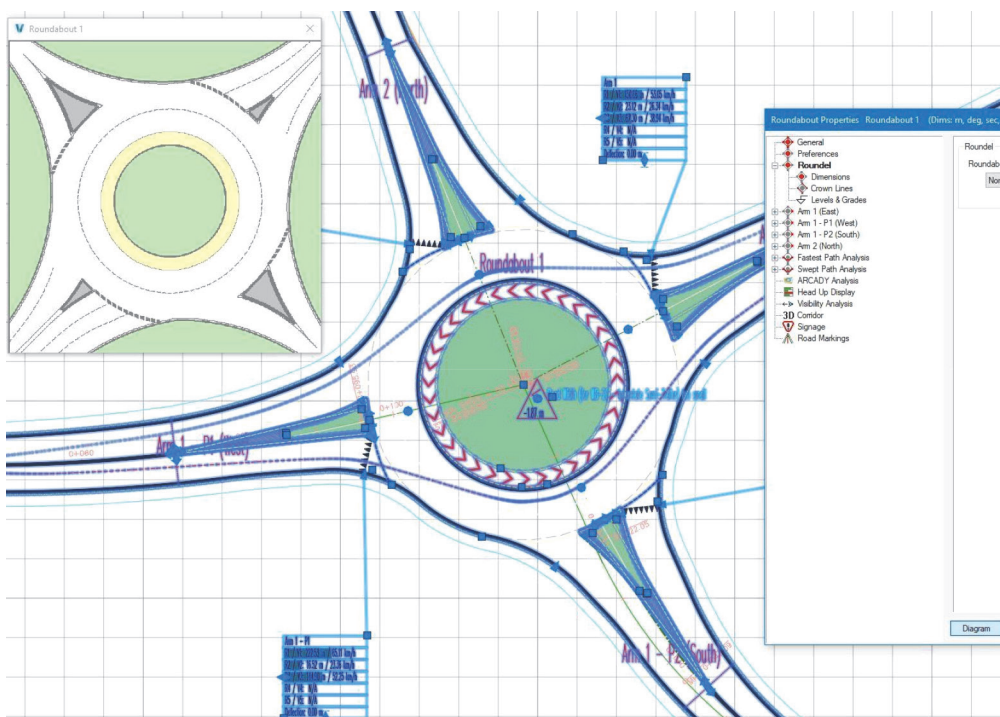
Odabrani korak (frekvencija) koridora, koja uvelike utječe na točnost modela, odabire se za svaku os pojedinačno. Kako bi se dobio potreban balans između željene preciznosti modela s jedne strane te otežane manipulacije na previše složenome modelu s druge, preporuča se sljedeće:

- Na trasama koje imaju dobre tehničke elemente ($V_{rač} > 60 \text{ km/h}$) dovoljno je primijeniti korak od 5 m.
- Na zavojima manjih radijusa, 100 m i manji (npr. rampe čvorišta), korak treba biti u granicama od 2,0 do 2,5 m.
- Na mjestima uklapanja rampi, privoza kružnim raskrižjima, kolnika u kružnome toku i sličnog treba primijeniti korak od 1,0 m (alternativno na manjim radiusima i korak od 0,5 m).

Manji korak može se primijeniti prilikom definiranja prometnih otoka koji imaju male radijuse zaobljenja (npr. $R = 0,5\text{m}$), a na takvim ograničenim segmentima može se primijeniti korak od 0,1 do 0,2 m.

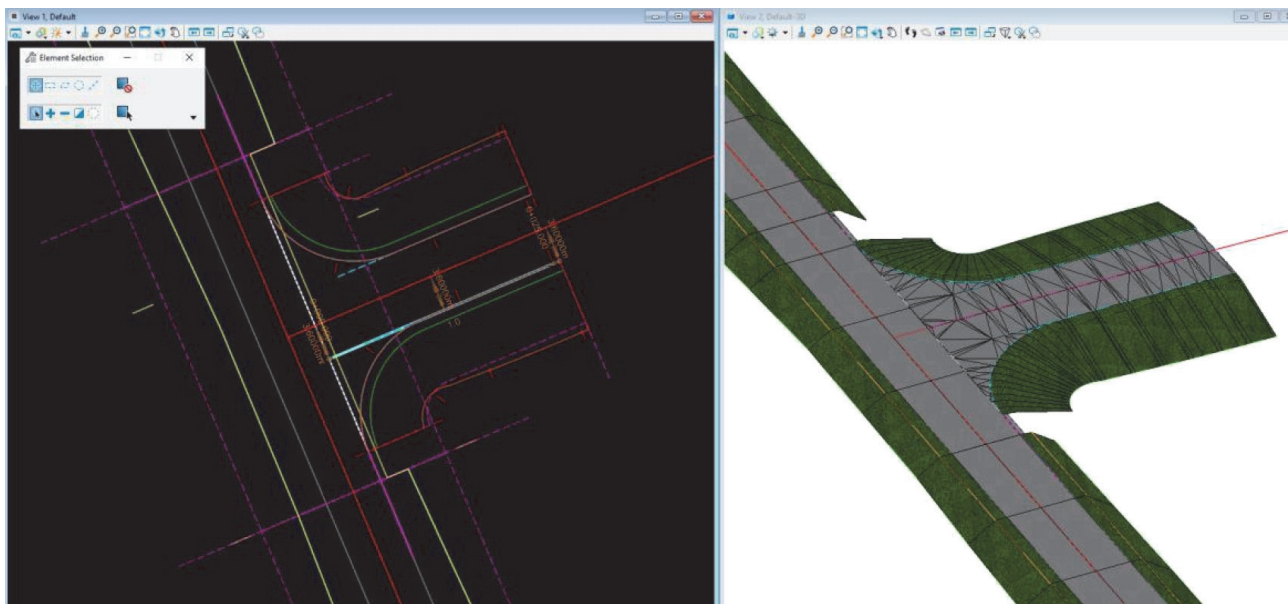
Model dobiven na takav način digitalna je definicija projektirane prometnice, a dodatna je prednost to što se dobiju točni i ponajprije kompletni geodetski podaci potrebni u fazi izvođenja.

U oba programa postoje alati za generiranje parametarski definiranih raskrižja, što im znatno podiže BIM funkcionalnost. *Civil 3D* ima alate za stvaranje standardnih raskrižja i kružnih raskrižja (slika 28.), dok *OpenRoads* koristi knjižnice unaprijed definiranih složenih objekata nazvanih *CivilCells* (slika 29.). U oba slučaja rezultat su potpuno definirani objekti u 3D prostoru.



Slika 28. Parametarski model kružnoga raskrižja (primjer *Civil 3D*)

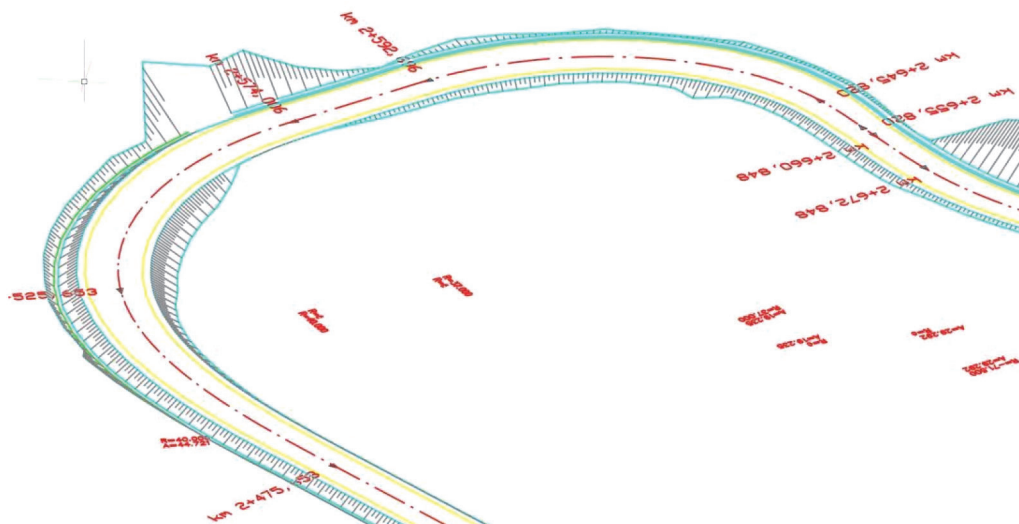
Oba spomenuta softvera koriste se u RH, pri čemu je primjena *Civila 3D* raširenija. Ipak, u praksi se trenutačno najčešće koristi kao koristan dodatak *AutoCAD*-u radi kreiranja i pregleda modela terena (DTM), a nešto manje kao osnovni alat za projektiranje prometnica ili odvodnje. Slična je situacija i s *OpenRoadsom*, koji, zasada, nema znatniji broj korisnika. S obzirom na velik utjecaj tih velikih dobavljača softvera, očekuje se i povećanje broja projekatana koji će se služiti tim alatima i u naprednijim načinima korištenja potrebnima za kreiranje odgovarajućih BIM modela.



Slika 29. Parametarski model T-priključka (primjer *OpenRoads*)

2.4.4.3 Bentley MX Road

Radi vrlo rane primjene kreiranja 3D modela u infrastrukturnim projektima, *MX Road*, poznat i po izvornome nazivu *Moss*, dugo je slovio kao jedan od najnaprednijih softvera za projektiranje prometnica uopće. Mnogi veliki projekti autocesta i državnih cesta u RH nastali su uz njegovu pomoć. Osnovni način rada jest kreiranje 3D žičanoga *string* modela, odnosno modela sačinjenog od 3D uzdužnih linija (npr. os ceste, rubovi kolnika, bankine, linije presječnosti s terenom; slika 30.). *Stringovi* su obično u međusobnome odnosu definirani uz pomoć posebno razvijenoga programskog jezika, što u nekim slučajevima omogućava brzo rekreiranje modela ako se neki elementi korigiraju.



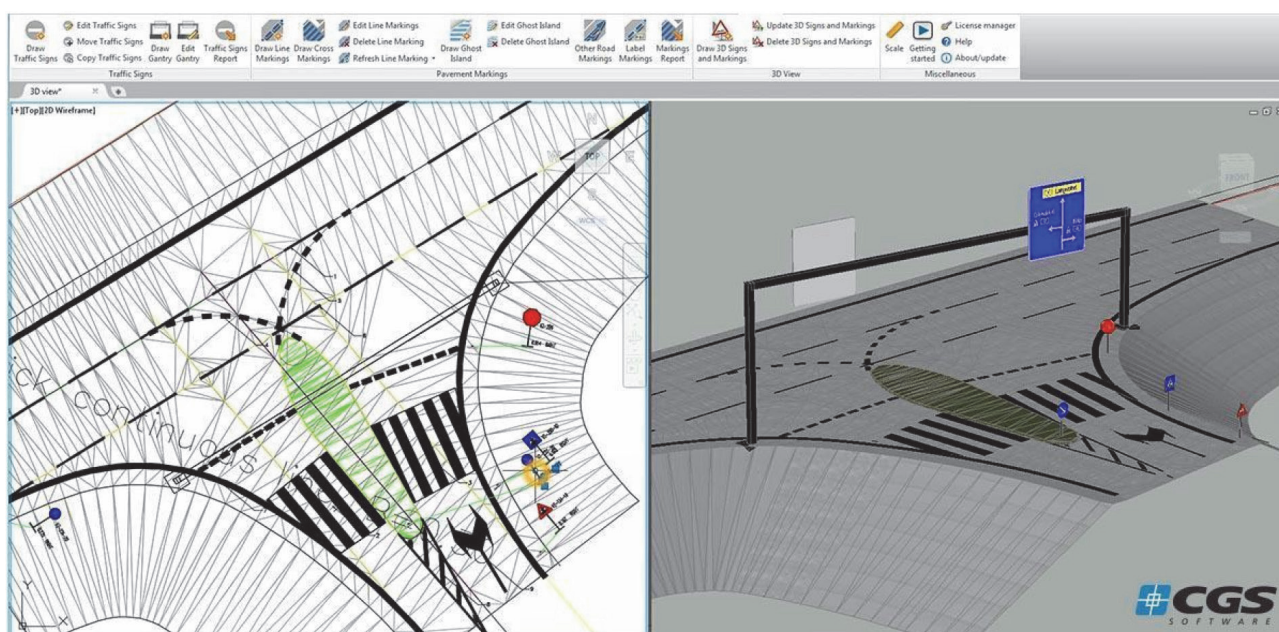
Slika 30. *String* model, *MX Road*

Program se i dalje intenzivno primjenjuje, a unatoč nešto starijoj koncepciji ima određene BIM funkcionalnosti jer iz *string* modela vrlo učinkovito kreira 3D plohe kojima je moguće izvoditi određene BIM postupke kao što su analiza ploha ili GPS navođenje. S druge strane, radi nemogućnosti kreiranja entiteta kao što su 3D tijela, provedba nekih bitnih BIM postupaka nije moguća (npr. analiza kolizija).

2.4.4.4 Plateia

Plateia se na tržištu u RH pojavila vrlo rano, početkom devedesetih godina prošloga stoljeća, odnosno u vrijeme kada se prilikom projektiranja prometnica znatnije intenzivirala primjena računala, i to gotovo isključivo kroz standardne CAD funkcionalnosti. Radi kvalitetno provedene lokalizacije (rad na hrvatskome jeziku, pojedina rješenja prilagođena postojećoj praksi i regulativi), funkcionalnosti, dobre podrške i razmjerno jednostavnoga korištenja pronašla je put do mnogih korisnika te je i danas jedan od najčešće korištenih softvera za projektiranje prometnica u RH. Alat je ponajprije zamišljen kao aplikacija koja radi unutar CAD okružja, a pri radu prati tradicionalni projektantski proces, od kreiranja osi do obrade poprečnih presjeka. Tijekom godina dodavane su mu BIM funkcionalnosti pa je danas nakon obrade poprečnih presjeka kao posljednje faze u procesu moguće kreirati BIM model sastavljen od 3D tijela (*solida*).

S jedne strane BIM model se na taj način dobiva vrlo brzo (samo kao izvoz iz projektnoga modela), a s druge strane korak (frekvencija) modela izravno je vezan uz korak obrađenih poprečnih presjeka, što za složenije dijelove projekta (raskrižja, kružni tokovi) u pravilu znači potrebu za primjenom i obradom većega broja poprečnih osi. Poseban modul softvera omogućava i kreiranje BIM modela prometne signalizacije i opreme, što je dobrodošla mogućnost koja olakšava stvaranje 3D sadržaja prometnih projekata (slika 31.).

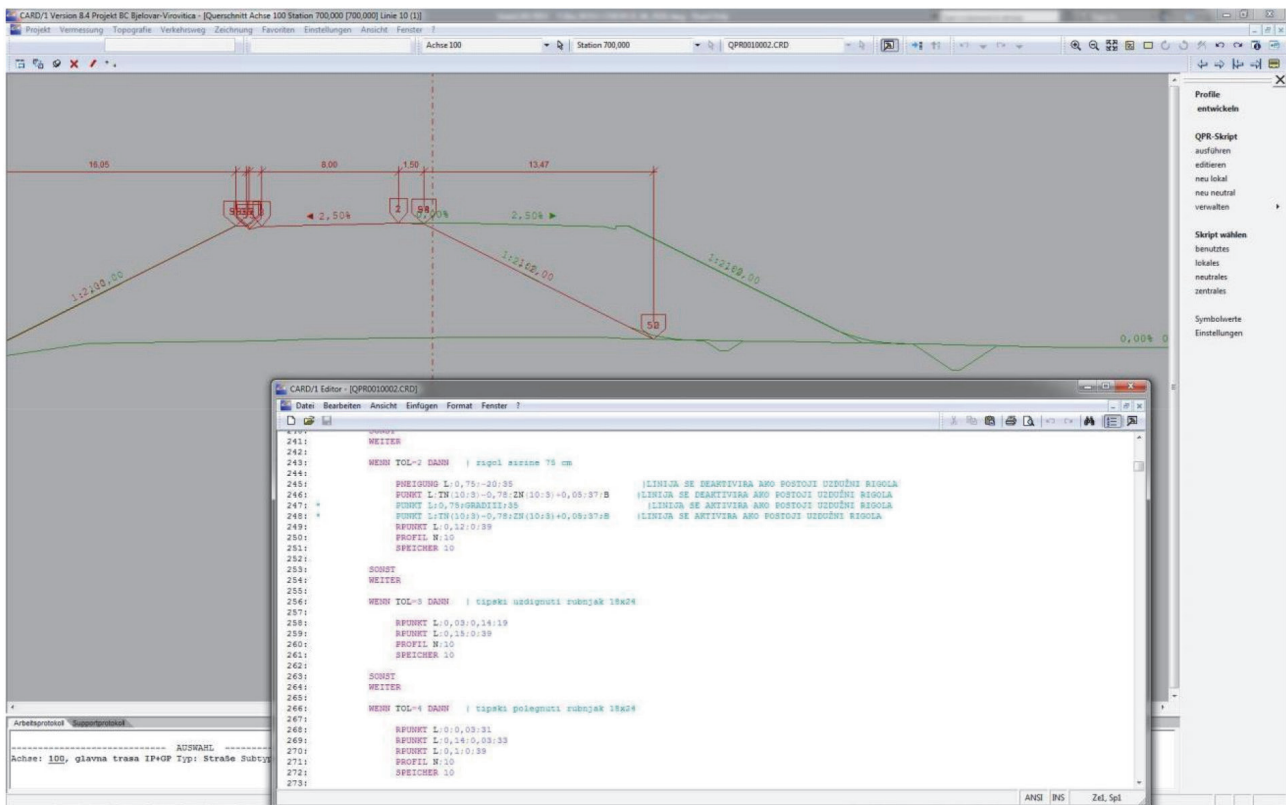


Slika 31. Mogućnosti kreiranja BIM modela prometne signalizacije

2.4.4.5 Card_1

Platforma za projektiranje u infrastrukturi *Card_1* njemačkoga proizvođača *IB&T Software* obuhvaća vrlo široku lepezu specijaliziranih alata za projektiranje cesta i željeznica, geodeziju, urbanizam, odvodne sustave, elemente zaštite okoliša i slično. Softver postoji i razvija se dulji niz godina, a u posljednjim verzijama fokus je upravo na proširenju BIM mogućnosti i uvođenju novih tehnologija (rad s oblacima točaka, napredno kreiranje vizualizacija, kreiranje konceptnih 3D rješenja, poboljšane mogućnosti uvoza i izvoza preko IFC formata i drugo). Sam program posjeduje brojne mogućnosti, modularne je strukture, a radi u vlastitome korisničkom sučelju baziranome na CAD-u.

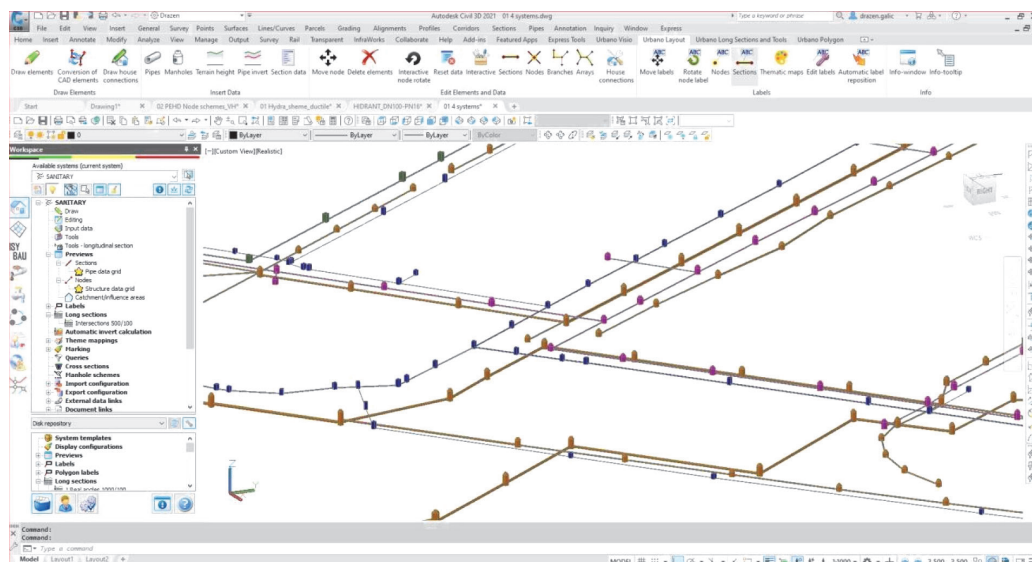
Po principu rada pripada u rješenja kojima se struktura modela definira prilikom kreiranja elemenata poprečnih presjeka, za što postoji učinkoviti programski jezik s ugrađenim editorom (slika 32.). U RH zastupljen je kao alat za projektiranje cesta, ali ga je usvojio tek manji broj korisnika.



Slika 32. Kreiranje poprečnoga presjeka programskim jezikom (Card_1)

2.4.4.6 Urbano

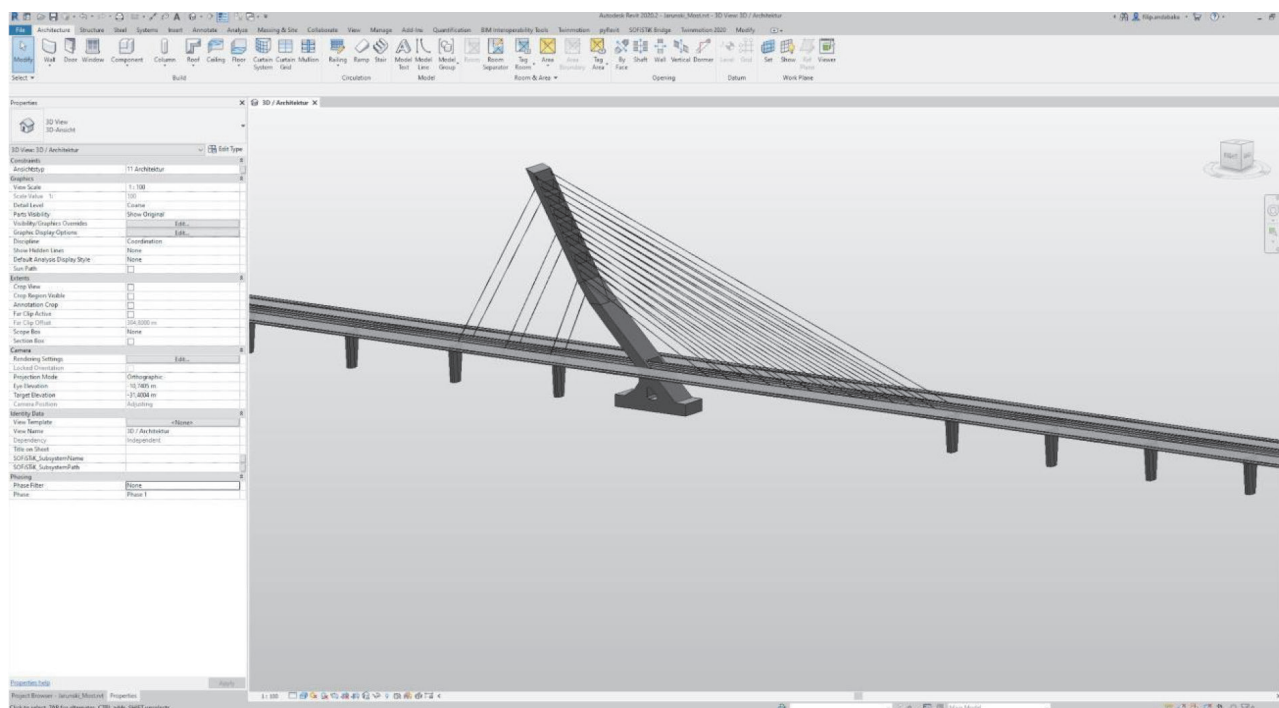
Urbano jest softver za detaljno projektiranje cijevnih sustava – vodovoda i kanalizacija, a u Hrvatskoj ga koristi velik broj projektanata. Proizvod je hrvatskoga poduzeća *StudioARS*, a osim u RH koristi se u cijeloj srednjoj i istočnoj Europi. Funkcionira unutar okružja *AutoCAD*-a. Softver je dobro prilagođen hrvatskome načinu projektiranja i važećim propisima. Program je baziran na dinamičkom modelu, odnosno svaka promjena u situaciji ili u uzdužnim profilima automatski se ažurira u modelu. *Urbano* dobro podupire BIM tijekom rada. Prikaz internoga topološkog modela cijevnoga sustava moguće je kreirati i u 2D i 3D pogledu (slika 33.). Postoji učinkovita funkcija za zadavanje i pregled odabranoga skupa podataka. Softver omogućava komunikaciju s velikim brojem formata podataka pa je, na primjer, na kvalitetan način podržan zapis u IFC format (verzija 4.0). Dodatno, moguće je zapisati NWC datoteke za prijenos modela u softver *Navisworks*.



Slika 33. Model cijevnih sustava u programu Urbano

2.4.4.7 Autodesk Revit

Revit je *Autodeskova* BIM perjanica. U prvoj verziji izdanoj još 2000. bio je alat koji je služio arhitektima za izgradnju trodimenzionalnih objekata uz definiranje pripadajućih informacija. Nakon što ga je 2002. kupio *Autodesk*, dodane su mu funkcionalnosti koji omogućuju i projektiranje instalacija u visokogradnji. Na samim počecima popularnost je stekao zahvaljujući mogućnosti da projektanti mogu kreirati vlastite parametarske objekte prema korporativnim standardima te ih poslije koristiti u svim novim projektima. Takvi objekti u *Revitu* se nazivaju *familijama*. Pametno definiranje i korištenje *familija* ključni je čimbenik uspješnoga korištenja *Revita* kako za zgrade tako za elemente infrastrukturnih projekata. S obzirom na to da je primarno nastao kao alat za projektiranje građevina visokogradnje, građevine kao što su mostovi (slika 34.), tuneli ili propusti zahtijevaju napredno poznavanje softvera, alata za vizualno programiranje ili korištenje dodatnih aplikacija. *Dynamo* je *Autodeskovo* rješenje za vizualno programiranje koje se nalazi unutar *Revita* i korisniku omogućuje funkcionalnosti slične onima koje posjeduju softveri za projektiranje linearnih građevina. Iako procesi projektiranja infrastrukturnih građevina u *Revitu* nisu jednostavni kao što su to oni pri projektiranju zgrada, *Revit* potpuno podržava sve BIM funkcionalnosti, razmjenu različitih formata podataka te izvoz u format .ifc. Važno je napomenuti to da *Autodesk* s novim verzijama softvera sve više razvija i infrastrukturni aspekt unutar *Revita* te su u njega 2021. dodane posebne infrastrukturne kategorije kojih do tada nije bilo, a koje pokazuju da se projektanti mogu nadati i razvoju tih alata i kategorija u novim verzijama.



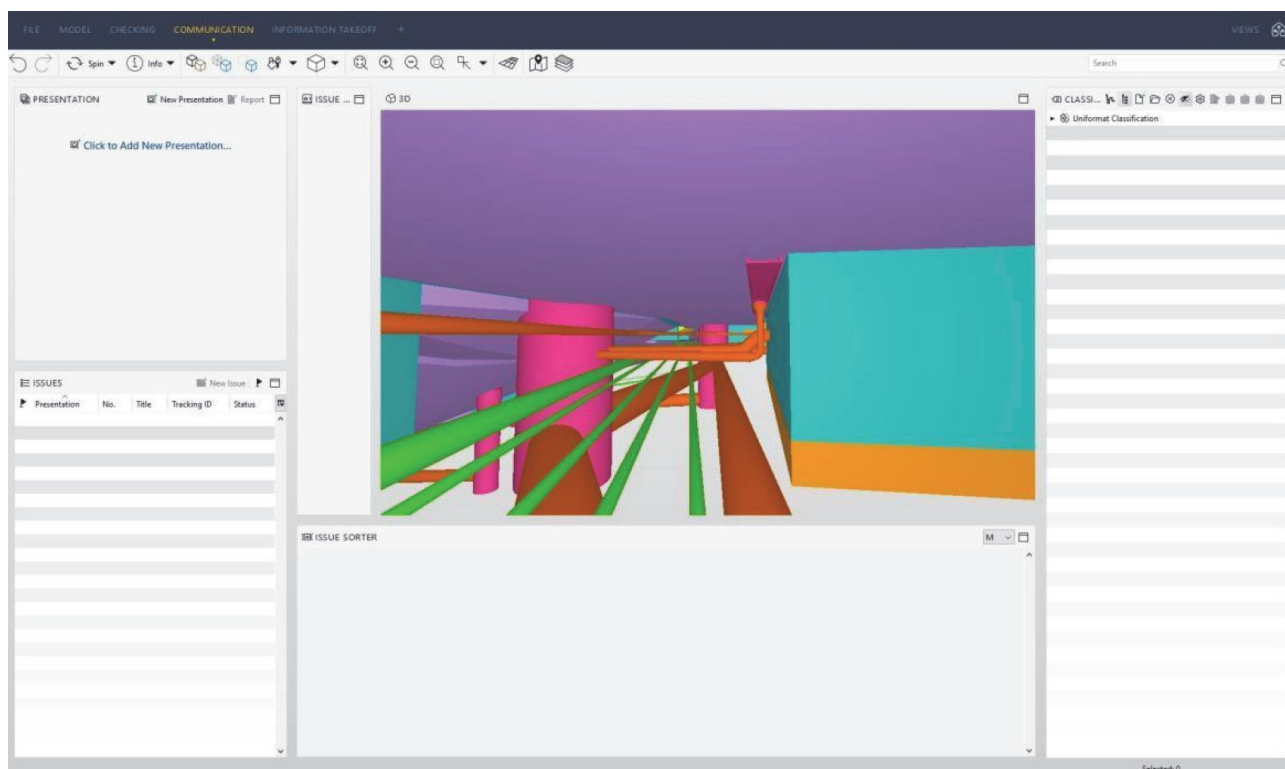
Slika 34. Model mosta u programu Autodesk Revit

2.4.5 BIM alati u izvođenju

S prvim danom na gradilištu projekt ulazi u svoju najdinamičniju fazu u kojoj se, u većini slučajeva, povećava broj sudionika te potreba za pravodobnom i točnom raspodjelom informacija postaje još važnijom nego u prethodnim fazama projekta. Iskustvo je pokazalo to da su na gradilištu velik izazov pravilna koordinacija svih sudionika u projektu, otkrivanje i otklanjanje nedostataka te informiranje svih sudionika u projektu o novitetima koji su ishod takvih koordinacijskih sastanaka. CDE platforme služe kao alat koji obuhvaća sve zahtjeve vezane uz komunikaciju, usklađivanje verzija i odobravanje dokumenata, dok se za vremenske analize, preglede kolizija i analize količina koriste drugi alati. U ovim smjernicama predstavljeni su samo oni alati koji se najčešće koriste na području RH i u čijoj primjeni postoje iskustva iz struke.

SOLIBRI

Solibri jest proizvod njemačke tvrtke *Nemetschek* te je na globalnoj razini jedan od vodećih alata za kontrolu kvalitete modela. Kao ulazne informacije koristi modele .ifc na kojima se poslije, ovisno o predefiniranim pravilima, provode kontrole kolizija i kvalitete modela te izrađuju izvještaji o eventualnim informacijama u modelu, na primjer, o količinama pojedine vrste materijala (slika 35.). Za sada *Solibri* ima izravnu vezu samo s *ArchiCAD*-om, dok je iz svih ostalih alata potrebno izvesti datoteku .ifc.

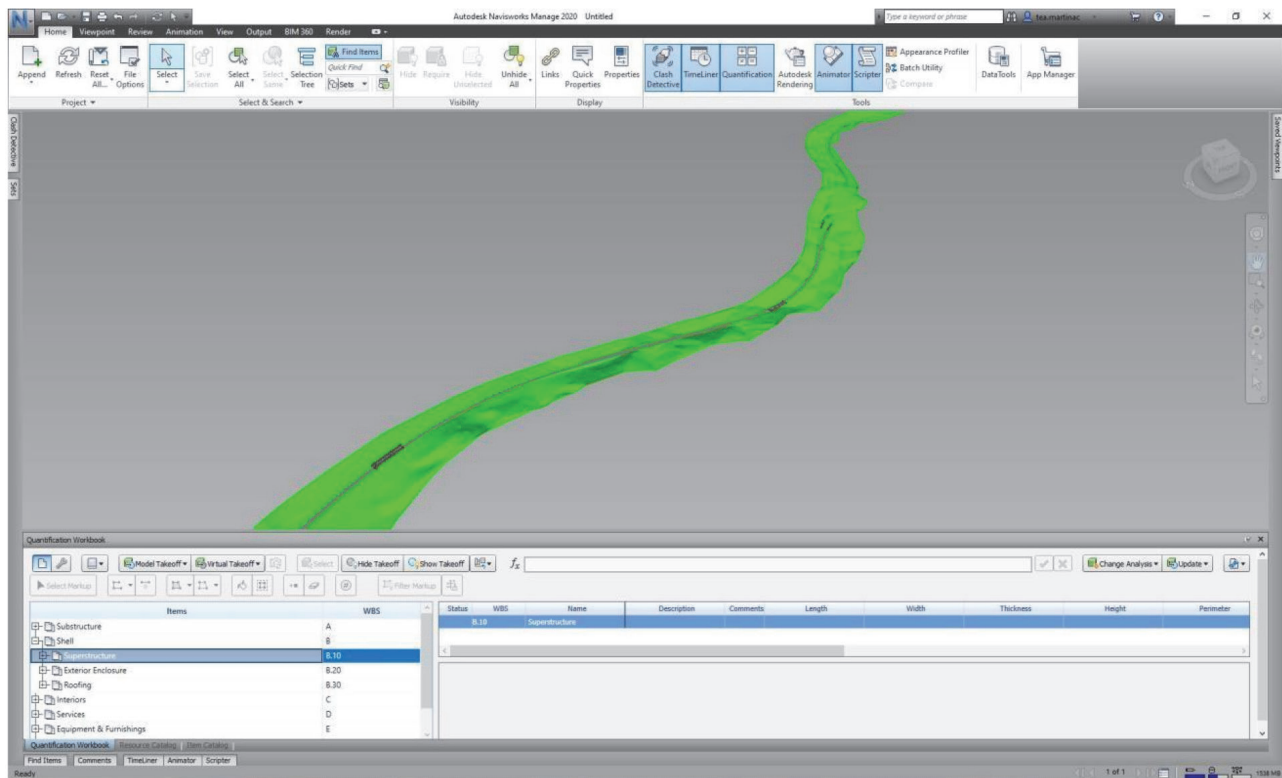


Slika 35. Pregled projekta kroz alat *Solibri*

NAVISWORKS

Navisworks jest *Autodesk*ovo rješenje za kontrolu kolizija i vremenske analize. Informacije navedene u nastavku odnose se na *Navisworks Manage*, najnapredniju verziju toga alata koja ima sve funkcionalnosti (slika 36.). Druge dvije verzije jesu *Navisworks Freedom*, besplatan preglednik, i *Navisworks Simulate*, koji nema mogućnost provjere kolizija. Za razliku od *Solibrija*, *Navisworks* ima mogućnost uvoza više od 50 formata datoteka od kojih se može formirati zajednički model, no nema mogućnost kreiranja pravila prema kojima će se provoditi kontrole, već se provjeravaju preklapanja elemenata unutar definiranih skupina.

Autodesk kao *Navisworksov* adut navodi i mogućnost izrade simulacija tijeka građenja neke građevine. Povezivanjem elemenata iz modela s vremenskim planom izgradnje građevine korisnik može u bilo kojemu trenutku kontrolirati planirano i stvarno izvedeno stanje na gradilištu te usporediti i planirane troškove sa stvarnima. Zahvaljujući tomu, *Autodesk Navisworks* pozicionirao se kao jedan od osnovnih alata za izradu 4D i 5D BIM modela.



Slika 36. Projekt u programu Autodesk Navisworks Manage

2.4.6 BIM alati u postupcima održavanja

2.4.6.1 Općenito

Sve komponente projektiranja, izgradnje i upravljanja građevinom mogu se dokumentirati i prikazati, a na određeni se način njima može upravljati preko softvera. Ovisno o potrebi korisnika, namjeni i opsegu informacija, određene vrste rješenja prikladnija su od ostalih. Nakon što je građevina sagrađena i nakon što je provedena primopredaja, ona ulazi u fazu rada i održavanja u sklopu svojega životnog ciklusa. Za to se vrijeme koristi softver koji prati i omogućava neometan rad te građevine. To uključuje preventivno i prediktivno održavanje te održavanje na zahtjev, upravljanje imovinom, upravljanje radnim nalogima i mnoge druge funkcionalnosti. Softver čija je svrha upravljanje građevinom tijekom faze gospodarenja obično se naziva CAFM (engl. *Computer Aided Facility Management*) ili CMMS (engl. *Computerized Maintenance Management System*). Postoje i novije izvedenice koje karakteriziraju softvere specijalizirane namjene za upravljanje radnim mjestima poput IWMS-a (*Integrated Workplace Management System*) koje također pripadaju tome području.

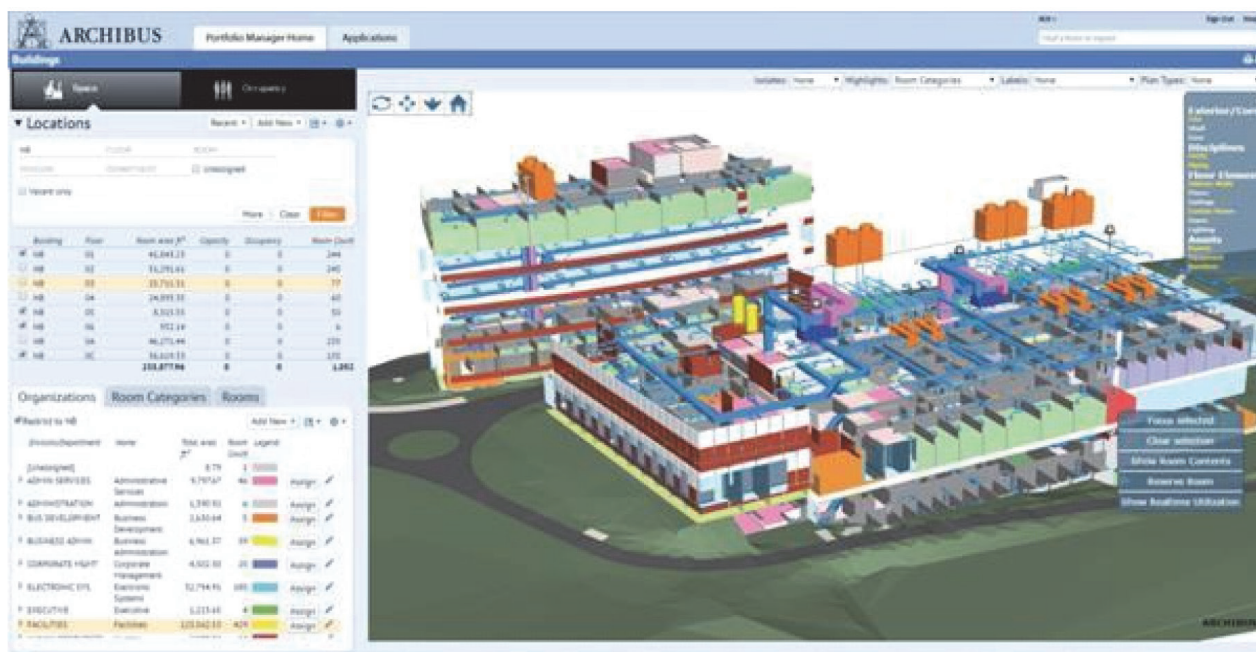
Različiti građevinski sektori zahtijevaju specijalizirani BIM softver. Iako su mnogi međusobno kompatibilni, svaki softverski program je po nečemu specifičan i nije zamjenjiv. Područje niskogradnje (infrastrukture), osobito linijskih građevina, vrlo je specifično u odnosu na područje visokogradnje, pa tako i po pitanju softvera. Softverski alati koji podržavaju BIM mogućnosti u području infrastrukture još su rjeđi. Većina takvih rješenja ponajprije je rađena za primjenu u visokogradnji i prilagođena u smjeru niskogradnje. Zajedničke karakteristike su im prikaz BIM modela kroz preglednik (engl. *viewer*), bilo da je u nativnome BIM alatu istoga proizvođača bilo da je integracijom priključen alatu drugoga proizvođača bilo da samo koristi određeni preglednik koji je taj model pretvorio u drugi format (nativni ili IFC). Za BIM modele u procesima upravljanja građevinom ključan je podatkovni dio. Naime, svaki BIM autorski (engl. *authoring*) alat sadržava bazu podataka kao osnovu za projektiranje i modeliranje. Ta baza podataka ključna je u fazi upravljanja i ona se integrira s CAFM/CMMS alatima uz grafički prikaz BIM modela.

2.4.6.2 ARCHIBUS

Više od 30 godina *ARCHIBUS* služi kao važan alat u industriji integriranih sustava za upravljanje radnim mjestom (engl. *Integrated Workplace Management Systems – IWMS*). *ARCHIBUS* je sedam godina zaredom svrstan među vodeće industrijske alate u Gartnerovu "Čarobnom kvadrantu za IWMS" (engl. *Gartner Magic Quadrant for IWMS*). O tome svjedoči velika *ARCHIBUS*-ova baza korisnika te priroda sučelja same platforme koja je prilagođena korisnicima.

Platforma *ARCHIBUS* omogućuje smanjenje ukupnih troškova posjedovanja imovine, donošenje dugoročnih ciljeva upravljanja okolišem i održivosti te smanjuje složenost procesa zahvaljujući intuitivnim mogućnostima poslovne inteligencije. Ona nudi aplikacije za upravljanje prostorom, nekretninama, održavanjem, imovinom, energetsom učinkovitošću, kapitalnim projektima i održivošću okoliša, neovisno o tipu industrije ili sagrađenog okoliša (slika 37.).

Također, *ARCHIBUS* je u biti dizajniran za integraciju s BIM pristupom i određenim alatima, GIS sustavima te mobilnim platformama. Opremljen je dodatnim mogućnostima stvorenima za automatizaciju protoka informacija od idejnoga plana preko projektiranja i faze izgradnje pa kroz čitav životni ciklus imovine.



Slika 37. Prikaz infrastrukturnih elemenata na platformi *ARCHIBUS*

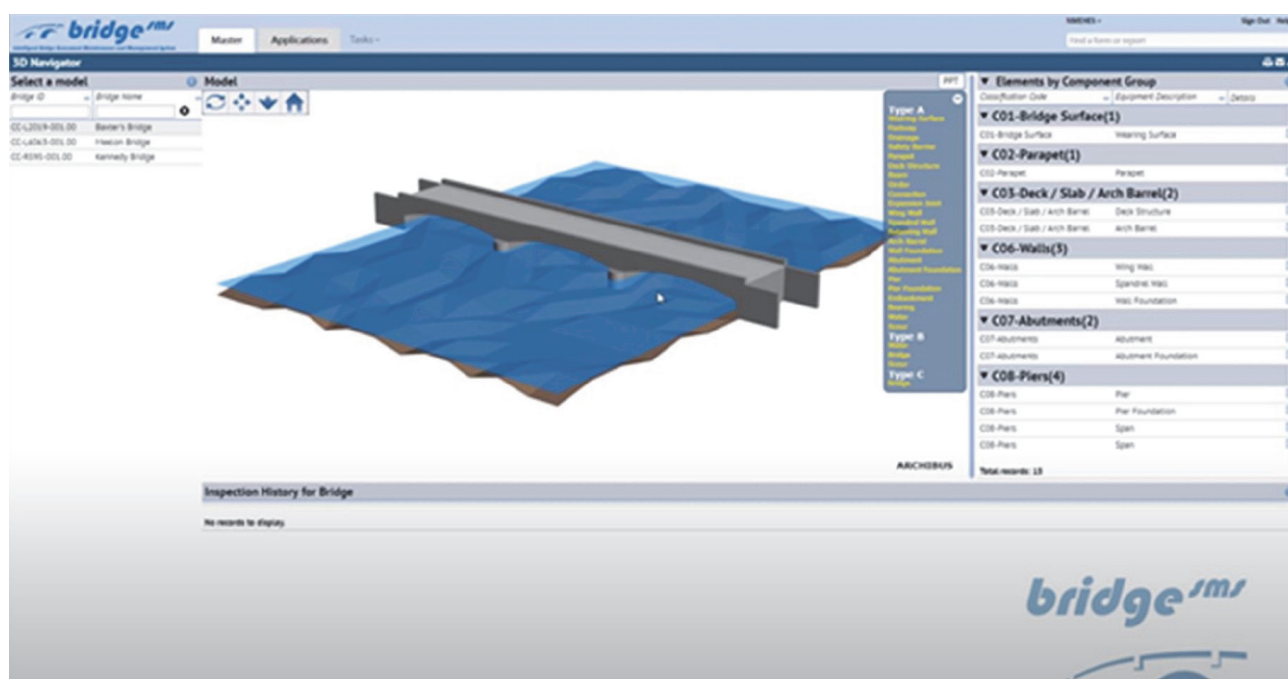
2.4.6.3 BRIDGE SMS

U sklopu EU-ova znanstveno-istraživačkog projekta, financiranog iz programa Marie Curie FP7 iz dijela vezanog uz suradnju znanosti i gospodarstva (IAPP), razvijeno je softversko rješenje koje upraviteljima infrastrukturnim građevinama omogućava učinkoviti pregled, monitoring i održavanje mostova na željezničkoj i cestovnoj mreži. Projektu su prethodila detaljna istraživanja hidroloških i ostalih utjecaja na stabilnost mostova s težištem na riziku od hidrauličke erozije. Kao odgovor na pitanje kako prevenirati i ublažiti potencijalno nepoželjna djelovanja na mostovima razvijena je inovativna metodologija pregleda mostova uz sudjelovanje partnera iz Irske, Hrvatske i Portugala.

Softver *BRIDGE SMS* predstavlja učinkovito rješenje kao dio sustava potpore odlučivanju u segmentu gospodarenja mostovima. Sustav se sastoji od triju međusobno povezanih dijelova: (a) centralnoga repozitorija podataka inventara portfelja mostova zajedno s modulima za upravljanje održavanjem mostova i izvještajima o pregledima te GIS preglednikom i BIM funkcionalnostima prikaza sheme mostova, (b) mobilne aplikacije za pregled i ocjenu stanja erozije i konstrukcijskih elemenata na mostovima te (c) sustava za rano predviđanje i upozorenje od poplava i erozija zajedno s vanjskim IoT senzorima za prikupljanje meteoroloških i hidroloških podataka.

Sustav inženjerima i upraviteljima omogućuje donošenje kako preventivnih i kratkotrajnih aktivnosti tako strateških odluka koje uključuju predviđanje, prepoznavanje i pripremu za potencijalno štetna djelovanja na mostove te planiranje i učinkovitije upravljanje portfeljem mostova uz smanjenje troškova održavanja. BIM funkcionalnost razvijena je kroz vanjske alate u *Autodeskovu* portfelju – *Revit* i *Dynamo Studio*. BIM pristupom omogućeno je vizualno programiranje modela uz korištenje goleme baze podataka **sastavljene** od geometrijskih vrijednosti elemenata mostova preuzetih prilikom pregleda i inspekcija mostova. Koristeći te geometrijske podatke, parametarski se iscrtava shema svakoga pojedinog mosta s određenom razinom detaljnosti koji omogućuje vizualno upravljanje te izvještavanje o mostu – vizualno izdvojeni elementi mosta obojeni su po matrici ocjena uporabljivosti (slika 38.).

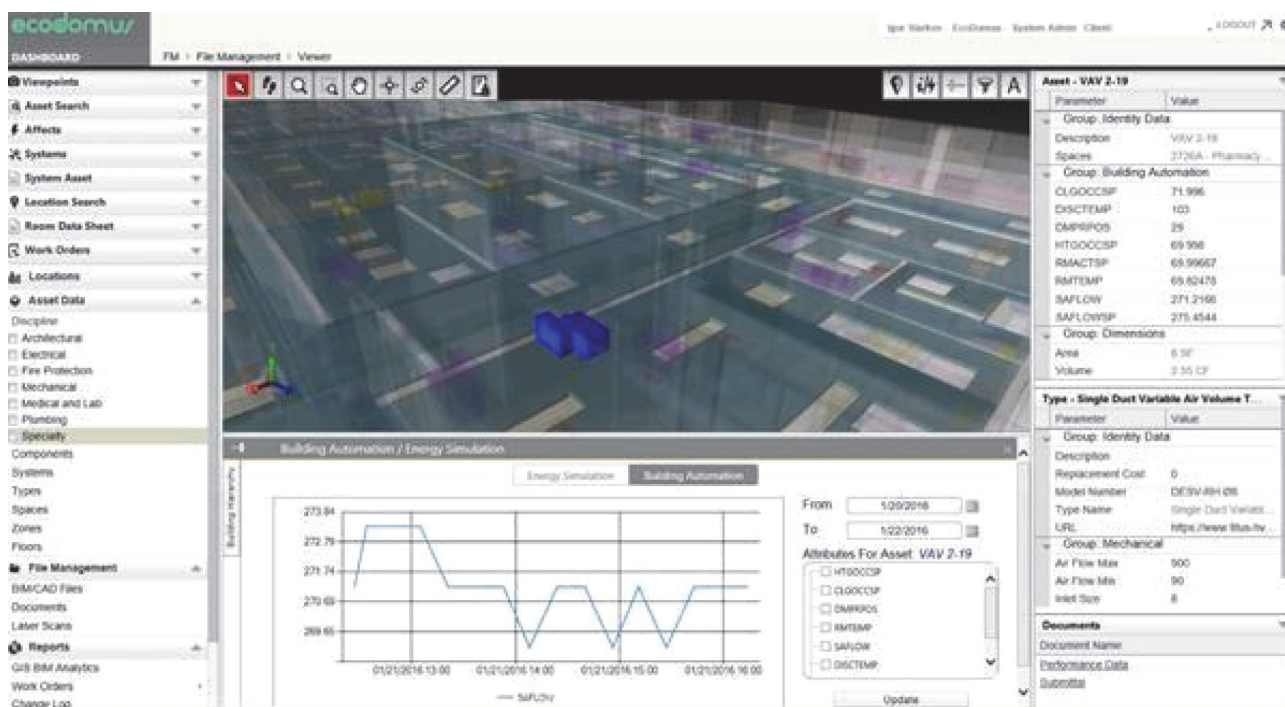
Koristeći podatke sakupljene tijekom pregleda erozije korita rijeke moguće je prikazati detaljan BIM model morfologije korita rijeke koji omogućuje učinkovito praćenje erozije.



Slika 38. Prikaz BIM sheme mosta u sustavu *BRIDGE SMS*

2.4.6.4 ECODOMUS

ECODOMUS jest IT platforma zasnovana na BIM pristupu upravljanju imovinom i projektima. Sadržava poboljšanja vezana uz praćenje elemenata građevine za stanare i vlasnike nekretnina. Zahvaljujući posjedovanju vlastite okoline za razmjenu podataka, u sklopu *ECODOMUS*-a moguće je raditi s različitim vrstama podataka (slika 39.). To znači da je platforma sposobna generirati informacije koje će se koristiti za intuitivnu analizu performansi građevina kako bi mogla predložiti poboljšane postupke održavanja. To omogućuje veću učinkovitost u korištenju energije te znatne uštede u troškovima rada. *ECODOMUS* sadržava i napredan navigacijski sustav sličan GIS alatu za pregled svojstava elemenata.

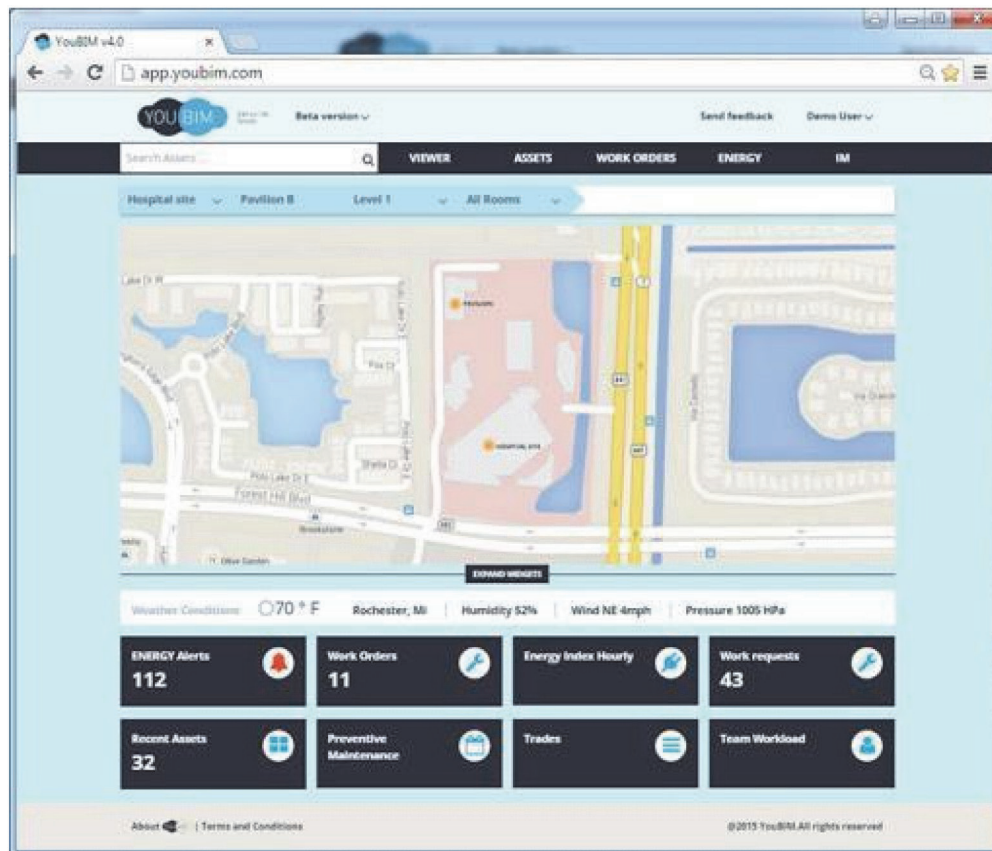


Slika 39. Prikaz infrastrukturnih elemenata na platformi ECODOMUS

2.4.6.5 YouBIM

YouBIM jest BIM rješenje zasnovano na tehnologiji računalnih oblaka (engl. *cloud*) za upravljanje građevinama kroz njihov životni ciklus, koje vlasnicima i upraviteljima omogućuje pristup integriranoj bazi podataka i neposredan pristup podacima o lokaciji i imovini preko jednostavnoga navigacijskog 2D/3D korisničkog sučelja (slika 40.). *YouBIM* je poput *Google Mapsa* za građevinu koji odgovara na pitanja gdje (lokacija) i što (atributi, povijesni podaci, specifikacije, informacije o jamstvu i drugo) o komponentama građevine te je ujedno poboljšana podacima o izvedbi uživo iz radnih naloga i BAS-a (engl. *Building Automated System*).

YouBIM pridodaje bogate podatke i dokumente (PDF-ove, JPG-ove, Excele itd.) pametnim objektima unutar skupa podataka BIM informacijskoga modela građevine. *YouBIM* također uključuje jednostavne funkcionalnosti stvaranja radnih naloga i preventivnoga održavanja te se neprimjetno integrira s robusnim CMMS i CAFM sustavima.



Slika 40. Prikaz sučelja na platformi YouBIM

2.5 Suradnja na projektu

2.5.1 Osnovne postavke i prednosti pravilne komunikacije na projektima

Implementacija BIM pristupa rezultira velikim brojem koristi za građevinske projekte, no njegova važnost osobito se očituje kroz olakšavanje komunikacije i razumijevanje dionika unutar projekta. Primjenom BIM-a na projektu mijenjaju se način suradnje te uloge i odgovornosti sudionika u projektu (BIM uloge i odgovornosti – pogledati prijedlog u “Općim smjernicama za BIM pristup u graditeljstvu” (HKIG, 2017)), iako bi pretpostavka mogla biti i da je komunikacija na projektima još zahtjevnija kada se radi u digitalnome okružju u odnosu na tradicionalne postavke, osobito u projektima u kojima je projektni tim dislociran, odnosno radi na daljinu. Na razvoj BIM suradnje na projektu utječe nekoliko čimbenika, odnosno kompetencija, o kojima treba voditi računa pri samoj implementaciji, a to su kapacitet IT infrastrukture, sposobnost upravljanja tehnologijom, stav i ponašanje sudionika u BIM projektu, preuzimanje odgovornosti, vođenje BIM projekta i tima, jasno definirani ciljevi i interesni sudionici te učenje i iskustvo.

Suradnja na projektu u početnim fazama ima brojne prednosti, uključujući smanjenje vremenskih odgoda i potrebe za ulaganjem nepredviđenih sredstava, no kako bi se doista učinkovito poboljšao suradnički rad na stvaranju BIM modela i iskoristila prednost rada utemeljenog na BIM pristupu, literatura i praksa prepoznaju četiri faze suradničkog rada:

1. fazu planiranja
2. fazu izrade modela
3. fazu pregleda modela
4. fazu integracije modela.

1. Faza planiranja

Na početku suradničkoga rada na BIM projektu treba razmotriti i izraditi inicijalni plan suradnje na projektu. Ako se na početku BIM projekta ne definiraju “pravila igre”, vrlo je vjerojatno da će se s vremenom pojaviti problemi i pogreške koje će nepotrebno oduzeti vrijeme za korekciju, a ujedno smanjiti produktivnosti i kvalitetu projekta. BIM menadžeri i inženjeri na početku projekta moraju definirati sve zahtjeve BIM projekta i uspostaviti proceduru i pravila suradničkoga rada.

Definiranim načinom rada BIM menadžeri lakše i preciznije dodjeljuju zadatke BIM inženjerima utemeljene na BIM zahtjevima. Kako bi se poboljšala suradnja i odredio plan rada, potrebno je definirati ključne mehanizme BIM suradnje, a to su:

- A. *Plan razvoja BIM modela* – BIM model može sadržavati jednu ili više datoteka, ovisno o veličini i svojstvima projekta. Strukturu datoteka BIM modela treba planirati i pažljivo postaviti na temelju veličina i atributa projekata povezanih s BIM-om. Njihov broj, izvorni format kao i softverska inačica moraju biti definirani na samome početku BIM suradnje zajedno s formatom za međusobnu razmjenu.
- B. *Postavke zaštite i autorstva* – Ovlasti nad BIM modelima i srodnim, popratnim dokumentima postavljaju se u skladu s ovlastima svakog BIM inženjera kako bi se poboljšala točnost suradničkoga rada. Glavna svrha uporabe mehanizma za postavljanje ovlasti jest smanjiti pojavu problema povezanih s nenamjernim brisanjem, uređenjem ili revizijom BIM modela.
- C. *Postavke sigurnosnih kopija i arhiva* – Kako bi se spriječilo oštećivanje datoteka kao posljedica ljudskih i vanjskih čimbenika, potrebno je predložiti i propisati metodu pohranjivanja sigurnosnih kopija/dokumenata u BIM projektu. Najčešće se predlaže sigurnosno kopiranje i spremanje informacija na neko određeno vrijeme tijekom kojega ne bi trebalo doći do smetnji u standardnome radu. Općenito, informacije na modelu održava i njima upravlja osoba koja je za to službeno zadužena nakon što su u inicijalnome planu definirane uloge i odgovornosti. Također, sve datoteke BIM modela trebaju slijediti postavljena pravila za sigurnosno kopiranje i imenovanje kako bi se spriječila oštećenja datoteka modela.
- D. *Model konvencije imenovanja* – Taj model predlaže konvenciju imenovanja datoteka i mapa koje se razmjenjuju u projektu. Konvencije imenovanja najčešće definiraju pravilno imenovanje korištenjem alfabetskih i brojevnih simbola radi jasne detekcije o kakvoj je mapi ili datoteci riječ prilikom razmjene. Njome se daje do znanja što se u danome trenutku otvara, koja verzija dokumenta i/ili format te se smanjuju nepotrebno gubljenje vremena na pretrage onoga što se u danome trenutku traži. U “Općim smjernicama za BIM pristup u graditeljstvu” (HKIG, 2017) dan je prijedlog konvencije imenovanja datoteka u BIM projektu.
- E. *Razvoj i implementacija predloška BIM modela* – Ponekad treba stvoriti predložak modela kako bi se stil konačne BIM isporuke uskladio sa zahtjevima naručitelja ili BIM menadžera. S razvojem predloška BIM modela svi BIM inženjeri mogu ponovno koristiti predloške za svoj dio zadatka izrade BIM modela. Vrlo često su predloškom modela osigurane željene vizualne i podatkovne karakteristike izlazne dokumentacije.
- F. *Razine detalja modela i razvojne razine elemenata* – Razinu detalja svake komponente potrebno je definirati na temelju BIM zahtjeva te konačnih ciljeva i očekivanih isporuka. Zato treba utvrditi zahtjeve i s tim u vezi potrebne informacije o BIM modelu. Dobivanje i razumijevanje zahtjeva korisno je za BIM inženjere kako bi poboljšali kvalitetu stvaranja BIM modela i osigurali njegovu iskoristivost u daljnjim fazama projekta. Specifikacija razvojnih razina elemenata – LOD za infrastrukturne projekte dana je kao prijedlog unutar ovih smjernica u Dodacima.
- G. Ova faza često je definirana kroz razvoj BIM izvedbenoga plana (BEP), najčešće kao odgovor na BIM zahtjeve naručitelja (EIR). Detaljnije o sadržaju BIM izvedbenoga plana moguće je pročitati u poglavlju 8. Osnovni BIM dokumenti, a konkretniji opis i primjer BEP-a prezentiran je u “Općim smjernicama za BIM pristup u graditeljstvu” (HKIG, 2017).

2. Faza izrade modela

Po završetku faze planiranja slijedi faza izrade BIM modela. Tijekom te faze postupka BIM inženjeri vode rasprave s povezanim sudionicima u projektu o svim pitanjima koja se pojave. Da bi se riješili problemi vezani uz projekt, potrebno je održavati periodične sastanke i/ili dijeliti dokumente sa zahtjevima za informacijama (engl. *Request for Information* – RFI) u cilju provjere potencijalno nastalih problema i njihove redukcije. U konačnici cjelokupno stvaranje BIM modela potrebno je revidirati i modificirati na temelju promjena u projektu, ažuriranih podataka ili RFI rezultata.

3. Faza pregleda modela

Faza pregleda modela sastoji se od dviju podfaza: samokontrole i završnoga pregleda. Mehanizam samokontrole zahtijeva od svih BIM inženjera da provjere točnost svojih BIM modela. S obzirom na to da se tijekom toga postupka pojavljuju mnogi problemi zbog pogrešaka u BIM modelu, treba postaviti kontrolne točke za upravljanje provjerom BIM modela. Svi BIM inženjeri trebaju provjeriti svoje modele i pronaći probleme na temelju definiranih kontrolnih točaka. Kontrolne točke i metode provjere pogrešaka najčešće su opisane u inicijalnome planu, odnosno u BIM izvedbenome planu. Primjer načina provjere modela jesu analize kolizije kojima se model pregledava i korigira od potencijalnih dupliciranja geometrije, kojima se definiraju prostorne tolerance i općenito tolerance za provjeru točnosti modela. Treba spomenuti i provjere točnoga provođenja konvencije imenovanja datoteka, ali i elemenata modela – njihova sadržaja i vjerodostojnosti podataka. Za tu fazu, fazu samokontrole, pogodno je imati obrazac za provjeru BIM modela. Isti taj obrazac mogu koristiti i BIM menadžeri prilikom praćenja statusa uređivanja i prilagodbe modela. Prednost korištenja obrasca za provjeru očituje se u skraćenom vremenu potrebnome za provjeru i u sprječavanju kumulativnih pogrešaka u završnoj fazi inspekcije modela. Ako dođe do nekih problema i rasprava vezanih uz nacрте i projekt, dodatno se mogu rješavati i popraviti u suradnji s RFI dokumentima. Završnim pregledom revident BIM modela provjeri točnost modela i jesu li ispunjeni svi zahtjevi očekivane isporuke. Ako se identificiraju problemi, ispunjava se obrazac za prilagodbu BIM modela. BIM inženjeri rade na prilagodbi modela te ponovno podnose prilagođeni model koji prolazi inspekciju odnosno pregled. Najčešće se taj postupak ponavlja onoliko puta koliko je potrebno dok BIM revident ne potvrdi da su svi aspekti modela u skladu s BIM zahtjevima.

4. Faza integracije modela

S obzirom na to da je trenutačno aktualna razvojna razina BIM pristupa – razina 2 (BIM razvojne razine – postoje četiri razvojne razine BIM pristupa: od razine 0 do razine 3 (<https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>)), može se očekivati to da rad na BIM projektima zapravo podrazumijeva rad na više različitih modela koji se potom objedinjuju u jedan sastavljeni BIM model (engl. *Federated BIM Model*). Faza integracije podrazumijeva upravo to spajanje različitih modela (najčešće modela po strukama, odnosno po tehničkim sklopovima projekta) u jedan model. Pri toj integraciji često se znaju pojaviti problemi poput kolizija i nepoklapanja modela. Kako bi se izbjegli nepotrebni gubici vremena u finalnim fazama isporuke, preporuča se da se “testne” integracije i koordinacija provode u ranijim fazama, konkretnije tijekom faza samoprovjere. U nastavku dane su preporuke za kvalitetnu suradnju u okolini za razmjenu podataka (engl. *Common Data Environment* – CDE) u skladu s preporukama i točkama međunarodnih standarda.

2.5.2 CDE platforme

2.5.2.1 Što je CDE?

U razgovorima o BIM pristupu često se može čuti pojam “CDE – Common Data Environment” odnosno “okolina za razmjenu podataka”. CDE oblikuje vrlo važan koncept te je jedan od ključnih čimbenika uspješnoga BIM projekta. To koliko je prepoznata važnost uporabe CDE-a na BIM projektima moguće je primijetiti u njezinu aktivnom sastavu u međunarodnim standardima PAS1192 i BS1192 te ISO 19650. Navedeni dokumenti opisuju što organizacije koje djeluju u AEC industriji, odnosno u području arhitekture, inženjerstva i graditeljstva, trebaju učiniti kako bi postigle usklađenost BIM razine 2 na svojim projektima. U nastavku smjernica dan je osvrt na terminologiju, ideju i prednosti rada u CDE-u te na najpoznatije okoline za razmjenu podataka u BIM svijetu.

BIM uključuje razvoj građevine u virtualnome okružju te je prema tome vrlo koristan pristup jer projektnim timovima omogućava jednostavniju suradnju i brže pregledavanje potencijalnih promjena, pogrešaka odnosno neusklađenosti projekta, čime se, zapravo, mogu znatno smanjiti troškovi te se može utjecati na vremenske rokove projekata. CDE jest platforma za bilježenje, distribuciju i rješavanje tih promjena, obično na povezanome sustavu poput interneta ili intraneta, koji su danas većinom u oblaku, što dovodi do učinkovitijega načina izvođenja projekata. U nastavku prezentirane su dvije popularnije definicije okoline za razmjenu podataka. Prema NBS-u (2016), okolina za razmjenu podataka (CDE) “...je središnji repozitorij unutar kojeg su smještene

informacije o građevinskim projektima. Sadržaj CDE-a nije ograničen na sadržaj stvoren u 'BIM okruženju' te stoga sadrži i dokumentaciju, grafički model i ne-grafičke informacije. Korištenjem jednog izvora informacija suradnja između članova projekta trebala bi se poboljšati, pogreške na projektu smanjiti kao i izbjeći bilo kakva dupliciranja“.

Prema ISO 19650-1:2018, CDE je “...dogovoreni izvor informacija za bilo koji projekt ili imovinu, za prikupljanje, upravljanje i dijeljenje svakog spremnika informacija kroz postupak upravljanja.“

Prema tome, jednostavno rečeno, CDE jest suradničko okružje koje koriste svi uključeni u rad na projektu, najčešće slijedeći smjernice ISO 19650 za komunikaciju i koordinaciju sa svim članovima uključenima u rad na projektu.

2.5.2.2 Zašto implementirati CDE?

Mnogi BIM protokoli kao što su CIC BIM ili AEC (UK) BIM predlažu uporabu okoline za razmjenu podataka. Krajnji cilj uspješne BIM implementacije, a samim time i okoline za razmjenu podataka unutar koje se nalazi BIM projekt, jest poboljšati stvaranje, razmjenu i izdavanje informacija koje podupiru isporuku projekta. Ideja suradnje na postizanju boljih rezultata i veće učinkovitosti u središtu je primjene pristupa BIM-a na građevinskim projektima.

CDE rješenje i radni postupci implementiraju se kako bi se pristup informacijama omogućio onima koji zahtijevaju preuzimanje njihovih specifičnih funkcija. Drugim riječima, svatko može koristiti i reciklirati informacije za svoje potrebe. Pritom informacije imaju različite funkcije ovisno o onome tko ih traži, za što ih traži i za što ih koristi. Okolinu za razmjenu podataka moguće je implementirati na nekoliko načina te koristeći niz različitih tehnologija i radnih postupaka koji omogućuju razvoj sastavljenoga informacijskog modela (engl. *Federated BIM Model*). To podrazumijeva uporabu modela informacija raznih projektnih strana i timova. Pri implementaciji okoline za razmjenu podataka potrebno je razmotriti sigurnost i kvalitetu informacija te prema potrebi, integrirati ih u definiciju ili prijedloge CDE-a.

Literatura i praksa ističu kako rad u sklopu CDE-a omogućuje znatno bolju suradnju na projektu i upravljanje informacijama. Povezivanjem timova, modela i podataka o projektu u jednome okružju osigurava se jedinstveni izvor “projektne istine” (engl. *single source of truth*; termin “projektna istina” podrazumijeva to da se svi posljednji uneseni i usuglašeni podaci projekta nalaze na CDE-u i na taj način onemogućavaju propuste u komunikaciji poput onih da netko od članova tima nije dobio određenu informaciju ili podlogu, jer je sve zapisano i ažurirano na jednome mjestu), a sudionici u projektu imaju pristup samo onome za što imaju ovlaštenje. CDE omogućuje:

- postojanje sigurnoga i neutralnoga okružja koje pohranjuje cjeloviti trag revizije korištenih dokumenata
- skraćivanje vremena i smanjivanje truda/aktivnosti potrebnih za provjeru, usklađivanje verzija i ponovno izdavanje informacija
- izdvajanje odabranih dijelova najnovijih odobrenih podataka iz zajedničkoga područja (spremnika *SHARED*, koji je detaljnije obrađen u nastavku), a po potrebi i na temelju autorizacije
- minimiziranje koordinacijske provjere, na primjer, osigurava to da su modeli točni i da se ne vide očiti problemi poput neusklađenosti među modelima
- olakšanu ponovnu uporabu informacija u fazama planiranja gradnje, pri procjenama, planiranju troškova, upravljanju građevinama (imovinom) i mnogim drugim aktivnostima
- skraćivanje vremena i smanjivanje troškova izrade koordiniranih informacija.

Prema ISO 19650-1:2018, specifikacija i isporuka podataka o projektu i građevinama slijedi četiri sveobuhvatna principa među kojima su i ciklus dijeljenja informacija i princip kroz CDE platformu: “Razmjena informacija uključuje razmjenu i koordinaciju informacija putem CDE-a, koristeći otvorene standarde kad god je to moguće i jasno definirane operativne postupke kako bi se omogućio dosljedan pristup svim uključenim organizacijama.“

CDE radni postupci primjenjuju se kao podrška za zajedničku proizvodnju, upravljanje, razmjenu svih informacija tijekom faze rada i isporuke. Informacijski modeli koji sadržavaju objedinjene podatke nastaju kao rezultat tijeka CDE-a kako bi se odgovorilo na zahtjeve svih interesnih strana.

2.5.2.3 U kojemu je obliku CDE?

Forma ili oblik okoline za razmjenu podataka oblikuje se prema viziji korisnika na temelju njegove percepcije i složenosti odnosno unikatnosti projekta te standarda rada organizacije koja radi na projektu. PAS 1192-2 sugerira postavljanje nekog serverskog mjesta ili ektraneta (Ekstranet – privatna mreža neke organizacije s ograničenim pristupom (<https://hr.wikipedia.org/wiki/Ekstranet>)), odnosno nekog drugog sustava zasnovanog na upravljanju datotekama. Prilikom uspostave CDE-a važno je i voditi računa o svim sudionicima u projektu. Može se očekivati da će se uporabom CDE-a na BIM projektima prije javiti potreba za konvencijama imenovanja mapa, datoteka i modela kao standardnoga protokola na projektu te za svim ostalim parametrima koji su preduvjet za informacijsku sigurnost, a o čemu će više riječi biti u nastavku.

2.5.2.4 Kako koristiti CDE?

U radu s datotekama u središnjemu repozitoriju potrebno je razmotriti neku vrstu radnih procesa kako bi bilo jasno koje informacije ostaju u procesu rada (radne datoteke), koje su podijeljene (nakon odgovarajućega pregleda), a koje objavljene (nakon određene isporuke ili faze projekta). Također, važno je razmišljati i voditi računa o verzijama dokumenata i arhiviranju onih koji su zamijenjeni.

Prema ISO 19650-1:2018, ali i mnogim drugim BIM standardima i smjernicama, kako bi se u sklopu okoline za razmjenu podataka i procesa vezanih uz CDE omogućila visoka razina kvalitete informacija, iznimno je važno sa svim sudionicima/organizacijama u projektu usuglasiti sljedeće:

- formate informacija
- formate isporuka
- strukturu informacijskoga modela
- sredstva za strukturiranje i klasificiranje informacija
- nazive atributa za metapodatke, na primjer, svojstva konstrukcijskih elemenata i isporuke informacija.

Svi protokoli i standardi rada na CDE-u za specifičan projekt najčešće su definirani u EIR-u ili BEP-u te su dio edukacije koju sudionici projekta moraju proći kako bi shvatili “pravila igre” na platformi koju koriste.

CDE platforma i radni procesi koriste se za upravljanje informacijama i tijekom upravljanja projektnom isporukom i imovinom, pri čemu se prate postupci upravljanja informacijama modela imovine (*Asset Information Model* – AIM) i modela projektnih informacija (*Project Information Model* – PIM), koji su opisani u normi ISO 19650-1:2018. Po završetku projekta informacije o PIM-u prebacuju se u dio vezan uz informacije o AIM-u. Preostali spremnici s informacijama o projektu, uključujući one u arhivi, trebali bi se zadržati samo radi čitanja u slučaju bilo kakvog spora i/ili kao baza znanja za buduće projekte (engl. *lessons learned*). Vremenski okvir zadržavanja spremnika s informacijama o projektu trebao bi biti definiran u EIR-u ili BEP-u.

Norma ISO 19650-1:2018 i standard BS 1192 ističu podjelu informacijskih spremnika na četiri faze:

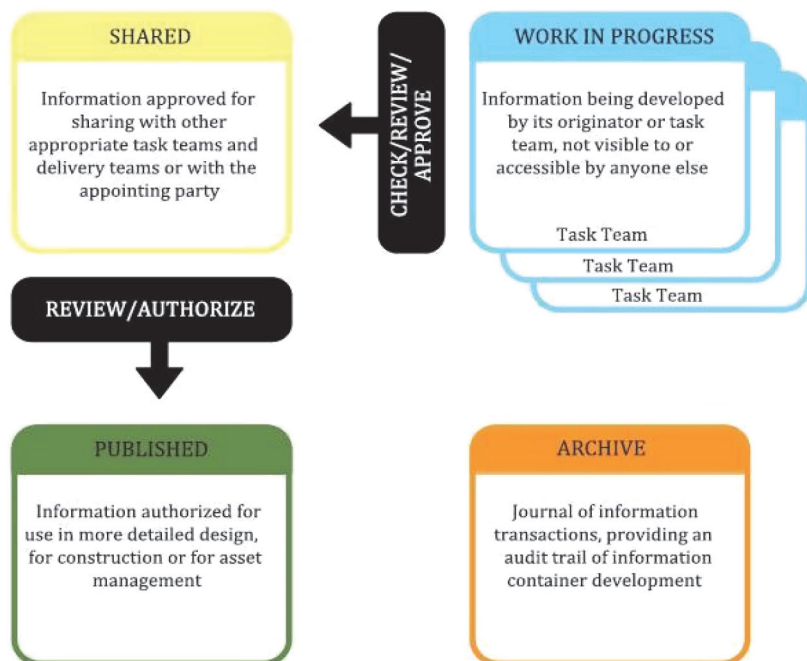
- *Work in Place* – radno
- *Shared* – dijeljeno
- *Published* – predano
- *Archived* – arhivirano.

Navedene faze prikazane su na slici 41. Dijagram na slici 41. prikazuje pojednostavljeni tijek informacija BIM projekta u CDE-u te (namjerno) ne ilustrira složenost rada CDE-a kao što su višestruke iteracije razvoja pojedinoga spremnika informacija, više pregleda, odobrenja i autorizacija. Prelazak iz pojedine faze u drugu predmet je postupka odobravanja i projektnih ovlaštenja.

Prema ISO-u, svaki spremnik informacija kojim se upravlja preko CDE-a trebao bi imati metapodatke koji uključuju:

1. revizijski kod u skladu s dogovorenim standardom, na primjer, IEC 82045-1
2. statusni kod koji prikazuje dopuštenu uporabu informacija.

U “Općim smjernicama za BIM pristup u graditeljstvu” (HKIG, 2017) dani su prijedlozi uporabe CDE-a te radnih procesa poput šifre metapodataka, konvencija imenovanja i šifre tehničkih funkcionalnih sklopova koje se mogu djelomično ili u cijelosti koristiti u infrastrukturnim projektima, a svakako mogu poslužiti kao ideja i smjernica za razvoj vlastitih radnih procesa u vlastitome BIM projektu. Odabrano CDE rješenje može uključivati i sposobnost upravljanja bazom podataka za upravljanje atributima spremnika informacija i metapodacima te mogućnost prijenosa za potrebe izdavanja obavijesti o ažuriranju popisa članova tima i održavanju revizijskoga traga upravljanja informacijama.



Slika 41. Koncept okoline za razmjenu podataka (ISO 19650-1:2018)

Norma ISO 19650-1:2018 dijagram prikazan na slici 41. opisuje na sljedeći način:

- **Work in Progress (WIP) – “RADNO”**: Projektni tim odnosno tim koji radi na određenome zadatku/isporuci koristi ga za informacije tijekom razvoja projektnoga zadatka. Spremnik informacija u toj fazi ne smije biti vidljiv ni dostupan bilo kojemu radnom timu osim njegovu izvorniku odnosno autoru.
- Informacije koje dolaze iz spremnika “RADNO” prolaze kroz proces **Check/Review/Approve**, odnosno kroz proces provjere i odobrenja u sklopu kojega se sadržaj spremnika s informacijama uspoređuje s planom isporuke informacija i dogovorenim standardima, metodama i postupcima za proizvodnju informacija.
- **Shared – “DIJELJENO”**: Faza “DIJELJENO” koristi se za informacije koje su odobrene za dijeljenje s prikladnim i imenovanim sudionikom/sudionicima u projektu. Svrha tog spremnika informacija u toj fazi jest omogućiti konstruktivan i suradnički razvoj informacijskoga modela unutar tima koji radi na projektnome zadatku i njegovim isporukama u cilju upravljanja koordiniranim informacijama. Spremnik informacija u fazi “DIJELJENO” trebao bi biti vidljiv i dostupan sudionicima, ali ne bi trebao imati mogućnost uređivanja. Ako je informacije iz toga spremnika potrebno uređivati, spremnik treba vratiti u stanje “RADNO”. Sve odgovarajuće imenovane strane trebale bi se konzultirati oko spremnika informacija u fazi “DIJELJENO” te ih koristiti za provjeru koordinacije, cjelovitosti i točnosti vlastitih podataka.
- Fazu “DIJELJENO” također imaju spremnici koji su odobreni za dijeljenje s investitorom ili s vlasnikom/upraviteljem imovine i spremni su za autorizaciju.
- Faza **“PREGLED I AUTORIZACIJA” (Review/Authorization)** sljedeća je prijelazna točka između faza “DIJELJENO” i “PREDANO”. U toj fazi uspoređuju se svi spremnici informacija prilikom razmjene informacija s relevantnim informacijskim zahtjevima za koordinaciju, cjelovitost i točnost. Ako spremnik informacija ispunjava zahtjeve za informacijama, njegovo se stanje mijenja u **“PREDANO”**. Ako spremnici informacija ne udovoljavaju zahtjevima za informacijama, vraćaju se u fazu “RADNO” sve do ponovnoga podnošenja. Faza “AUTORIZACIJA” odnosno proces odobrenja razdvaja informacije (u fazi “PREDANO”) na one na koje

se može osloniti u sljedećoj fazi isporuke projekta, uključujući detaljniju fazu projektiranja ili izvođenje ili upravljanje imovinom, te na one koje još uvijek mogu biti podložne promjenama (u fazi “RADNO” ili “DIJE-LJENO”).

- **Published – “PREDANO”:** Ta se faza koristi za podatke koji su odobreni za uporabu, na primjer, u fazi izvođenja projekta ili u radu s imovinom. PIM na kraju projekta ili AIM tijekom rada s imovinom sadržavaju samo informacije u “PREDANOM” ili “ARHIVIRANOM” stanju.
- **Archived – “ARHIVIRANO”:** Faza “ARHIVIRANO” sadržava dnevnik svih transakcija spremnika informacija i trag revizije njihova razvoja. Dakle, koristi se za vođenje dnevnika svih informacija koje su podijeljene i objavljene tijekom postupka upravljanja informacijama te kao revizijski trag njihova razvoja.
- Spremnik informacija u fazi “ARHIVIRANO” koji je prethodno bio u fazi “OBJAVLJENO” čine informacije koje su potencijalno bile korištene za detaljniju fazu projektiranja, za izvođenje radova ili za upravljanje imovinom.

2.5.2.5 Osnovne značajke kvalitetne okoline za razmjenu BIM projekata

U skladu s iskustvom i uputama iz ISO i BS standarda autori preporučuju razmatranje sljedećih značajki pri odabiru i uporabi CDE rješenja za BIM projekte:

- mogućnost izrade strukturirane hijerarhije mapa - strukturirane podjele projekta i rada s datotekama
- mogućnost imenovanja i dodjele kodova
- mogućnost praćenja povijesti aktivnosti u projektu
- usklađivanje i praćenje verzija: jasno definirane i čitljive informacije o najnovijim dokumentima/modelima na CDE platformi, broj verzija, datum postavljanja pojedine verzije kao i imenovanje osobe koja je bila zadužena za jasno postavljanje dokumenta/modela
- mogućnost uspoređivanja promjena među verzijama u informacijskome i vizualnome (2D i/ili 3D) obliku
- povezanost odnosno dvosmjerna komunikacija CDE-a s *desktop*-aplikacijama – omogućen rad na računalu te sinkronizacija promjena u CDE-u
- mogućnost pohrane informacija u predviđene spremnike, definirane prema ISO i BS standardu: radno, dijeljeno, arhivirano i predano
- pregled 2D i 3D pogleda
- pregled svih relevantnih informacija modela i dijelova modela (elemenata)
- mogućnost dodjele uloga i odgovornosti u radu na projektu i projektnoj dokumentaciji
- mogućnost dodjele ograničenja u radu sa specifičnim datotekama u CDE-u (npr. samopregledavanje, uređivanje)
- mogućnost dodjele zadataka
- obavještanje o promjenama e-poštom ili slično
- dodjela statusa elementima poput “novo”, “odobreno”, “pregledano” ili “riješeno”
- mogućnost spajanja modela u sastavljeni BIM model (engl. *Federated BIM Model*)
- analize kolizija modela, tehničkih sklopova i dijelova projekta
- mogućnost učitavanja velikoga broja različitih formata datoteka.

2.5.2.6 Koje su prednosti korištenja CDE-a?

Glavne prednosti korištenja CDE-a jesu:

- S obzirom na to da postoji jedan, središnji izvor informacija, ne gubi se vrijeme na komunikaciju o tome na koju se verziju informacija treba pozvati tijekom rada na projektu. “CDE bi trebao služiti kao krajnji izvor točnog i ažurnog projekta te donijeti niz prednosti za sve uključene” (NBS, 2016).
- Odgovornost za informacije unutar svakoga spremnika informacija ostaje na organizaciji koja ih je proizvela. Iako se dijele i ponovno koriste, samo je toj organizaciji dopušteno mijenjati sadržaj.
- Zajedničke informacije trebale bi ponuditi koordinirane podatke, što rezultira smanjenim vremenskim i troškovnim komponentama projekta.

- Svi članovi projektnoga tima mogu koristiti CDE za generiranje dokumenata/pogleda koji su im potrebni, koristeći različite kombinacije središnje dokumentacije, a da su pritom sigurni da koriste najnoviju dokumentaciju (kao i ostalu).
- Potpuni trag revizije proizvodnje informacija dostupan je za upotrebu tijekom i nakon svake isporuke projekta i aktivnosti upravljanja imovinom.

2.5.2.7 Tko je odgovoran za pokretanje i vođenje CDE-a?

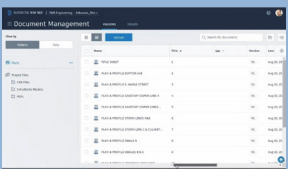
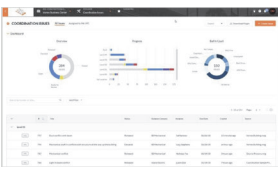
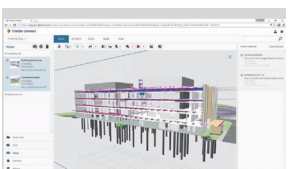
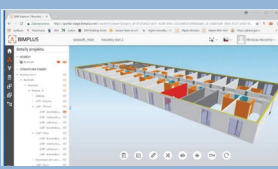
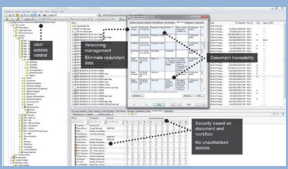
BIM protokoli, na primjer, CIC BIM protokol, predlažu imenovanje upravitelja informacijama ili administratora informacija kao osobe odgovorne za CDE. Riječ je o osobi koja za razliku od BIM koordinatora nema odgovornost ili ne treba biti odgovorna za projektiranje, otkrivanje kolizija ili koordinaciju modela. Upravitelj informacijama odgovoran je za to da velik broj podataka koji se generiraju i dijele tijekom projekta budu sinkronizirani i koherentni. Najčešće je to osoba koju je imenovao investitor/klijent projekta ili voditelj projekta, ali to nije pravilo.

2.5.2.8 Tko je vlasnik informacija u CDE-u, a tko njihov domaćin?

Sudionici u projektu zadržavaju vlasništvo nad svojim podacima koje pohranjuju u CDE. Zapravo, modeli koje generiraju pojedini timovi uvijek će ostati odvojeni od ostalih dokumenata (spremnik "RADNO" i spremnik "DIJELJENO") i upravo su oni ti koji se modeliraju kako bi stvorili sastavljeni BIM model. U teoriji vlasništvo se može mijenjati kako projekt odmiče i kako se donose odluke, na primjer, elemente koje je odredio projektant podizvođači će zamijeniti elementima određenoga, konkretnoga proizvođača.

2.5.2.9 Popis trenutačno poznatih BIM CDE platformi

Tablica 1. Popis poznatih CDE rješenja (preuzeto: <https://www.planbim.io/blog/2020/04/07/the-top-5-common-data-environments-cde-for-bim/>)

Autodesk BIM 360 Website: https://www.autodesk.com/bim-360/ Developer: Autodesk BIM 360 platforma je koja povezuje projektne timove i podatke u stvarnom vremenu, prati projektne faze od faze projektiranja pa do izvođenja. Platforma podržava informirano donošenje odluka i vodi do predvidljivijih i profitabilnijih rezultata.		Procore Website: www.procore.com Developer: Procore Procore je alat za upravljanje građevinama napravljen da pomogne korisnicima da završe kvalitetne projekte – s idejom na unutar planiranog vremena i budžeta.	
Trimble Connect Website: https://connect.trimble.com/ Developer: Trimble Trimble Connect je otvoreni alat za suradnju koji povezuje ljude s konkretnim podacima u konkretno vrijeme - omogućava informirano donošenje odluka i povećava učinkovitost projekta.		Allplan Bimplus Website: https://www.bimplus.net/en/ Developer: Nemetschek Allplan Bimplus otvorena je BIM platforma za sve tehničke sklopove projekta u cilju učinkovite suradnje na građevinskim projektima.	
Bentley Projectwise Website: https://www.bentley.com/en/products/brands/projectwise Developer: Bentley Bentley Projectwise omogućuje povezano podatkovno okruženje s industrijaliziranim radnim tokovima i pruža uvid na zahtjev.		Tecture planBIM Website: www.planbim.io Developer: Tecture planBIM je aplikacija na "cloudu" za upravljanje i implementaciju BIM projekta. Platformi se može pristupiti putem weba, mobilnog uređaja ili čak unutar BIM alata kao što je Autodesk Revit	

2.5.3 Interoperabilnost

Svaki projekt u niskogradnji i općenito u graditeljstvu rezultat je koordiniranoga doprinosa većeg broja sudionika. U svojoj biti BIM pristup kreće upravo od te činjenice, prepoznaje probleme u suradnji sudionika raznih struka i nedostatke njihove komunikacije i koordinacije. BIM pristup daje konkretna rješenja za te probleme. Više je puta spomenuto to da je za kreiranje BIM modela u niskogradnji neophodno koristiti više softvera. Također, BIM pristup inaugurirao je nove postupke i nove softverske tehnologije koje su neophodne u učinkovitome projektiranju (npr. softveri za 3D koordinaciju). Da bi zadovoljili te zahtjeve, potrebno je omogućiti to da se dijelovi projekta ili dijelovi BIM modela prenose na odgovarajući način iz softvera u softver. Upravo je pojam “interoperabilnost” taj koji opisuje tu neophodnu karakteristiku, odnosno jednostavnu i brzu razmjenu dijelova projekta među različitim softverima bez gubitka ili pogrešnoga interpretiranja potrebnih informacija. Thomson i Miner (2010) definiraju interoperabilnost kao mogućnost povezivanja raznih sustava i modela bez stvaranja pogrešaka ili zahtjeva za ponovnim unošenjem informacija. Neki istraživači promatraju interoperabilnost u općemu i tehnološkomu smislu. Chen i suradnici (2008) definiraju interoperabilnost kao sposobnost razumijevanja dvaju sustava koji koriste zajedničke funkcionalnosti. S gledišta računalne tehnologije, interoperabilnost je sposobnost dvaju raznolikih računalnih sustava da zajedno funkcioniraju i dijele pristup i resurse na recipročan način. Drugi autori navode kako je interoperabilnost sposobnost IKT sustava i poslovnih procesa koji podržavaju razmjenu podataka da omoguće dijeljenje informacija i znanja (EIF 2004, prema Muller et al. 2017), a autori Golabchi i Kamat (2013) tvrde kako se interoperabilnost može jednostavno objasniti kao sposobnost dvaju ili više sustava da razmjenjuju informacije te da ih koriste.

Jedna od osnovnih premisa implementacije BIM pristupa jest definiranje standarda razmjene podataka. Institucije i organizacije koje su prepoznate na svjetskoj razini kao što je *BuildingSmart* i koje su uglavnom neprofitne predlažu standarde razmjene podataka. *BuildingSmart* brine o definiciji, razvoju, održavanju i dokumentiranju IFC standarda (*Industry Foundation Classes*).

Osim otvorenih standarda, odnosno standarda koji su u cijelosti i detaljno dokumentirani, u praksi se koriste formati koji su vlasništvo softverskih kuća. Veće tvrtke čiji se softveri koriste u projektiranju u niskogradnji (*Autodesk*, *Bentley*) imaju više različitih softvera koji pokrivaju određene faze BIM procesa. Jasna je motivacija tih tvrtki da snažno podupiru što šire korištenje vlastitih proizvoda. Interoperabilnost među softverima iste tvrtke trebala bi po definiciji biti jako dobra.

Kao treću kategoriju u interoperabilnosti potrebno je spomenuti starije standarde i formate koji se koriste u razmjeni podataka kao što su *LandXML* ili *SHP*. Ti standardi nisu predviđeni u modernim BIM tokovima, ali s obzirom na to da su dugo na tržištu i da su dobro dokumentirani i provjereni, imaju svoju važnu ulogu.

2.5.3.5 IFC standard

Već u počecima definiranja BIM pristupa postavilo se pitanje standarda razmjene informacija. Postojalo je nekoliko prijedloga za standardizaciju formata razmjene podataka i sredinom devedetih godina prošloga stoljeća formiran je prvi prijedlog IFC standarda. Od 2005. neprofitna udruga *BuildingSmart* preuzela je brigu o održavanju i daljnjemu razvoju IFC standarda. S obzirom na razvoj BIM pristupa i dugogodišnju prisutnost IFC standarda, on je na neki način postao neodvojivi dio BIM pristupa. Često se BIM funkcionalnost nekog softvera cijeni po tome na koji način implementira IFC standard. Udruženje *BuildingSmart* nudi mogućnost certificiranja softvera, odnosno kroz definirane procedure provjerava koji softveri pravilno rade s IFC standardom. Certifikat se može odnositi samo na određene aktivnosti (zapis ili učitavanje) ili na skup elemenata koje obrađuje pojedini softver, na primjer, softver za ceste ili cijevne mreže. Kao i cijela ideja BIM-a, i IFC standard ispočetka je podržavao samo visokogradnju, odnosno razmjenu podataka o elementima i građevinama visokogradnje. Posljednjih godina razvoj IFC standarda ide u smjeru podrške za građevine niskogradnje poput cesta, mostova, željeznica ili tunela. Trenutačna službena verzija IFC-a jest 4.1 (2020.), a u najavi su nove verzije. IFC je dosta ambiciozno zamišljen, odnosno omogućuje prenošenje velike količine informacija koje osim geometrije uključuju autore, procese, resurse, vremenske okvire i druge podatke. U izvorima se mogu naći analize o prirodi razmjene podataka primjenom IFC standarda, odnosno toga je li komunikacija primjenom IFC standarda dvosmjerna ili jednosmjerna. Dvosmjerna komunikacija omogućila bi kompletno rekreiranje

modela u softveru B na temelju IFC zapisa koji je nastao u softveru A. Jednosmjerna komunikacija omogućuje prenošenje informacija bez namjere da se kompletni model, sa svim svojim dijelovima, ponovno kreira. Ipak, može se zaključiti to da prevladava mišljenje da je komunikacija i razmjena podataka korištenjem IFC zapisa jednosmjerna. Neki autori komunikaciju IFC zapisom uspoređuju s uvriježenim načinom zapisa podataka u PDF format (može se čitati i pregledavati, ali ne može se mijenjati). Ne treba zanemariti ni neke aspekte strategije softverskih proizvođača koji nisu vitalno zainteresirani za to da se modeli kreirani u njihovu softveru jednostavno prenesu u softver drugoga proizvođača (moguće konkurencije). U razmatranje također treba uzeti i aspekte zaštite autorskih prava projektanata. Svi ti čimbenici u konačnici mogu utjecati na stupanj podrške softverskih proizvođača IFC standardu.

U IFC standardu dostupne su kategorizacije pojedinih elemenata koji se pojavljuju u projektu/modelu. Na primjer, ako se u IFC žele zapisati elementi kanalizacije, preporuča se koristiti strukture poput *IFCPipeSegment* (cijev) i *IFCDistributionChamberElement* (revizijsko okno) koje su predviđene za to. Ti su elementi članovi grupe *IFCDistributionElements*. Ako za neke elemente ne postoji odgovarajuća kategorizacija, što je slučaj u niskogradnji, moguće je koristiti takozvane nekategorizirane elemente – *BuildingProxyElement*. Činjenica je također da softveri koji trebaju učitati IFC često ne prepoznaju kategorizirane elemente, odnosno da uglavnom učitavaju IFC preko kategorije *BuildingProxyElement*. Posljedica toga jest to da u softverima za 3D koordinaciju prikaz elemenata modela nije pravilno i pregledno strukturiran.

Postavlja se pitanje u kojoj je mjeri IFC standard primjenjiv u području niskogradnje. Tek u nadolazećim godinama može se računati na to da će IFC biti detaljno razrađen za građevine niskogradnje. Može se zaključiti da su osnovni zahtjevi na interoperabilnost i komunikaciju koju postavlja BIM pristup uglavnom zadovoljeni, no neki proizvođači i njihovi softveri imaju kvalitetniju podršku za IFC standard, dok drugi iz različitih razloga tomu ne pridaju veliku važnost.

U ovoj je publikaciji nekoliko puta u pozitivnome smislu naveden *Autodesk*, čiji su softverski proizvodi nezaobilazni u kvalitetnome projektiranju u Hrvatskoj, no *Autodesk* ne podržava u cijelosti rad s IFC standardom. U programu *Civil 3D* moguće je napraviti zapis IFC formata 3D tijela, no funkcija za zapis ne omogućuje selekciju elemenata. Korisnik nema utjecaja na kategorizaciju zapisanih elemenata (samo *IFCBuildingProxyElement*). Zapis u IFC-u uključuje samo podatke koji su definirani u *Property Set Definitionu*, čiji unos za sada nije moguće automatizirati. Novije verzije IFC standarda (4.1) nisu u cijelosti podržane. Dodatno, softverski paketi koji bi trebali učitati i prikazati IFC datoteke poput *Revita* ili *BIM 360 DOCS* imaju poteškoća s prikazom IFC elemenata ako se nalaze na realnim (velikim) koordinatama. Postoje također poteškoće sa stilizacijom odnosno s načinom prikaza elemenata u IFC datotekama. S obzirom na dostupne informacije, u budućnosti se može očekivati to da će u *Autodeskovim* proizvodima podrška za IFC standard biti na višoj razini.

Udruženje *BuildingSmart* najavljuje daljnji razvoj IFC standarda. Planira se šira podrška za područje niskogradnje. Težište se stavlja na MVD tehnologiju (*Model View Definition*). Ta bi tehnologija trebala standardizirati određene tipove zapisa u IFC-u s obzirom na svrhu zapisane datoteke. Naime, IFC nudi različite načine zapisa elemenata projekta, a s MVD tehnologijom, koju se može tretirati kao konfiguraciju zapisa u IFC-u, moguće je standardizirati koji se elementi cijeloga modela žele zapisati, na koji način i s kojim podacima. Na primjer, ako bi se IFC zapis modela koristio za analizu konflikata, imao bi zapis koji se razlikuje u odnosu na zapis koji se koristi u proračunu količina. MVD tehnologiju za sada podržava mali broj softvera.

2.5.3.6 Zatvoreni formati za komunikaciju (*proprietary formati*)

Veće softverske kuće nude razne programe kao što su softveri za projektiranje u niskogradnji ili visokogradnji. Također, s obzirom na fazu projektiranja, nude se softveri za konceptualno projektiranje (idejna rješenja i idejni projekti) i za detaljno projektiranje. U ponudi su često i programi za 3D koordinaciju, razne analize i proračune, CDE platforme i slično. Činjenica jest da u BIM poduprtom projektiranju treba koristiti više softverskih tehnologija i globalni proizvođači softvera se trude, u sklopu svoje ponude, ponuditi skup programa koji bi trebao zadovoljiti sve potrebe. Da bi učinili rad sa svojim programima privlačnijim i učinkovitijim, za potrebe komunikacije odnosno interoperabilnosti maksimalno podržavaju interne standarde odnosno zatvorene formate. Ti formati nisu javni ni dokumentirani. Često je neka specifična funkcionalnost moguća ili učinkovita jedino korištenjem takvih formata.

S druge strane, BIM pristup u svojim osnovnim postavkama ne želi implementaciju ograničiti na određene softvere ili tehnologije, već definira neutralne standarde koji su dobro dokumentirani i koji omogućavaju upotrebu različitih softvera. Već je u prethodnome poglavlju spomenuto to da jedan od globalnih i važnih proizvođača softvera za graditeljstvo *Autodesk* ne podržava potpuno funkcionalno IFC standard. *Autodesk* forsira upotrebu vlastitih formata poput DWG-a, RVT-a, IMX-a, NWC-a ili FBX-a. Korištenjem tih formata postiže se dodatna funkcionalnost, ali samo unutar sustava *Autodesk*. Slična je situacija i s drugim globalnim proizvođačima softvera.

U softverskoj industriji svjedoci smo toga da se i ti zatvoreni formati poput DWG-a ili RVT-a koriste na zakonski način, ali bez podrške proizvođača. Zatvoreni formati podržavaju se metodom *reverse engineeringa*. U takvoj situaciji uvijek postoji neka mogućnost da kompatibilnost neće biti potpuna. Unatoč tome što je DWG format zatvorenoga tipa, što je u vlasništvu *Autodesk*a i što nikad nije javno objavljena kompletna specifikacija formata, DWG je u najširoj uporabi velikog broja neovisnih proizvođača. Na taj način je DWG postao *de facto* standard razmjene projektnih podataka, no s načelne razine treba razumjeti da DWG format nije javan i da *Autodesk* može mijenjati format u skladu sa svojom strategijom.

2.5.3.7 Ostali formati za komunikaciju

U prethodnim su poglavljima opisani IFC standard i zatvoreni formati koji omogućuju interoperabilnost. Spomenuto je i to da je s BIM gledišta IFC standard vrlo napredno definiran, ali da isto tako njegova potpuna implementacija od strane softverskih kuća nije na zadovoljavajućoj razini. Ako se interoperabilnost svede samo na prijenos geometrije i podataka, postoje drugi dobro definirani formati i standardi. Takvi su formati već dulje na tržištu i u načelu su ih softverski proizvođači prilično dobro podržali. Treba ih uzeti u obzir posebno u niskogradnji jer drugi formati (na primjer, ifc) još uvijek nisu u cijelosti razvijeni za niskogradnju.

Kao predstavnika te skupine formata treba spomenuti standard *LandXML*. Taj je standard već dugo prisutan u niskogradnji i njime je moguće prenijeti DTM, cestu, željeznicu, cijevne sustave, katastarske čestice i drugo. *LandXML* definira se kao dvosmjerni format, odnosno ako on predstavlja sliku modela u jednome softveru, u drugome softveru model se na temelju *LandXML*-a može ponovno kreirati. *LandXML* široko je rasprostranjen i podržan u raznim softverima. Formati za komunikaciju su brojni. Vrlo često se za prebacivanje određenih podataka ili dijelova modela u druge softvere mogu koristiti potpuno proizvoljni formati. Pritom je jedino važno to da određeni format podržavaju oba softvera između kojih je potrebno razmijeniti podatke, na primjer, za određene namjene moguće je koristiti i GIS formate poput SHP-a (*Esri*).

3 Razine razvoja BIM modela (LOD) za infrastrukturne projekte

3.1 Općenito o LOD-u

Odabir BIM pristupa u nekome infrastrukturnom projektu pretpostavlja tijekom rada temeljen na modelima i zato razumijevanje stupnja informacija potrebnih za definiciju pojedinih elemenata modela ima važnu ulogu u osiguravanju njegove namjene za predviđenu namjenu. Uspostavljanje zahtjeva za entitete u modelu ključno je za uspješnu integraciju BIM-a s projektnim radnim procesima. Zato je potreba za konceptualnim modelom podataka na kojemu se mogu temeljiti različiti BIM postupci uočena već na početku razvoja BIM-a. Tako je stvoren pojam “razina razvijenosti elemenata BIM modela” (engl. *Level of Development* – LOD).

Kao i mnogi drugi pojmovi iz BIM domene, LOD specifikacija jest koncept koji je usvojila arhitektonska industrija, a prvotno ga je predložila Američka udruga arhitekata (engl. *The American Institute of Architects* – AIA). Koncept LOD obuhvaća brojne aspekte, a, među ostalim, određuje:

- razinu grafičkih detalja/preciznost modeliranja (LOd)
- količinu, kvalitetu i relevantnost negrafičkih podataka (LOi)
- vrstu negrafičkih informacija, na primjer, onih ugrađenih u elemente modela, povezanih s elementima modela ili odvojenih od elemenata modela.

Razinom detaljnosti (engl. *Level of Detail* – LOD) određena je geometrijska preciznost modela u odnosu na stvarni izgled nekog elementa modela. Ta se razina često poistovjećuje s razinom razvijenosti, što je pogrešno. Na primjer, model stupišta nekog mosta, stvoren uz pomoć nekog od spomenutih BIM alata za idejne projekte, može biti geometrijski vrlo detaljno modeliran, ali upravo ti detalji mogu biti neodgovarajući za daljnji razvoj modela (na primjer, drugačiji statički sklop). Zato je razina razvijenosti takvog elementa LOD 200, bez obzira na geometrijske detalje koji upućuju na LOD 300. Drugi aspekt jest razina informacija (engl. *Level of information* – LOi). Uloga negrafičkih podataka u pravilu raste kroz faze nekog projekta, a svoj maksimum dostiže u fazi održavanja i funkcioniranja dovršene građevine.

Iako svi ti aspekti doprinose konceptu LOD-a, oni ga ne definiraju pa je razina razvijenosti (LOD) zbroj svih njih. Razina razvijenosti jest stupanj na kojemu se informacije o elementu smatraju pouzdanim u cilju donošenja odluka u određenome trenutku. Najjednostavnije rečeno, razina razvijenosti znači modeliranje detalja za ispravnu uporabu BIM-a na odgovarajućoj razini. Najopširnija specifikacija razina razvijenosti svakako je publikacija udruge *BIMForum*. Udruga je istaknula važnost LOD specifikacija na sljedeći način:

- Pomaže projektnim timovima u jasnoj artikulaciji i u navođenju elemenata koji će biti uključeni u BIM postupke.
- Pomaže u komunikaciji među projektnim timovima kako bi se omogućilo to da svi članovi budu dobro usklađeni s obzirom na BIM zahtjeve.
- Služi i kao protokol koji se može ugraditi u ugovorne dokumente i planove provedbe BIM-a.

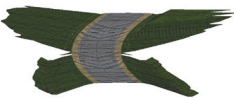
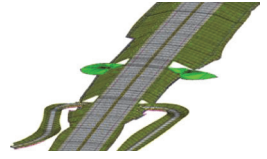
Publikacija *BIMForum* (*BIMForum.Level of Development (LOD) Specification Part I & Commentary, April 2019*. (izvor: https://bimforum.org/resources/Documents/BIMForum_LOD_2019_reprint.pdf)) jest vrlo opsežan dokument koji se ažurira svake godine, a dostupan je za slobodno preuzimanje s mrežne stranice Udruge, no elementi niskogradnje zastupljeni su u vrlo malome opsegu, nedovoljnime za konkretnu primjenu u nekome projektu cestovne ili željezničke infrastrukture. Dodatne informacije u vezi općeg pojma LOD-ova dostupne su i u “Općim smjernicama za BIM pristup u graditeljstvu” (HKIG, 2017).

3.2 Problematika kreiranja optimalnih LOD-ova

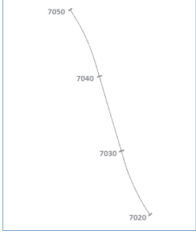
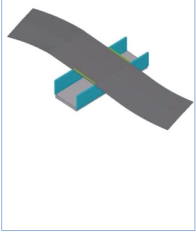
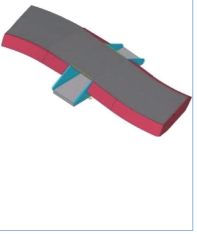
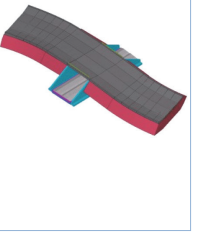
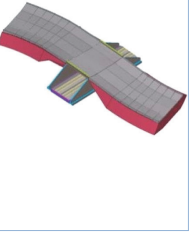
Jasne i razumljive definicije razina razvijenosti jedan su od važnih čimbenika uspješne provedbe BIM pristupa. Nedostatak konsenzusa o tome što je potrebno ostvariti u projektu može imati štetne učinke, što dovodi do neučinkovitih koordinacija, kašnjenja u rasporedu i prekoračenja troškova. Zato je potrebno što prije riješiti pitanja vezana uz LOD-ove kako bi se izbjegli nesporazumi i problemi koji će se sigurno pojaviti tijekom procesa. Zbog toga se razine razvijenosti definiraju u temeljnim BIM dokumentima (EIR i BEP) prije nego što se počne raditi na modeliranju.

Iako se iz dostupnih smjernica i vodiča (npr. vodič *BIMForum*) mogu razaznati pravila i načini obrade u kontekstu modeliranja građevinskih informacija, jedinstvene karakteristike infrastrukturnih projekata zahtijevaju formuliranje smjernica koje su bolje prilagođene njihovim specifičnostima. Navedeno je zajedno s češćom primjenom BIM-a u infrastrukturnim projektima iniciralo izradu brojnih prilagođenih specifikacija i vodiča pa postoje specifikacije koje izdaju vlasnici ili upravitelji (npr. cestovne ili željezničke infrastrukture), projektantske ili konzultantske tvrtke za internu uporabu ili ciljane specifikacije namijenjene za provedbu BIM pristupa u nekome konkretnom infrastrukturnom projektu. Pojedini primjeri prikazani su u tablicama 2., 3. i 4.

Tablica 2. Primjer LOD definicije, *BIM Infra*, Danska

LOG 100	LOG 200	LOG 300	LOG 325	LOG 400
 2D model of the corridor. All necessary road elements to be provided as 2D lines.	 3D model of the standard layout for the road corridor without greater adjustments.	 3D model of the road corridor including signatures, curbs, paving, all layers of substructure and connections to exiting terrain. The corridor must be designed with superelevation and detailed design for ditches. Intersecting roads must be modelled in the same detail as the designed road. At Intersections it must be cut, so that the designed road and the intersecting road fits together in terms of both lines and surfaces.	 3D model of the road corridor including slope signatures, curbs, paving, all layers of substructure and connections to exiting terrain, interfacing structures and transitions in leveling. The corridor must be designed with superelevation and detailed design for ditches. Intersecting roads must be modelled in the same detail as the designed road. At Intersections it must be cut, so that the designed road and the intersecting road fits together in terms of both lines and surfaces.	Not relevant
LOI 100	LOI 200	LOI 300	LOI 325	LOI 400
DDA Layers Geometrical parameters.	DDA Layers Geometrical parameters.	Pending	Pending	Pending

Tablica 3. Primjer interne LOD definicije, tvrtka *MTHojgaard*, Danska

LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 350	LOD 400
				
LOD Centerline of road and/or railway (2D).	LOD 2D surface specifying road and/or railway layout.	LOD Top surface (3D) with connection to terrain.	LOD Top and planum surfaces with gradients to terrain.	LOD Kerb stones, road structure with layouts, ditches with slopes to terrain.
LOI Type Dimensions Layer name	LOI Type Dimensions Layer name Elevation Classification	LOI Type Dimensions Layer name Elevation Classification Surface name Slope signature	LOI Type Dimensions Layer name Elevation Classification Surface name Slope signature	LOI Type Dimensions Layer name Elevation Classification Surface name Slope signature Corridor name

Tablica 4. Primjer LOD definicije za jedan rad (izrada nasipa)

181100 Embankments Earth embankments Blasted rock embankments		
Handover geometry		
ProD, PreD	embankment surface level and slopes are modelled as surfaces, possible layers are not to be modelled	P
RoD, RaD, StD, PaD	embankment surface level and slopes are modelled as surfaces, possible layers are not to be modelled	M
FiD	- embankment surface level and slopes are modelled as surfaces, possible layers are not to be modelled <i>In addition to the surface, the handover material includes the break lines that form the surface</i>	M
ABM	- Modelled as a surface - Earth embankments are modelled to building element 2012 (Lowest combination of surface) - Blasted rock embankments are modelled to building element 1812	M
Properties		
- embankment material properties - required compaction and load-bearing capacity - maximum allowable rock size - choke layer properties - required compaction and load-bearing capacity		Property information that cannot be exchanged with the IM4 format but that is normal design-related information presented in other design documents.
Data exchange (see 4. Handover phase and data exchange)		
Geometry		Mandatory part of the handover material according to the IM4 specifications.
Additional information		

Building Smart Finland, “YIV Annex 3.1, Common InfraBIM Requirements, Draft 03/2019”. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/08/YIV_annex_3_1_ENG_DRAFT1.pdf

Glavni čimbenik u određivanju odgovarajuće optimalne razine razvijenosti jest cilj modela, odnosno njegova namjeravana primjena u pojedinim BIM postupcima koji se planiraju provesti u sklopu projekta. Tako će model završne plohe kolnika namijenjen za izvođenje i kontrolu radova zahtijevati visoku razinu razvijenosti, dok za kreiranje vizualizacije projektnoga rješenja ploha može biti i niže razine.

Općenito, informacije potrebne za stvaranje većih razina razvijenosti postaju dostupne postupno, kako projekt prolazi kroz faze. Pritom razvoj pojedinih elemenata u procesu projektiranja može napredovati i različitim brzinama, na primjer, elementi ceste u nekome idejnom projektu mogu biti u razini LOD 200, dok pojedine instalacije mogu biti u razini LOD 100. Kod infrastrukturnih projekata čest su izazov upravo točno lociranje i svojstva podzemnih instalacija, što je neophodno za 3D definiciju. Prepoznavanje toga problema pomaže u donošenju odluka pri njegovu rješavanju – u ovome slučaju treba li prikupiti više informacija, suzdržati se od modeliranja ili označiti elemente niskom razinom pouzdanosti. Zato se razina razvijenosti (LOD) u pravilu koristi samo za opis nekog elementa modela, ali ne i cjelokupnoga modela.

Dosadašnja praksa pokazuje to da nisu rijetki slučajevi i “pretjeranoga” modeliranja. Budući da je prekomjerno modeliranje potencijalni gubitak projektnih sredstava zbog promjena ili odluka o alternativama, važno je u ranoj fazi uskladiti tražene LOD-ove sa svim disciplinama (strukama) koje predaju 3D komponente za izradu složenoga BIM modela.

3.3 Pregled razina razvijenosti

Razine razvijenosti modela obično se izražavaju kliznom skalom u intervalima po 100. Na taj način omogućuje se i fleksibilnost u slučaju potrebe definiranja međuvrijednosti, na primjer, LOD 350. Iako je riječ o dvije različite procedure, što je predmet posebnoga poglavlja u ovim smjernicama, između oznaka razina razvijenosti i zakonskom regulativom određenoga stupnja razrade projektne dokumentacije često se provlače pitanja koja je razina razvijenosti prikladna za koji stupanj razrade. Općenito, BIM postupci koji se koriste u ranim fazama projekta zahtijevaju niže razine razvijenosti pa je za svaku opisanu razinu naznačena i njezina uobičajena upotreba u pojedinoj fazi projekta.

U nastavku je dan pregled standardnih razina razvijenosti, i to tako da su uz općenite opise kakvi su najčešće prisutni u BIM literaturi (korišteni su opisi BIMForum. *Level of Development Specification Part I & Commentary*, 2019) dodani i komentari u kontekstu primjene LOD-ova u projektu složene infrastrukturne građevine.

3.3.1 LOD 100 – koncept

Opći opis

Elementi modela grafički se prikazuju simbolom ili drugim generičkim prikazom, ali ne zadovoljavaju zahtjeve za razinu LOD 200.

Komentar

Za infrastrukturne projekte ta razina primjenjuje se kod konceptualnih rješenja koja se provode tijekom izrade studijske dokumentacije i idejnih rješenja. U toj je fazi cilj pronaći sve izvedive mogućnosti i privremeno odrediti utjecaje te opcije na, na primjer, promet, okoliš i korištenje zemljišta. Model se obično svodi na prikaz osi planirane prometnice, a veliki objekti na trasi (mostovi, tuneli, čvorišta) prikazuju se simbolima. Provode se BIM postupci analize predložene trase prometnice odnosno uspoređuju se varijantna rješenja trase u odnosu na postojeću prometnu mrežu, reljef, odredbe prostorno-planske dokumentacije, prometne pokazatelje i slično. Predložena trasa mora biti u propisanome koordinatnom sustavu (u RH to je HTRS96/TM), a mora se omogućiti izvoz kreiranih podataka za sljedeću fazu razrade projekta. Procjena troškova određuje se na temelju inicijalnih pokazatelja poput cijene kilometra trase ceste/pruge. Za predmetnu nisku razinu razvijenosti u pojedinim smjernicama postoje različita gledišta na to radi li se o 2D ili 3D koncepciji. S obzirom na današnju dostupnost podataka o reljefu (npr. korištenjem servisa *Model Builder* u *Infraworksu* ili *Google Maps*), moguće je brzo i jednostavno dobiti i pripadajuće uzdužne profile predloženih varijanti koji mogu imati velik utjecaj pri razmatranju neke varijante. Zato se preporuča da već u toj fazi postoje 3D koncepcije rješenja, odnosno os i niveleta.

3.3.2 LOD 200 – približna geometrija

Opći opis

Približni model u kojemu se elementi modeliraju kao generički sustavi, objekti ili sklopovi približnim količinama, veličinom, oblikom, položajem i orijentacijom. Negrafički podaci mogu se priložiti elementima modela.

Komentar

Obično se koristi za izradu BIM modela u fazi izrade idejnih projekata, ali primjenjuje se i kod daljnje razrade konceptualnih rješenja iz razine LOD 100 za primjenu prilikom prezentacija idejnih rješenja tijekom postupka izrade studije utjecaja na okoliš i sličnog. Varijantna rješenja već su argumentirana te se odluka o tome koja će opcija biti završena za postupak odobrenja može donijeti u toj fazi projektiranja. U toj fazi infrastrukturni informacijski model još uvijek je pojednostavljen, ali ima dovoljnu razinu točnosti da se može koristiti za postupke procjene troškova i utjecaja, projektne koordinacije, izradu vizualizacija te provedbu pojedinih analiza poput analize usklađenosti s odredbama standarda ili provjere preglednosti trase i raskrižja. Teren u užoj zoni trase više ne može biti previše generički (preuzet iz nekog servisa), nego kreiran na temelju geodetskog snimka. Mogu se koristiti i podaci nastali zračnim snimanjem bilo kao standardna aerofotogrametrija bilo metodom bespilotne zračne izmjere (UAV). Točniji prikaz terena važan je radi dobivanja mjerodavnih količina zemljanih radova (usjeci/nasipi). Uobičajeno je tu razinu modela izraditi uz pomoć nekog od spomenutih alata namijenjenih upravo za tu namjenu (*Infraworks* ili *ConceptStation*). Ipak, za pojedine zadatke uputno je koristiti i CAD alate pa je vrlo važno poznavati raspoložive opcije (interoperabilnost) za uspješnu komunikaciju između tih alata.

3.3.3 LOD 300 – precizna geometrija

Opći opis

Element modela grafički je prikazan kao specifični sustav, objekti ili sklop koji je točan u pogledu količine, veličine, oblika, položaja i orijentacije. Negrafički podaci mogu se priložiti elementu modela.

Komentar

Upotreba razine LOD 300 uobičajena je za većinu elemenata glavnih projekata. S obzirom na to da glavni projekti složenih infrastrukturnih građevina u pravilu sadržavaju projekte više struka, i cjelokupni (složeni) BIM model sastoji se od zasebnih modela svake struke. Može se povući poveznica s uobičajenim sadržajem glavnoga projekta – svaka mapa projekta odnosno BIM model zasebno. BIM model u toj fazi treba omogućiti provođenje BIM postupaka kao što su 3D koordinacija, vizualizacija, analiza kolizija, razne inženjerske analize ili određivanje količina radova. Prema općoj definiciji, elementi modela koji zadovoljavaju razinu LOD 300 moraju biti modelirani precizno pa se odmah nameće pitanje što to konkretno znači za pojedine elemente nekoga tipskog poprečnog presjeka ceste ili pruge. Već je ranije spomenuto to da se LOD-ovi odnose na elemente, a ne na cijeli model, što se može primijeniti u ovome slučaju. U skladu s time radi provođenja analize kolizija sve slojeve kolničke konstrukcije kao i ostale čvrste elemente (betonske, armiranobetonske) poput potpornih zidova, rubnjaka, rigola, temelja, okana ili konstruktivnih elemenata građevina obvezno treba modelirati za razinu LOD 300. S druge strane, većinu zemljanih radova (razne vrste nasipnih materijala, obloge, završna obrada bankina, bermi i slično) neće biti potrebno detaljno modelirati u 3D, jer objektivno ne predstavljaju skup podataka važan za provedbu toga BIM postupka. Međutim, ako se BIM postupak određivanja količina radova želi primijeniti i na zemljane radove, i oni moraju biti modelirani tako da zadovoljavaju odredbe razine LOD 300, što obično implicira primjenu korisnički definiranih poprečnih presjeka. U tome je smislu količine radova na temelju BIM modela moguće odrediti samo na elementima koji zadovoljavaju razinu LOD 300. Koji će to točno elementi biti ovisi o samome projektu i opsegu BIM primjene na njemu te o posebnim zahtjevima naručitelja.

3.3.4 LOD (350)400 – izvedbeni projekti

Opći opis

Element modela grafički je prikazan u modelu kao specifičan sustav, objekt ili sklop koji je točan u pogledu količine, veličine, oblika, mjesta i orijentacije te s detaljima, proizvodnjom, montažom i informacijama o instalaciji. Negrafički podaci mogu biti pridruženi elementu modela.

Komentar

Visoka razina detaljnosti uobičajeno se koristi za elemente izvedbenih projekata. Kod infrastrukturnih projekata znatno je manji udio elemenata koji zahtijevaju daljnju razradu po točkama navedenima u općoj definiciji (proizvodnja, montaža), ali ih ipak ima, a uglavnom se odnose na izvedbu građevina kao što su mostovi ili tuneli. Kao standardni dio posla obično se navodi izrada modela armature za različite AB konstrukcije. Na kapitalnim građevinama BIM model osobito može biti vrlo složen pa se za njegovu izradu često koriste alati primarno namijenjeni visokogradnji kao što je *Revit*. Osim povećanja razine detaljnosti tijekom građenja ili pripreme građenja često se zahtijevaju i koriste postupci izrade 4D i 5D BIM modela u cilju praćenja realizacije investicije. Za osiguranje te funkcionalnosti elementi BIM modela moraju biti dovoljno fragmentirani, na primjer, asfaltni sloj neke prometnice mora biti podijeljen u više segmenata kako bi se mogli pridružiti predviđenome terminu izrade toga sloja na predviđenoj dionici, a u skladu s dinamičkim planom radova.

4 Ključni procesi u implementaciji BIM-a na razini tvrtki i projekta

Poznato je kako su ključne koristi BIM pristupa na građevinskim projektima povećanje učinkovitosti rada, smanjenje ponavljajućih radnji i pogrešaka u projektu, a time i troškova projekta. Implementacija BIM pristupa te koordinacija različitih tehničkih sklopova u BIM projektu vrlo je izazovan proces koji često, zbog rokova i organizacijske nespremnosti, rezultira brzim odustajanjem ili odgađanjem. Kombinacija različitih tehničkih sklopova u jedan inteligentan model tako da se sami sklopovi i model mogu koristiti za daljnje analize, upravljanje i koordinaciju (osobito analize kolizija) zahtijeva ne samo jasne postavljene ciljeve, zadatke te odgovornosti pojedinaca, nego i inteligentno i razumljivo propisan radni postupak s definiranim ulaznim podacima, zahtijevanim i očekivanim isporukama svakoga tehničkog sklopa te rokovima i ključnim događajima u pojedinoj fazi projekta. Težinu BIM implementaciji pridaje i činjenica da je proces projektiranja drugačiji te da se na BIM projektima koriste razni BIM softveri i softverske verzije koje bi trebale omogućiti optimalnu integraciju dijelova projekta, a s druge strane trebale bi biti u skladu sa standardima tvrtke koja implementira BIM.

Ovo poglavlje posvećeno je opisu ključnih postupaka potrebnih za uspješnu implementaciju BIM pristupa na razini organizacije i na razini projekta.

4.1 Ključni proces implementacije BIM-a na razini tvrtke/organizacije

Bilo da se implementira BIM ili neki drugi novi (tehnološki) postupak u organizaciju vrlo je važno sve sudionike iz organizacije na koje BIM utječe upoznati s ciljem implementacije, s razlozima implementacije te s njezinim krajnjim rezultatima. Ako ideja BIM-a nije dobro prezentirana, moguće je očekivati otpor pojedinih sudionika, usporen je proces implementacije, a time i povrat investicije i željenih rezultata. Kada cijela organizacija ili tim kreće u novi tehnološki postupak, važno je da svi članovi razumiju koji su to koraci implementacije, koji je rezultat pojedinoga koraka te koji je konačni očekivani cilj implementacije. Najvažnija stavka u implementaciji jest KOMUNIKACIJA, usmena, ali i obvezno i u pisanome obliku, te znanje o tome koji su to utjecaji implementacije na sudionike i organizaciju.

Može se očekivati, osobito u većim organizacijama, to da ideja implementacije novoga tehnološkog, u ovome slučaju BIM pristupa na prvu neće biti dočeka s oduševljenjem kod svih članova organizacije. Iako će postojati i otpor toj ideji te će neki članovi organizacije imati najmanje kontakta s BIM-om, važno je i tim članovima prezentirati ideju i korake implementacije jer će u dugoročnome kontekstu i oni biti uključeni u cjelokupni proces. U organizacijama koje imaju više odjela utjecaj BIM-a treba prezentirati i na razini pojedinoga odjela, iako utjecaj, promjene te općenito prilagodba neće biti jednaki u svim odjelima. Način komunikacije tijekom implementacije prilagođen je svakoj organizaciji, jer ovisi o sljedećim glavnim karakteristikama organizacije:

- veličini
- djelatnosti
- misiji i viziji
- broju odjela (organizacijskoj strukturi)
- geografskoj poziciji i dislociranosti ureda.

Drugim riječima, cjelokupno znanje, sve informacije, radni postupci, edukacije, podrške, priručnici i smjernice trebaju biti izrađeni i prilagođeni organizaciji u koju se BIM implementira, a moraju pokrivati sve što je potrebno da se omogući neometana i jasna komunikacija između odjela te unutar organizacije u projektu.

Važno je i voditi računa o tome da se BIM pristup postupno implementira u samu organizaciju, a ne naglo u kompletno sve odjele i među sve članove tima. Drugim riječima, preporuča se to da implementacija krene od skupine entuzijasta i tehnološki motiviranih članova tima koji će nakon određenoga vremena stasati u profesionalce i mentore sljedeće skupine zaposlenika. Važno je da prva skupina bude visokomotivirana i svjesna kratkoročnoga pada učinkovitosti u radu tijekom tranzicijskoga perioda, odnosno perioda implementacije novoga tehnološkog rješenja. Motivirani članovi tima lakše će prenijeti znanje, iskustvo te motivaciju i entuzijazam na kolege koji tek kreću u edukaciju i implementaciju BIM pristupa. Dakle, edukacija se provodi postupno, odnosno usmjerena je prema članovima odjela, a daljnji rad i implementacija BIM-a temelji se na mentorstvu i središnjoj bazi znanja. Na taj način omogućuje se protočnost poslovanja u procesu prilagodbe te smanjuje pritisak na zaposlenike.

Kada se govori o središnjoj bazi znanja, preporuča se organizacija tzv. BIM odjela u organizaciji. BIM odjel može biti vanjska tvrtka (engl. *outsourced*), čija je ugovorena zadaća provođenje, kontrola i servisiranje BIM usluga u organizaciji, ili odjel izravno formiran u matičnoj organizaciji. Zadaće BIM odjela jesu:

- da se bavi svim BIM pitanjima organizacije koja implementira BIM
- da provodi plan implementacije po definiranim koracima, mjeri rezultate isporuka, priprema i kontrolira komunikaciju
- da provodi BIM standarde i radne postupke vezane uz opće smjerove poslovanja te prilagođene svakome odjelu organizacije
- da podržava članove tima u projektu edukacijom, prilagodbom standarda, izradom projektno specifičnih procesa, definiranjem projektna komunikacije uz pomoć različitih softvera i softverskih inačica, prikupljanjem znanja i formiranjem središnje baze znanja dostupne zaposlenicima uključenima u projekt kako bi brže prelazili prepreke na koje nailaze u radu na projektu
- da čita projektna zahtjeve investitora (EIR) te izradi BIM izvedbeni plan (BEP)
- da uči i dokumentira situacije, znanja, pogreške, prednosti i nedostatke BIM pristupa specifičnome projektu kao znanje i iskustvo za buduće projekte (engl. *Lesson learned*), što mu je ujedno najvažnija zadaća.

Često organizacije (osobito mikro i male organizacije) ugovaraju usluge BIM odjela s vanjskom tvrtkom. U tome slučaju preporuča se da se jedna ili dvije osobe iz matične organizacije regrutiraju u tzv. BIM menadžere koji će biti spona između organizacije i vanjskoga pružatelja BIM usluga. Regrutirani BIM menadžeri prikupljaju pitanja kolega te ih pohranjuju zajedno s odgovorima dobivenima od BIM pružatelja usluga na jedno mjesto (središnja baza znanja) dostupno svim relevantnim članovima organizacije. Na taj način nastoji se umanjiti gubitak podataka i stečenoga znanja (drugim riječima, uklanja se mogućnost zadržavanja znanja i informacija kod pojedinaca te se omogućava transparentnost BIM pristupa) te ponavljanje istih pitanja i projektnih problema s kojima se susreću članovi organizacije. BIM menadžeri također prikupljaju podatke i standarde organizacije koju predstavljaju te ih dostavljaju BIM pružatelju usluga kako bi vanjski BIM odjel mogao prilagoditi BIM pristup i procese standardima i viziji organizacije.

Implementacija BIM-a u pojedinu tvrtku jedna je od strateških odluka uprave i vlasnika jer se njome znatno mijenja dosadašnji način poslovanja, što rezultira promjenama u organizaciji. Promjenom dosadašnjega načina rada mijenjaju se dosadašnji poslovni procesi i radne upute. Osim načina rada izravno i neizravno mijenjaju se i ostali važni čimbenici koji utječu na poslovanje. Prije implementacije BIM-a u pojedinu tvrtku predlaže se izrada poslovnoga plana implementacije u obliku prezentacije na desetak stranica. U izradu plana treba uključiti sve zainteresirane strane – zaposlenike. Očekivani ishod toga poslovnog plana jest taj da se predvide sve prednosti i nedostatci. U sklopu poslovnoga plana predlaže se sagledavanje sljedećega sadržaja:

- analiza postojećih resursa:
 - jesu li postojeći zaposlenici motivirani za uvođenje BIM-a
 - postoji li u tvrtki zaposlenik koji je voljan i kompetentan voditi implementaciju
 - postoji li u tvrtki infrastruktura za nove programe i komunikaciju (računala, server, brzina internetske veze i drugo)
 - hoće li, i ako da, kada i kako zaposlenici prihvatiti implementaciju i primjenjivati je
 - kakvi su međuljudski odnosi (nakon implementacije uvelike se mijenja valorizacija pojedinih poslovnih procesa i zaposlenika)
- analiza tržišta:
 - do kada će se moći raditi bez implementacije i uz korištenje dosadašnjih tehnologija
 - kada će BIM postati obavezan
 - rangiraju li naručitelji dobavljače prema sposobnosti primjene BIM-a u projektima
 - u kojoj će mjeri implementacija stvoriti dodanu vrijednost
- analiza konkurencije:
 - koristi li konkurencija BIM i u kojoj mjeri
 - je li konkurencija zbog BIM-a u prednosti

SWOT analiza usmjerena na BIM

- BIM program:
 - analiza tržišta i programskih paketa
 - korisnička podrška
 - inicijalni troškovi
 - troškovi godišnjega održavanja
 - usporedba programskih paketa
- financijski plan:
 - troškovi uvođenja nove infrastrukture
 - troškovi programskih programa
 - troškovi edukacije
 - troškovi uhodavanja
 - troškovi BIM voditelja i vanjskog BIM odjela (ako se usluga namjerava ugovarati s vanjskom tvrtkom)
 - mogućnost povećanja cijene implementacijom BIM-a
 - smanjenje troškova zbog optimizacije poslovnih procesa projektiranja
 - smanjenje troškova zbog sagledavanja situacija koje primjenom postojeće tehnologije nisu bile vidljive (analiza kolizija, faze izvedbe i drugo)
 - dugoročno podizanje razine kvalitete i utjecaj na prodajnu cijenu
 - mogućnosti sufinanciranja i bespovratnih sredstava
- očekivani ishod implementacije:
 - rasprava i zaključak
 - uključiti više zaposlenih u raspravu
- donijeti zaključak sa smjernicama i planom provođenja.

Promjene i usavršavanje neophodni su kako bi tvrtke napredovale i ostale konkurentne. Prilikom uvođenja promjena otpor je očekivan i neizostavan te treba pripremiti strategiju i korake za implementaciju BIM pristupa. Prelazak tvrtke na BIM pristup velika je promjena koju treba postupnu uvoditi. *Autodesk* je tijekom višegodišnjega iskustva proveo niz povratnih istraživanja o implementaciji BIM pristupa te izdvojio 10 koraka koji pomažu u provedbi procesa implementacije i ubrzavaju ga. U nastavku su ti koraci ukratko opisani te su dane smjernice za njihovo provođenje.

Korak 1. – Upoznajte BIM

Unutar organizacije odredite jednu do dvije osobe koje će se detaljnije posvetiti istraživanju BIM pristupa i njegova utjecaja na postojeći način rada vaše tvrtke. Na primjer, kod standardnog 2D načina razrade nacrtne dokumentacije detalji se obrađuju u kasnijim fazama projekta, dok će se kod primjene BIM pristupa ti detalji početi obrađivati ranije. Kod BIM pristupa i 3D modeliranja većina geometrijskih preklapanja i kolizija obrađuje se u ranijoj fazi projekta te se minimizira mogućnost nepredviđenih situacija tijekom gradnje.

Korak 2. – Prezentirajte promjenu zaposlenicima

Neophodno je da direktor i voditelj odjela informiraju sve zaposlenike o tome da tvrtka prelazi na BIM pristup projektiranju. Potrebno je jasno i izravno objasniti i istaknuti razloge toga prelaska: “Prelazimo na BIM jer nam je neophodan za razvoj i budućnost”, a ne: “Pokušat ćemo koristiti BIM”. Potrebno je prezentirati prednosti BIM-a i dugoročnu viziju tvrtke.

Korak 3. – Odaberite BIM softver i hardver

BIM ne podrazumijeva samo kupnju programskoga paketa, već ga čine poslovni procesi, komunikacija i informacije, a sve navedeno oslanja se na 3D modele. Za stvaranje modela potreban je određeni softver, ali je potrebno provjeriti zadovoljava li postojeći hardver potrebe prelaska na određene zahtjevne programske pakete.

Korak 4: Izradite plan upravljanja promjenama

Plan upravljanja treba izraditi direktor i/ili voditelj odjela, a treba sadržavati način na koji će odjeli prihvatiti promjene, što se od njih očekuje, tko treba edukaciju i kada će ona biti održana i, kao najvažnije, na koji će se način organizirati i pružiti potpora prilikom implementacije. Podrška korisnicima jedan je od najvažnijih čimbenika jer se promjene provode brže i uspješnije što je podrška bolje organizirana.

Korak 5: Pokrenite pilot-projekt

Većini tvrtki preporuča se pokretanje jednoga BIM pilot-projekta. Tvrtkama koje rade na desetak projekata na godinu predlaže se da se jedan projekt u cijelosti izradi i završi kroz BIM pristup prije nego što se krene raditi na više projekata odjednom. Većim tvrtkama koje rade velike projekte koji traju i više godina predlaže se usvajanje pojedinih parcijalnih lekcija kroz početni (inicijalni) BIM projekt te kroz pokretanje sljedećih projekata u BIM-u.

Korak 6: Dokumentirajte BIM poslovne procese

Kroz BIM pilot-projekt obvezno bilježite BIM poslovne procese (korake, aktivnosti), a ovisno o vašim potrebama i očekivanim ishodima. Ponekad se i prije pilot-projekta pokušavaju postaviti standardi, ali ideje i kriteriji za te standarde razvijaju se tijekom upoznavanja s BIM pristupom. Ako se standardi postavljaju na početku, oni mogu usporiti i demotivirati odjel u prihvaćanju BIM pristupa.

Korak 7: Razvijajte “BIM šampione”

Tijekom implementacije BIM pristupa u tvrtki će se istaknuti pojedinci koji su jako zainteresirani i motivirani za primjenu BIM-a, proaktivni i marljivi. Pokušajte te “BIM šampione” dodatno motivirati, nagraditi i pohvaliti, podržite ih i omogućite im dodatnu edukaciju. Oni će biti pozitivni primjeri drugim kolegama pri implementaciji BIM pristupa u tvrtki.

Korak 8: Obrazujte i prebacite ostale timove na BIM

Važno je provesti edukaciju timova koji započinju BIM projekt. Često se griješi u tome što se edukacija provodi na razini cijele tvrtke odjednom te se preporuča postupni prelazak pojedinih odjela/timova na primjenu BIM-a prije početka BIM projekta. Ako se edukacija provede prerano, često se dio naučenoga zaboravi prije početka samoga projekta.

Korak 9: Integracija s ostalim modelima

Prave prednosti BIM pristupa vidljive se tijekom dijeljenja BIM modela s ostalim tvrtkama i projektantima drugih struka. Integracijom više modela u jedan, zajednički model znatno se ubrzavaju koordinacija i suradnja među projektantima raznih struka i tvrtki.

Korak 10: Proširite i inovirajte BIM pristup

Tijekom primjene BIM pristupa u projektima otkrit ćete niz pogodnosti: vizualizacije, koordinacije, mogućnosti analize i pregleda. Na kraju BIM pristup poboljšava kvalitetu projekata i održavanja, generira dodanu vrijednost za klijenta. Pozitivne rezultate implementacije podijelite sa suradnicima i nastavite s unaprjeđenjima i inovacijama.

4.2 Ključni procesi implementacije BIM-na razini projekta

Prije implementacije BIM-a na razini projekta vrlo je važno da su sva “pravila igre” u projektu zapisana unutar jednoga strateškog dokumenta i prethodno usuglašena s izravnim sudionicima u projektu. Taj dokument najčešće je BIM izvedbeni plan (engl. *BIM Execution Plan* – BEP), a unutar njega su vrlo precizno opisane upute za rad pojedinoga tima i tehničke discipline odnosno sklopa na projektu, očekivane isporuke po fazi projekta, razina detalja, konvencije imenovanja, komunikacijski kanali i vremenske točke projekta. Sadržaj BEP-a detaljno je opisan u “Općim smjernicama za BIM pristup u graditeljstvu” (HKIG, 2017), ali je i u sklopu ovoga dokumenta dan osvrt na BEP u užemu fokusu na infrastrukturne projekte.

I u implementaciji BIM pristupa na razini projekta predložci, zapisani radni procesi, smjernice te lista odluka i ciljeva implementacije vrlo su koristan alat za uspješnu implementaciju, osobito ako se u obzir uzimaju različite razine BIM znanja i BIM implementacije po specifičnim projektnim jedinicama koje sudjeluju u projektu te, naravno, čimbenik “jedinstvenosti” projekta.

Implementacija BIM pristupa u fazi projektiranja ne podrazumijeva samo korištenje novoga alata za projektiranje, nego često i nov način suradnje i komunikacije s ostalim sudionicima u projektu. U tome je procesu važno voditi i podržavati promjene u projektu. To podrazumijeva organizaciju sastanaka članova projektnoga tima čija je svrha:

- upoznavanje voditelja tima s implementacijom BIM-a kod članova
- isticanje problema na koje se nailazi pri implementaciji i/ili situacija/elemenata koji koče daljnju implementaciju u projektu (to mogu biti problemi tehnološke prirode, ali i socijalno-biheviorističke)
- detaljnije analiziranje tehničkih rizika u projektu po pojedinoj fazi projekta, u kojemu BIM model služi kao osnovno komunikacijsko sredstvo za raspravu o problematici tehničke prirode projekta, za prezentaciju problema i kao temelj za razmišljanje o potencijalnim rješenjima
- praćenje isporuka i vremenskih okvira projekta, procjena kvalitete isporuka i dobivenih ulaznih podataka
- prikupljanje podataka o načinu korištenja BIM alata u svakodnevnome radu na projektima, o problematici i *bugovima* tehnoloških rješenja te pružanje daljnje podrške, ako na sastanku sudjeluje odjel za BIM podršku, a što se preporuča.

5 BIM u obrazovanju

U obrazovni sustav nova znanja stalno ulaze različitom dinamikom. Ponekad su ti pomaci manji, a ponekad se u sektoru dogode veliki zaokreti koji zahtijevaju refleksiju i promjenu u obrazovanju. U trenutku u kojemu se pojavila Direktiva 2014/24/EU Europskog parlamenta i vijeća kojom se preporuča korištenje nove tehnologije za ugovaranje javnih investicija trebalo je postati jasno to da je u području obrazovanja neophodno brzo reagirati ako na tržištu nemamo znanja potrebna za provedbu tražene regulative. Preporuka iz Direktive 2014/24/EU (članak 22, stavak 4. i 5.) odnosi se na pravila komunikacije te se zemljama članicama EU-a nudi mogućnost da u regulativu uključe zahtjev za uporabu specifičnih elektroničkih alata kao što je elektroničko informacijsko modeliranje projekta (engl. *building information electronic modelling*). U tome trenutku Ujedinjeno Kraljevstvo, Nizozemska, Danska, Finska i Norveška već zahtijevaju primjenu informacijskih modela građevina (BIM) za zgrade financirane javnim novcem te se pretpostavlja da je tržište kapacitirano da to omogući. Kao potpora implementaciji Direktive u Programu za 2014. CEN (*European Committee for Standardization*) i CENELEC (*European Committee for Electrotechnical Standardization*) iniciraju osnivanje tehničkog odbora CEN/TC 442 Building Information Modelling (BIM), čiji je cilj uspostaviti normativni okvir za primjenu BIM pristupa u praksi. Ako obrazovni sustav ne predviđa potrebe tržišta i ostavlja tržištu da samo oblikuje svoje potrebe, nakon nekog vremena postaviti će se pitanja treba li tržište građevinarstva šire regije nova znanja iz obrazovanja, stižu li iz visokoga obrazovanja, ima li tržište kanale za komunikaciju o svojim potrebama te zahtijeva li se stjecanje tih znanja u neformalnome obrazovanju. Komunikacija obrazovnoga sustava i tržišta uspostavlja se najčešće preko strukovnih udruga te izravnom suradnjom obrazovnoga sustava i gospodarstva. Zakon o Hrvatskom kvalifikacijskom okviru (NN 22/2013) kao ključni mehanizam za prilagodbu obrazovnoga sustava potrebama tržišta rada važan je pomak na tome planu. Rečenica koja poziva na buđenje ističe “da su za većinu kvalifikacija krajnji korisnici poslodavci, a ne polaznici, učenici ili studenti, kada pristupaju stjecanju kvalifikacija” (Metodologija za izradu i tumačenje profila sektora, 2015), što nas treba usmjeriti na praćenje kretanja na tržištu građevinarstva i građevinarstvu srodnih disciplina.

O tomu da je širenje elektroničkoga informacijskog modeliranja u građevinarstvu globalno svjedoče publikacije “Poslovne vrijednosti tržišta BIM-a” (*Smart Market Industry Report*. McGraw-Hill Construction). One objavljene 2007. i 2009. analiziraju američko tržište, ona objavljena 2010. europsko tržište, a ona objavljena 2014. globalno tržište građevinske industrije. Izvješća pokazuju kretanja uporabe BIM-a, dobiti BIM-a, indeks povrata investicije i investiranja povezana s BIM-om koja upućuju na njegovo prihvaćanje i utjecaj na tržištu. Koncepti koji su gurnuli tržište građevinarstva u BIM jesu interoperabilnost te kontinuirani i brzi protok informacija među sudionicima u projektiranju i građenju te se u skladu tim potrebama i razvija. Takve promjene u društvenim, gospodarskim i ekološkim značajkama graditeljstva stavili su izazov pred obrazovanje koje treba proizvesti spremnije stručnjake i prilagodljivije inženjere sposobne rješavati probleme (Namhun, Ponton, Jeffreys i Cohn, 2011). Građevinska zajednica američkoga kontinenta intenzivno istražuje promjene na svojem tržištu te prati integraciju koncepta BIM-a u obrazovni sustav arhitektonskih i građevinskih inženjera (Rundell, 2005; Barison i Santos 2010; Clevenger et al, 2012; Joannides et al., 2012; Ghosh et al., 2015; Zhao et al., 2015 i drugi). Tijekom 2008. i 2009. autori Pavelko i Chasey (2010) proveli su studiju o očekivanjima industrije u odnosu na BIM razinu sposobnosti novih diplomanata i na odgovarajuću akademsku podršku sa sveučilišta. Rezultati ankete provedene među 70 građevinskih poslovnih poduzeća pokazuju to da je 77 posto ispitanika predvidjelo povećanje opsega korištenja BIM-a, a gotovo svi (95 posto) češće su zapošljavali osobe koje su usvojile primjenu BIM koncepta i pripadajućih vještina nego stručnjake koji su posjedovali vještine korištenja samo jednoga programskog paketa (Pavelko i Chasey, 2010).

Formalno obrazovanje u području BIM-a na građevinskim fakultetima u Republici Hrvatskoj počelo se provoditi akademske godine 2013./2014. na Građevinskom fakultetu Osijek u sklopu kolegija Integrirano projektiranje te na Građevinskom fakultetu u Zagrebu kao dio kolegija Organizacija građenja II. Dosadašnje poučavanje BIM-a izvodilo se do razine izrade 5D modela građevina visokogradnje korištenjem različitih računalnih programa za koje je utvrđeno da na najbolji način ostvaruju zadane obrazovne ciljeve. Pokazano je to da je na razini kolegija moguće odgovoriti na izazove višedimenzijskoga projektiranja odabirom odgovarajućega modela koji veličinom i složenošću omogućuje provedbu u okvirima postojeće resursne podrške (tehnička opremljenost, interdisciplinarna znanja, potpora nastavnicima). Odabir zadataka promišljan je i u smjeru podizanja

razine motivacije među studentima (zamjenske kuće za poplavljena područja, zgrada Građevinskog fakulteta Zagreb) uz rastuću potporu tržišta rada za stečene kompetencije i znanja studenata. Izazovi prve razine počeli su se svladavati te se daljnje korake može predvidjeti u skladu s preporukama iskusnijih BIM okružja.

Osim kroz sustav formalnoga obrazovanja znanja iz područja BIM-a stječu se kroz provedbu tečaja u sklopu ljetnih škola koje od 2015. organizira Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split (*Split Summer School*). O razvoju, širenju i važnosti toga područja znanja svjedoči i činjenica da je danas tema BIM-a u programu ljetne škole zastupljena s pet od devet ponuđenih tečaja za razliku od 2015. kada je BIM bio jedna od sedam ponuđenih tema. Na Građevinskom fakultetu u Rijeci BIM je kao novi pristup u arhitekturi i infrastrukturi predstavljen 2014. Od tada se na Fakultetu redovito održavaju predavanja i radionice za studente na kojima se stječu znanja iz 3D modeliranja i rada u BIM softverima. Problematika fragmentiranosti arhitektonske, inženjerske i građevinske industrije, koja čini jednu od najvećih prepreka za prihvaćanje BIM-a i ostvarivanje njegova punog potencijala, veća je nego problematika svladavanja tehnoloških problema. Do sličnoga rezultata došli su i autori (Kim, 2011; Ku i Taiebat, 2011) koji su utvrdili dvije kritične potrebe obrazovanja: obratiti veću pozornost na informacijsku tehnologiju i omogućiti primjenu suradničke prakse. Upravo ta fragmentiranost i nedostatak iskustva u interdisciplinarnoj i istodobnoj suradnji poticaj su za provedbu projektne nastave u inženjerskome obrazovanju s ciljem bolje iskoristivosti BIM alata i multidisciplinarne suradnje prilikom primjene BIM alata. Rezultati i iskustva u provedbi obrazovanja upućuju na to da su inovacije u izobrazbi o BIM-u prijeko potrebne za napredak u obrazovanju i praksi uz neophodne promjene prilikom oblikovanja nastavnoga programa koji mora uzeti u obzir razvoj potrebnih vještina, intenzivnije komunikacije i sposobnosti koordinacije tima.

Daljnji razvoj i sustavna implementacija obrazovanja u području BIM-a temelje se na uključivanju ostalih sudionika – ustanove koja provodi obrazovanje te koja BIM mora potvrditi kroz strateški dokument i okružja koje obuhvaća i tržište građevinske industrije i tržište potporne informacijske industrije, no i okružja zakonodavne platforme. Uspostavljanje nacionalnoga okvira i uključivanje struke u njegovu implementaciju izazov je svih sudionika u postizanju razvijenijih sustava obrazovanja građevinskih inženjera u području BIM-a.

6 BIM i *Lean Construction*

Infrastrukturni projekti često su od velike vrijednosti i strateške važnosti za državu, regiju ili organizaciju, ali i općenito za širu javnost. Zbog toga je važno razumjeti primjenu BIM i *Lean* pristupa kako bi se poboljšala proizvodnja u području infrastrukturnih projekata. BIM i *Lean* dvije su različite inicijative, ali obje imaju velik utjecaj na građevinsku industriju te je važno prepoznati njihove dodirne točke. S obzirom na to da su to dva međusobno neovisna pristupa, mogu se i neovisno implementirati u projektima (*Lean* se može implementirati bez BIM-a kao i BIM bez *Leana*). Prema Sacks et al (2010), najveći potencijal za poboljšanje građevinskih projekata nalazi se u integraciji tih dvaju pristupa. Kroz istraživanja i praksu uočena je sinergija BIM-a i *Leana* u građevinskim projektima te njezine koristi. S obzirom na to da je BIM u infrastrukturnim projektima, pa samim time i kombinacija BIM-a i *Leana* u takvoj vrsti projekta, relativno novo i nedovoljno razvijeno područje, može se očekivati kako postoji dovoljno prostora za dodatnu optimizaciju i prilagodbu tih dvaju smjerova u infrastrukturnim projektima. U nastavku dan je sažet osvrt na ideju *Leana*, na razvojni tijek od principa *Lean Production* do *Lean Constructiona* koji se primjenjuje u građevinskoj industriji te je prikazana interakcija i sinergija pristupa BIM i *Lean Construction*.

6.1 Što je to *Lean* i što su to *Lean* principi?

Izvorno metoda *Lean* potječe iz japanske proizvodne, automobilske industrije, konkretno iz *Toyote*. Kako se do tada masovna proizvodnja uglavnom fokusirala na količinu, primjenom novoga pristupa uočeni su nedostaci tradicionalne metode proizvodnje: nakupljanje velikih zaliha i slaba raznolikost. Tijek rada tradicionalnom metodom funkcionirao je tako da se proizvodnja nastavljala iako su uočeni potencijalni nedostaci procesa, koji su se uklanjali tek u nekim budućim procesima proizvodnje. Takav način rada rezultirao je velikim rasipanjima poput odbačenih većih oštećenih komada opreme ili potrebe za više vremena u procesu prerade (Womack et al., 1990). Također, primijećeni su drugi problemi kod masovne proizvodnje kao što su nedostatak koordinacije i komunikacije među odjelima, problemi s kvalitetom koji su uočeni tek na kraju proizvodnje, nemogući projekti ili promjene dizajna koje su zahtijevale preradu. Prema tome, u *Toyoti* je uočena potreba za povećanjem razine produktivnosti te je razvijena ideja kojom su omogućeni ne samo učinkovitiji, nego i sigurniji procesi. Pojam "*Lean Management*" u javnosti se pojavio 1991. u knjizi "*The machine that changed the world*" autora Womack et al., a u sljedećemu razdoblju pojam je, kroz optimizaciju procesa i njegovo maksimalno iskorištavanje, postao simbol za povećanje učinkovitosti, smanjenje troškova, ali i humanosti. Koskela et al. (2002) definirali su *Lean Production* kao način projektiranja proizvodnih sustava kako bi se smanjio gubitak materijala, vremena i truda u cilju stvaranja najveće moguće količine vrijednosti. Iz očitog uspjeha primjene u proizvodnoj industriji razvijeno je 11 temeljnih *Lean* principa (Koskela, 1992):

1. ograničenje nevrijednosnih aktivnosti
2. isporučivost postignuta prema zahtjevima klijenta
3. smanjena varijabilnost
4. skraćeno trajanje ciklusa
5. pojednostavljeni svi složeni dijelovi uz zadržavanje kvalitete
6. fleksibilnost u isporukama
7. transparentan postupak
8. održavanje kontrole kroz cijeli proces
9. stalno poboljšanje u procesu
10. uravnoteženo poboljšanje protoka
11. *Benchmarking*.

Poslije je, prema Aziz i Hafez (2013), prethodnih 11 principa sažeto u pet osnovnih:

1. Specificiranje vrijednosti (engl. *Specify value*): Podrazumijeva jasno razumijevanje zahtjeva klijenta i osiguranje toga da su specifikacije zahtjeva dobro prikazane. Klijenti definiraju potrebe, a kada se ta potreba zadovolji, tada se klijentu isporučuje vrijednost.

2. Protok vrijednosti (engl. *Value stream*): Uključuje raspodjeljuju različitih zadataka i materijala do najniže razine. Pritom se vide detalji postupka i određuje vrijednost svakog malog detalja. To je važan princip jer se svi zadaci bez dodavanja vrijednosti mogu ukloniti s obzirom na to da ne doprinose protoku vrijednosti. Primjer protoka vrijednosti može se promatrati u kontekstu trajanja ciklusa i taktosti izvođenja određenih procesa poput usklađenosti dolaska kamiona koji dovozi određeni materijal. Ideja je osigurati jednakomjeran i kontinuiran tok.

3. Protočnost (engl. *Flow*): Podrazumijeva kretanje resursa. Ti se resursi premještaju tako da su dostupni kad i gdje je to potrebno. Ovdje se govori o dostupnosti različitih timova u optimalnome te neometanome i dobro funkcionalnome logističkom lancu. Ako postoji brz i fluidan protok određenoga resursa, postoji i preduvjet za stabilno funkcioniranje procesa. U kontekstu građevinske industrije primjer protočnosti bio bi tok informacija, tok nekoga materijala (npr. dobava betona) ili tijek rada tijekom građenja.

4. Povlačenje (engl. *Pull*): U sustavu nije potrebno imati međuspremnike i inventar. Materijali su dostupni u trenutku potrebe te u potrebnoj količini i prema unaprijed definiranoj specifikaciji. Kada postoji potreba za određenim resursima u sustavu, dobavljaču se daje znak za isporuku potrebnoga resursa. Drugim riječima, određenome procesu dodjeljuje se samo onoliko resursa (oprema, materijali, ljudi, informacije) koliko je to potrebno. Tim principom promiče se “povlačenje” onoga što je potrebno iz prethodnih procesa.

5. Izvrsnost (engl. *Perfection*): Stalna poboljšanja kako bi sustav bio bolji. Težnja k savršenstvu dovodi do toga da se proizvodni sustav neprestano mijenja u smjeru poboljšanja i postiže rezultate za koje se prije mislilo da nisu mogući. Izvrsnost bi prema tome značila izvedbu bez rekonstrukcije ili popravka, zadovoljstvo klijenta bez popratnih primjedba. Naravno, ne postoji savršeno izveden projekt niti je moguće raditi bez pogrešaka, ali cilj je ovog principa raditi bez pogrešaka i popravka u onoj mjeri koliko je to moguće. Popularna metoda iz projektnoga menadžmenta, koja podržava taj princip, jest proces učenja iz pogrešaka. Učenjem iz pogrešaka, njihovim uočavanjem i dokumentiranjem stvara se prilika za poboljšanje i temelj za daljnji razvoj na budućim projektima. Svaka pogreška mora biti temeljito sagledana i trajno sanirana.

Iz navedenih principa i njihovih obilježja moguće je primijetiti kako je pojam “Lean” (hr. “vitki”) opisan kao filozofija rada koja promiče poslovanje u kojemu se nastoji raditi što više, ali uz što manje gubitaka, odnosno što manje pogona (i opreme), skladišta, vremena, ljudskog napora i financijskih sredstava, s time da konačni proizvod mora zadovoljiti zahtjeve kupca (Womack et al., 1996).

6.2 Lean Construction

Ideja *Leana* proizišla je iz proizvodne industrije, a naknadno je prilagođena i poboljšana u različitim područjima primjene. Iako se kultura *Lean Managementa* razvila iz druge industrije, njezin pristup primjenjuje se i u građevinskoj industriji pod nazivom **Lean Construction** ili **Lean Construction Management**. Metode *Lean Construction* temelje se na principima koji se koriste za pročišćavanje postupka gradnje tako da se zahtjevima klijenta udovoljava na učinkovitiji način. U građevinskoj industriji *Lean* se općenito implementira kao napredna metodologija projektnoga menadžmenta, kontrole rada te upravljanja i procijene vrijednosti. *Lean Construction* jest pristup koji se primjenjuje u upravljanju projektima te potiče na promjenu novog, drugačijeg, *Lean* načina razmišljanja, planiranja i provođenja projekta (već u ovome zaključku moguće je uočiti sličnosti s utjecajem BIM-a na projekte). Sigurnost, kvaliteta, humanost, pouzdanost isporuke i troškovi središnji su aspekti *Lean Managementa*. Za projektante i inženjere to znači kvalitativni pristup koji žele kontinuirano poboljšavati. Također, *Lean* uključuje jedinstveno definirane procese, koji mogu biti implementirani interno i/ili među tvrtkama. Odgovornosti i komunikacijski kanali zahtijevaju logičnu organizaciju koja će omogućiti usklađivanje tijekom rada. Standardizacija omogućuje veći stupanj sigurnosti, bolje upravljanje troškovima i pouzdane izjave o rokovima isporuke.

Spomenuto je to kako na temelju filozofije postizanja veće kvalitete i vrijednosti proizvoda uz minimiziranje troškova i gubitaka *Lean* pristup eliminira one aktivnosti koje ne stvaraju dodanu vrijednost konačnome

produkciji i nisu neophodne za neometan tijek vrijednosti. Prema tome, *Lean* u procesu proizvodnje definira “gubitke” ili “rasipanja” elemenata/situacija kao što su kašnjenje, čekanje, prekomjerna proizvodnja, gubici tijekom obrade, nepotrebni pokreti, pogreške, prekomjerne i zastarjele zalihe materijala, nepotrebni inventar, problemi prilikom prijevoza, problemi zbog slabog održavanja, ali i neiskorištena kreativnost zaposlenika (Vidaković i ostali, 2017). U skladu s navedenim opisima, za *Lean Construction* može se reći da je to “način razmišljanja i rada u cilju sistematskog i neprekidnog poboljšanja procesa gradnje i procesa povezanih s gradnjom”. Kao i svaka nova metoda rada, i *Lean* principi pri implementaciji mogu izazvati određeni skepticizam i odbijanje, no sama metoda vrlo jasno promiče svoje koristi:

1. smanjenje troškova provedbe
2. smanjenje stope nezgoda na radu
3. predvidljivost u vremenima provedbe projekta
4. projekti su isporučeni prije dogovorenog vremena
5. manje nedostataka i manje ponovljenoga rada
6. stalno poboljšavanje
7. povećanje dobiti za sve uključene strane
8. integracija s opskrbnim lancem
9. stvarna suradnja uključenih.

Pristup *Lean Construction* u postizanju navedenih koristi primjenjuje dostupne tehnike i alate projektnoga menadžmenta kao što su JIT (*Just In Time*) proizvodnja (BIMForum.*Level of Development (LOD) Specification Part I & Commentary*, April 2019. (izvor: https://bimforum.org/resources/Documents/BIMForum_LOD_2019_reprint.pdf)), *Kanban* (*Kanban* – metoda upravljanja i nadzorna proizvodnoga procesa), *Total Quality Management* (*Total Quality management* (TQM) – potpuno upravljanje kvalitetom, okvir projektnoga menadžmenta usmjeren prema trajnome poboljšanju kvalitete, odnosno pristup fokusiran na učinkovito upravljanje), *Benchmarking* (*Benchmarking* – proces mjerenja i uspoređivanja operacija i poslovanja), *6σ* metoda (6 sigma (6σ) – poslovna metodologija i filozofija upravljanja kvalitetom) ili metode vizualne kontrole i upravljanja.

6.3 Interakcija i sinergija BIM-a i Leana – BIM Lean Construction

O BIM-u, isto kao o *Leanu*, razmišlja se u kontekstu pristupa i metoda. Pristupi *Lean* i BIM transformiraju tijekom sadržaj građevinskih projekata. BIM pristup sastoji se od skupa alata, procesa i tehnologija, potpomognutih digitalno čitljivim informacijama o građevini, koje mogu pružiti osnovu za nove građevinske sposobnosti i promjene u ulogama i odnosima među članovima projektnoga tima (Sacks et al., 2018). *Lean* je menadžerska filozofija nastala s ciljem uklanjanja gubitaka i poboljšanja stvaranja vrijednosti (Koskela, 2000).

Poznati su, i u prethodnim poglavljima ovih smjernica spomenuti, ciljevi BIM-a kao što su povećanje učinkovitosti građevinskih projekata, transparentnost, fluidna i neometana komunikacija te suradnja na projektu. Njihova je ideja prezentirana u istome kontekstu kao ideja *Lean* ciljeva. U BIM pristupu osnova za ostvarivanje navedenih ciljeva jest digitalni informacijski model građevine koji omogućuje simulaciju njezine buduće uporabe kao i građevinskih procesa ili interakciju različitih sektorskih planiranja. Zbog činjenice da se BIM pristupom pogreške mogu identificirati u fazi planiranja te da postoje alati, analize i principi kojima se zahtijevaju poboljšanja projekta u ranim fazama, može se uočiti zajednička točka pristupa BIM i *Lean*. Ranim BIM metodama i analizama kao što je analiza kolizija podiže se razina sigurnosti troškova i kvalitete buduće građevine te se reduciraju gubici, što je u interesu svih sudionika u projektu, a u korelaciji i s *Lean* principima kao što je “povećanje dobiti za sve uključene strane”. BIM također slijedi cilj suradničkoga partnerstva svih sudionika u projektu. Suradnici u projektu mogu pratiti BIM koordinacijski model, primijeniti promjene i međusobno razmjenjivati podatke. Svi podaci koji se odnose na građevinu dostupni su centralno. Ideja centralne komunikacije i suradnje također je u skladu s *Lean* principima “stvarne suradnje uključenih dionika”.

U fazi projektiranja BIM i *Lean Construction* pokazuju jasnu interakciju u provedbi ciljeva koje trebaju ostvariti i sinergiju njihovih pristupa koju mogu iskoristiti. I BIM i *Lean* uvelike se usredotočuju na ispunjavanje zahtjeva klijenta. U BIM-u sudionici u ranim fazama projektiraju finalno isporučeno rješenje, dok je jedan od ciljeva *Lean Construction* postizanje konačne očekivane vrijednosti za klijenta (Koskela, et al., 2002). Same vrijedno-

sti definirane su na početku projekta kako bi se mogle ostvariti po završetku projekta.

Već prvu konkretnu analizu sinergije pristupa BIM i *Lean* moguće je pronaći u matrici razvijenoj 2010., koja opisuje i uspoređuje BIM funkcionalnosti s propisanim principima *Leana* (Sacks et al, 2010), a koja je poslije služila kao okvir za daljnja istraživanja iz toga područja. Iz matrice moguće je iščitati 56 jedinstvenih interakcija tih dvaju pristupa, od kojih su čak 52 pozitivne te je većina interakcija potvrđena empirijskim dokazima. U fazi projektiranja detektirane su tri interakcije:

1. **BIM – *Lean* interakcija:** Više timova i članova tima može mijenjati i uređivati različite inačice/verzije projekta uz pomoć različitih softverskih paketa. Ta interakcija, zajedno s mogućnostima jednostavnih i brzih promjena u svim aspektima modela, pokazuje funkcionalnost BIM-a, a s gledišta *Lean* principa pokazuje pristup izradi projekta sustava proizvodnje i protoka vrijednosti.
2. **BIM – *Lean* interakcija:** Više korisnika može raditi paralelno na istome modelu, što znači da se radno opterećenje dijeli u skladu sa specijalnostima unutar tima. Takvim načinom rada moguće je postići visoku kvalitetu, jer se svaki dio, na primjer, projekt konstrukcije ili projekt vodoopskrbe, izvodi tako da se međusobno pozivaju jedan na drugoga te da se istodobno omogućava to da se ta dva projekta dobro uklapaju.
3. **BIM – *Lean* interakcija:** S obzirom na to da BIM omogućuje vizualizaciju projekta, slijed aktivnosti na gradilištu može se simulirati kako bi se identificirali i sukobi potencijalnih resursa te sukobi u svakodnevnoj proizvodnji. Budući da je cilj *Lean Constructiona* izrada tijeka zadatka, to se nadopunjuje time što se tijekom korištenja BIM-a resursi mogu dodijeliti na način koji je planiran da se tok nastavi, a da resursi ne budu prekomjerno ili nedovoljno iskorišteni.

Ako se pozornost usmjeri na uklanjanje rasipanja (materijala, vremena, rada...) kao jednog od ključnih principa metode *Lean Construction*, BIM se u svojim funkcijama koristi eliminacijom rasipanja prikladnim alatima i analizama poput detekcije kolizija i ažurnih tablica i rasporeda. Time se omogućava da projekt bude jasan svim sudionicima i da se uspostavi bolja suradnja članova tima. Pregledom literature moguće je uočiti i razmišljanja kako je BIM, u nekim kontekstima, zapravo “alat” za *Lean Construction* (Nigappa, 2011). Studije također pokazuju kako se “definiranje vrijednosti” može poboljšati u procesu projektiranja industrijskih građevina korištenjem računalno naprednih alata za vizualizaciju (engl. *Computer Advanced Visualization Tools – CAVT*). Kada su teorija proizvodnje i *Lean* principi implementirani s informacijskom tehnologijom, smanjena je nesigurnost cijeloga procesa, što doprinosi i smanjenju varijabilnosti projekta.

Korištenjem BIM-a osigurava se to da faza proizvodnje postiže *Lean Construction* ciljeve (Onyango, 2016). Različiti pristupi koji se primjenjuju prilikom izvođenja obogaćeni su BIM pristupom, na primjer:

- **Just In Time (JIT):** Korištenjem BIM procesa planiranja može se omogućiti više “izvanterenskih” radova. Pri izradi projekta ili dijela projekta projektne informacije mogu se proslijediti timovima koji će izvoditi prefabrikaciju.
- **Istodobni inženjering (engl. *Concurrent Engineering*):** Moguć je paralelni rad različitih disciplina na projektiranju.
- **Last Planner System (LPS):** S 4D BIM-om proces planiranja moguće je provoditi u svim zahtijevanim razinama, od master-plana preko plana faza do tjednoga plana. *Last Planner* ili *Last Planner®System of Production Control* zaštitini je znak *Lean Construction Instituta* te predstavlja holistički sustav *Lean* pristupa, što znači da je svaki od njegovih dijelova neophodan za podršku *Lean* planiranju i provedbi projekta. Sustav je organiziran u pet dijelova: *Master Planing*, *Phase Planning*, *Mare-Ready Planning*, *Weekly Work Planning* i *Learning*. Više pogledajte na: <https://leanconstructionblog.com/What-is-the-Last-Planner-System.html>

U nastavku prikazana je izvedena i prevedena prezentacijska tablica interakcije pristupa Lean i BIM (tablica 5.; Onyango, 2016).

Tablica 5. Interakcija pristupa BIM i Lean (Onyango, 2016)

LEAN CONSTRUCTION	INTERAKCIJA S BIM PRISTUPOM
Eliminacija rasipanja (vremena, materijala, rada)	Analize kolizija
	Varijantna rješenja/alternative kako bi se odabralo najprikladnije projektno rješenje
	Simulacija izvedbe za najučinkovitije energetske rješenje
Vrijednost za klijenta (postignuti zahtjevi klijenta)	Vizualizacija rješenja koje osigurava jasno razumijevanje modela
	Analiza za najbolji rezultat
	Razumijevanje između klijenta i „dobavljača usluge“ korištenjem 3D modela i real-time pregleda i kretanja kroz model
Smanjena vremena ciklusa	Automatsko generiranje promjena te rasporeda i količina materijala
	Dostava točnih i potpunih informacija za prefabrikaciju
	Vizualizacija tijeka rada radi provjere kolizija procesa (timova i zadataka)
Tijek rada	Kroz izradu detaljnih rasporeda zadataka i vremena isporuke materijala
Suradnja	Sposobnost istodobnog rada različitih timova na različitim projektnim rješenjima

Istraživanja pokazuju (Onyango, 2016) kako sinergija pristupa BIM i *Lean* može biti kvalitetno implementirana ako njihova suradnja počne ranije na projektu – od faze projektiranja, kako bi željeni *Lean* principi bili dobro planirani i prema tome kvalitetno implementirani u fazi proizvodnje. Također, na temelju svega što je do sada navedeno moguće je primijetiti kako neki od BIM alata već uključuju *Lean Construction* tehnike. Prema tome, mnogo je razloga za usvajanje *Lean* – BIM pristupa, a neki od njih su (Zigurat, 2018):

- BIM i *Lean Construction* sinergija doprinosi većoj učinkovitosti. Sve što je učinjeno u pripremi za projekt bit će korisno.
- BIM i *Lean Construction* olakšavaju razumijevanje onoga što klijent cijeni i to pokazuju kroz postupak projektiranja i građenja.
- BIM i određene *Lean* tehnike kao što je *Last Planner* smanjuju razinu stresa i izbjegavaju pogreške i neuspjehe.
- *Lean* – BIM pristup dodaje vrijednost, smanjuje troškove i pojednostavljuje tok opskrbe vrijednosti materijala.
- Poboljšava se protok informacija i komunikacija.

Međutim, da bi se BIM i *Lean* mogli primijeniti, mora se uzeti u obzir nekoliko čimbenika:

- BIM i *Lean Construction* zahtijevaju vodstvo/menadžment u svakoj fazi.
- Pri implementaciji te sinergije važno je uzeti u obzir zahtjeve obaju pristupa.

- Implementacija obaju sustava zahtijeva jaku kulturu suradnje sudionika u projektu.
- BIM se primjenjuje od faze projektiranja, a *Lean* od faze proizvodnje odnosno izvođenja, no da bi se maksimalno iskoristila sinergija tih dvaju pristupa, *Lean Construction* pristup mora biti dobro isplaniran i integriran u BIM još u fazi projektiranja.
- Neophodno je to da profesionalci koji vode projekt doista nauče i prihvate nove metodologije koje će im biti potrebne u budućim projektima. Od djelomične implementacije nezahvalno je očekivati postizanje obećanoga uspjeha sinergije BIM-a i *Leana*.
- BIM funkcionira, na primjer, u uredu za planiranje, samo ako zaposlenici podržavaju tu metodu rada i ako su strogo uključeni u procese promjena odnosno koristi BIM-a veće su ako je cijeli projektni tim pripremljen i implementira BIM. U tome pogledu postoje daljnja preklapanja s *Lean Managementom*.

Na kraju poglavlja važno je istaknuti to da i BIM pristup i kultura *Lean Managementa* definiraju unutarnji karakter tvrtke koja ih je implementirala. Oba pristupa dio su korporativne strategije ali i korporativne ambicije, snage i kompetentnosti. Također, oba implementacijom utječu na promjenu i optimizaciju dosadašnjega načina rada i razmišljanja u organizaciji, ali time omogućuju veću kvalitetu građevinskih projekata te veću sigurnost koja uključuje troškove i rasporede. U tome smislu ključni čimbenici BIM pristupa su komunikacija i suradnja, dok je kod *Lean Construction Managementa* najvažnija ne samo optimizacija procesa, već i fokus na vrijednosti, zahtjeve i ideje klijenata. Oba pristupa tvrtke nastoje primjenjivati ekonomično i održivo.

7 BIM u graditeljskome procesu

U ovome poglavlju bit će obrađeni aspekti primjene BIM pristupa u graditeljskim procesima. Kako je to već više puta istaknuto, jedan od postulata BIM pristupa jest postizanje kontinuiteta u razmjeni informacija svih sudionika procesa od najranije faze definiranja ciljeva nekog projekta do faze korištenja i održavanja građevina.

Graditeljstvo je vrlo tradicionalna djelatnost koja je vrlo fragmentirana. To znači da je svaka faza projekta, odnosno planiranje, projektiranje, građenje i održavanje, jasno odijeljena, da rezultira odgovarajućim isporukama (investicijska odluka, projektna dokumentacija, ugovor o građenju, tehnički pregled i primopredaja) te da ima svoj skup pravila i zakonitosti. Kontinuitet prijenosa svih potrebnih informacija nije u cijelosti postignut, sudionici u svakoj od faza vrlo su fokusirani na svoje poslove odnosno ne poklanja se dovoljno pozornosti projektu u cjelini. Kada se u primjeni BIM pristupa ističe važnost tijeka informacija, uvijek se ističe to da bi svi sudionici, osobito oni koji sudjeluju u ranijim fazama, trebali imati svijest o tome koje su informacije potrebne u kasnijim fazama procesa (engl. *Keep the end in the mind*).

U ovome poglavlju obrađeni su standardni ugovorni pristupi u graditeljstvu (engl. *Project delivery methods*), odnosno uzajamni utjecaji BIM pristupa i različitih ugovornih pristupa. Prilikom implementacije BIM pristupa jedno od najčešćih pitanja jest ono o odnosu standardne projektne dokumentacije i BIM modela. Je li BIM model jednostavni dodatak svemu što se standardno proizvede u uobičajenome projektiranju?

S obzirom na fragmentiranost graditeljskoga procesa, analizirane su mogućnosti tranzicije BIM modela među pojedinim fazama procesa, na primjer, je li moguće BIM model koji je nastao u glavnome projektu iskoristiti i doraditi za proces građenja.

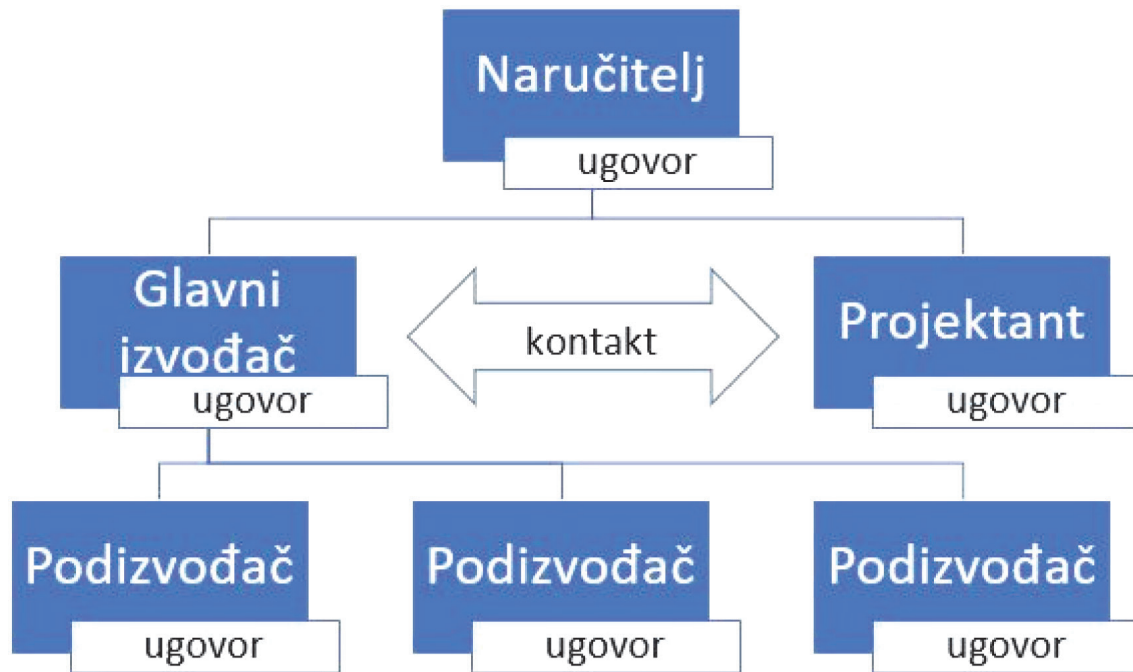
7.1 Ugovorni pristupi u graditeljstvu

Ugovorni pristupi u graditeljstvu (engl. *Project delivery methods*) jesu složena tema koja uključuje mnoge čimbenike. Kada se analiziraju učinkovitost, kvaliteta i ekonomičnost graditeljstva u cjelini, vrlo često razmatra se kontekst ugovornih pristupa. Sveobuhvatna analiza te teme uvelike nadmašuje ciljeve ove publikacije i zato su u nastavku navedeni te općenito i ukratko analizirani osnovni ugovorni pristupi s pozicije primjene BIM pristupa. Ugovorni pristupi u graditeljstvu često su rezultat tradicije, ukupnoga stanja graditeljske djelatnosti, vrste građevina, preferencija sudionika procesa, stupnja razvoja pojedinih sudionika i sličnog. Vrlo često je odabir određenoga ugovornog pristupa rezultat spremnosti na preuzimanje rizika pojedinih sudionika u procesu.

Najjednostavniji način bio bi taj da naručitelj (investitor) definira ili preferira određeni ugovorni pristup. Odaбир se mora temeljiti na sposobnostima i resursima naručitelja da uspješno implementira određeni ugovorni pristup. Postavlja se pitanje o razini rizika koju je naručitelj spreman prihvatiti i o mogućnosti utjecaja na procese (npr. projektiranje i izvođenje), no naručitelj mora voditi računa o tome imaju li ostali sudionici na tržištu (projektanti, izvođači) kapacitete i mogućnosti (financijske i ostale resurse) za kvalitetno participiranje u određenome ugovornom pristupu.

7.1.1 Pristup odvojenoga ugovaranja projektiranja i izvođenja (*Design – Bid – Build – DBB*)

Pristup odvojenoga ugovaranja projektiranja i izvođenja (DBB) najzastupljeniji je u svijetu. U Hrvatskoj je taj pristup gotovo jedini ugovorni pristup u niskogradnji. U tome ugovornom pristupu naručitelj odvojeno sklapa ugovor s projektantom i s glavnim izvođačem. Shema DBB pristupa prikazana je na slici 42.



Slika 42. Ugovorni pristup *Design – Bid – Build* (Civitello, 2000)

Projektant i glavni izvođač obično nemaju nikakve ugovorne odnose, osim ako se to ne definira u postupku građenja prema potrebi odnosno ako je potrebna pomoć projektanta u izvođenju. Naručitelj sklapa ugovor s glavnim izvođačem po završetku faze projektiranja i ishoda svih potrebnih dozvola. U procesu ugovaranja (engl. *Bid*) svim potencijalnim podizvođačima dostavljaju se dijelovi projekta (ponudbeni troškovnici) potrebni da izvođač formira cijenu i sudjeluje u procesu odabira najpovoljnijega izvođača.

Povoljnosti DBB pristupa jesu:

- Naručitelj može postići najmanju cijenu planirane građevine.
- Naručitelj ima mogućnost utjecaja na projektiranje i izvođenje (eventualne promjene).
- Proces ugovaranja odnosno odabira sudionika je transparentan.

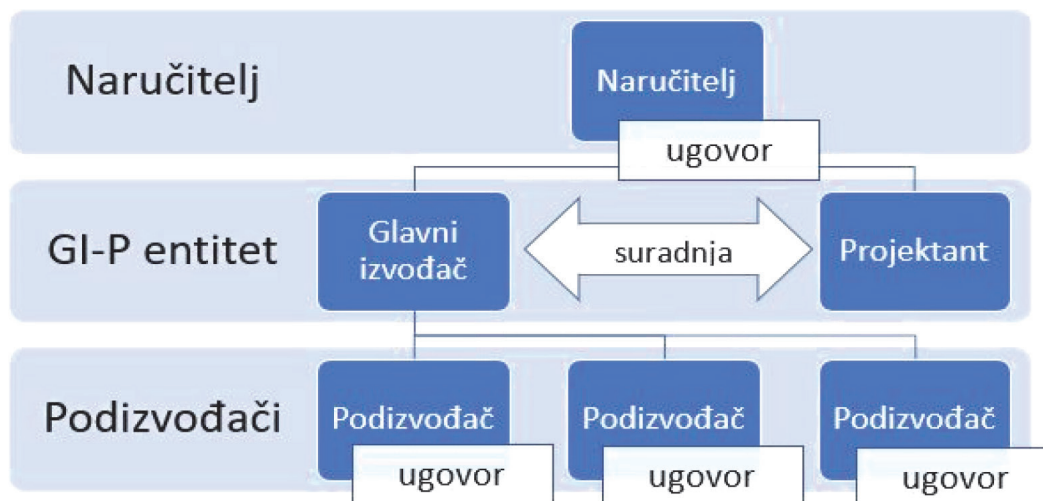
Negativne strane DBB pristupa jesu:

- Proces je linearan. Prije odabira izvođača i početka građenja projektiranje mora biti u cijelosti završeno. U realnosti se puno vremena troši na završetak čitavoga procesa gradnje (više nego pri nekim drugim pristupima ugovaranju).
- Faza projektiranja temelji se na općenitim zahtjevima odnosno projekti se ne mogu u cijelosti prilagoditi izvođenju i raznim tehnologijama izvođenja. Projekti u nekim segmentima nisu detaljno razrađeni i dokumentirani jer bi mogli prejudicirati ili preferirati neku tehnologiju izvođenja (potrebno je izraditi izvedbene projekte).
- Glavni izvođači natječu se s minimalnim cijenama i potom kontinuirano utječu na naručitelja da odobrava dodatne radove ili upotrebu drugačijih tehnologija u odnosu na one predviđene u projektu.
- Glavni izvođač nije ni na koji način dio ranije faze projekta (planiranja i projektiranja) i ne može optimalno planirati i upotrebljavati svoje resurse.

Implementacija BIM pristupa u DBB načinu ugovaranja suočena je s mnogim izazovima. Ona se temelji na načelima suradnje i razmjene svih relevantnih informacija koje nastaju u pojedinim fazama graditeljskoga procesa. Svi bi sudionici aktivno trebali voditi računa o prenošenju informacija koje se koriste u kasnijim fazama. Fragmentiranost, odnosno podjela u užemu smislu na projektiranje i izvođenje, pojačava se odvojenim ugovaranjem tih poslova. Česta je situacija da i kod naručitelja potpuno odvojene ekipe ili odjeli vode posebno projektiranje i izvođenje neke građevine. Motiviranost sudionika jedne faze da doprinose učinkovitosti sljedeće faze ne potiče se tim ugovornim pristupom. Ove napomene mogu se jednostavnije objasniti "putovanjem" BIM modela. U DBB pristupu BIM model koji je nastao u fazi glavnoga projekta često nije moguće jednostavno prilagoditi funkcioniranju u fazi izvođenja. Rješenje je da se BIM model ponovno gradi od nule za potrebe faze izvođenja, što svakako ne zadovoljava princip kontinuiteta i neprekinutoga tijeka informacija.

7.1.2 Pristup integralnoga ugovaranja projektiranja i izvođenja (*Design – Build – DB*)

Pristup integralnoga ugovaranja manje je raširen u svijetu, međutim u novije vrijeme pokazuje sve veću popularnost, osobito pri gradnji nekih vrsta građevina. U Hrvatskoj, u niskogradnji taj pristup gotovo ne postoji. U tome pristupu naručitelj ugovara projektiranje i izvođenje s jednim poduzećem ili sa zajednicom ponuditelja (glavni izvođač – projektant). Shema toga pristupa ugovaranju prikazana je na slici 43.



Slika 43. Ugovorni pristup *Design – Build* (Civitello, 2000)

Poduzeće ili entitet s kojim naručitelj sklapa takav ugovor obično je izvođač i ima interne resurse za projektiranje. Dodatna je opcija ta da izvođač ima vrlo usku i uspješnu suradnju s nekim projektnim poduzećima i na taj način pokriva poslove projektiranja. Taj je pristup za naručitelja jednostavniji i naručitelj je izložen manjemu riziku. Treba istaknuti to da naručitelj ima i manji utjecaj na promjene nekih parametara projekta. Glavni izvođač preuzima veći rizik, međutim ima kontrolu nad cijelim procesom od najranije faze i s većom vjerojatnošću može jamčiti ukupnu cijenu i kvalitetu projekta. Taj pristup karakterizira veći stupanj suradnje i komunikacije sudionika u procesu od najranije faze projekta. Za razliku od DBB pristupa, moguće je skratiti vrijeme završetka građevine. Naime, izvođač može početi s određenim radovima prije završetka projektiranja. Na primjer, moguće je ranije naručivati materijale i opremu koji zahtijevaju dulji rok isporuke, bolje planirati resurse glavnoga izvođača i podizvođača te ranije početi raditi na početnim fazama.

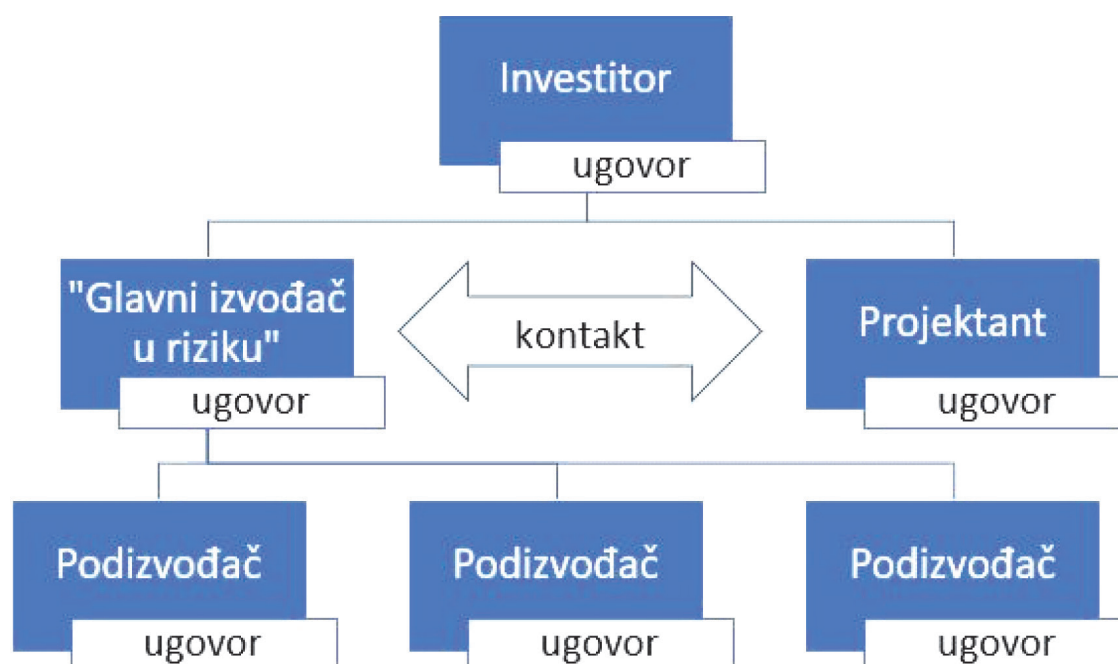
S gledišta implementacije BIM pristupa DB pristup ima veći potencijal u odnosu na DBB pristup. U DB pristupu veće je težište na suradnji svih sudionika u projektu od najranijih faza, cijeli se projekt sagledava integralno te se vodi briga o prikupljanju i interpretiranju većeg broja informacija. Izvođač jamči ukupnu cijenu građevine i svakako je zainteresiran za to da analizira i uočava moguće probleme u ranijoj fazi projekta. Izrada kvalitetnoga i sveobuhvatnoga BIM modela svakako je dobar način takvog pristupa. Po definiciji, implementacija BIM pristupa u DB načinu ugovaranja lakša je i jednostavnija.

7.1.3 Ostali pristupi ugovaranju

Osim prethodno opisanih dvaju osnovnih pristupa ugovaranju postoji još niz modificiranih pristupa koji pokušavaju naći učinkovitija rješenja za određene naručitelje i određene građevine. U svojoj biti ti pristupi variraju modele preuzimanja rizika izvođenja građevine s obzirom na njezino financiranje, planiranu cijenu, ugovoreni rok i njezinu funkcionalnost. Gotovo svi pristupi pokušavaju riješiti problem u DBB pristupu, odnosno u striktnome fragmentiranju procesa kreiranja nekog projekta. Najveći problem svakako je planiranje i projektiranje građevine, a da se pritom ne uzimaju u obzir realni uvjeti građenja. Veliki je problem kontinuitet razmjene relevantnih informacija među pojedinim fazama. Svaki je sudionik projekta fokusiran na informacije u svojoj fazi i nije pretjerano zainteresiran za projekt u cjelini. Jedan od modificiranih pristupa ugovaranju jest ugovaranje poslova izvođenja u fazi prije završetka projektiranja. S obzirom na to da projekt nije u cijelosti završen,

nije moguće precizno odrediti cijenu izvođenja pa se definira tzv. maksimalno dopuštena cijena. Predstavnik izvođača uključuje se u proces projektiranja u kasnijoj fazi i svojim iskustvom, preporukama i utjecajem prilagođava konačnu verziju projekta svojim mogućnostima. Takav je pristup poznat pod nazivom *Construction Manager at Risk*. Pobožnici toga pristupa vjeruju da on optimizira troškove, vrijeme i kvalitetu izvedbe. U njemu glavni izvođač preuzima veći stupanj rizika u odnosu na klasični DBB pristup.

U slučaju kada je izvođač ranije odabran, on je u mogućnosti pružiti dodatan poticaj razvoju građevinske dokumentacije, analize troškova i revizije. Njegovo sudjelovanje u toj fazi projekta očekivano će utjecati na životni vijek projekta, pomažući da se projekt zadrži u okvirima budžeta i ugovorenoga vremena. Shema toga pristupa prikazana je na slici 44.



Slika 44. Ugovorni pristup *Construction Manager at-Risk* (Civitello, 2000)

Među ostalim pristupima spominje se i takozvani IPD (engl. *Integrated Project Delivery*). Taj se pristup temelji na suradnji ključnih sudionika (naručitelj, krajnji korisnik, glavni izvođač, projektant itd.) koja se zasniva na povjerenju te potiče sudionike na to da se usredotoče na ishode projekta, a ne na njihove pojedinačne ciljeve. Sam IPD pokušava prilagoditi organizaciju procesa učinkovitome korištenju modernih tehnologija (BIM pristup).

7.2 Odnos BIM modela i standardne projektne dokumentacije

U ovome poglavlju težište je na analizi odnosa BIM modela i standardne projektne dokumentacije, odnosno, u širem smislu, na odnosu tradicionalnog projektiranja i projektiranja poduprtog BIM pristupom.

7.2.1 O BIM modelu općenito

Rašireno je mišljenje da je BIM model zapravo 3D model neke građevine. U niskogradnji je to, na primjer, 3D model ceste, željeznice, kanalizacijskoga sustava i sličnog. To je mišljenje samo djelomično točno jer BIM model mora sadržavati sve potrebne informacije u proizvoljnim oblicima. Informacije mogu biti u klasičnome opisnom ili numeričkom obliku i u pridruženim dokumentima (specifikacijama, detaljima i sličnome). Najjednostavnije se BIM model može opisati kao digitalnu prezentaciju projektiranoga rješenja neke građevine. Kada se BIM model kreira, trebalo bi se rukovoditi njegovom svrhom u fazama graditeljskoga procesa koje slijede. BIM model može poslužiti za razne analize, proračune i procjene. Može biti različito koncipiran ako je njegova osnovna svrha, na primjer, analiza kolizija, vremenska analiza (4D) ili analiza količina (5D).

Jedan od prihvaćenih BIM postupaka za analizu BIM modela jest analiza kolizija. Ta je analiza detaljno opisana u drugim poglavljima ove publikacije, a ovdje treba spomenuti to da elementi BIM modela koji će se analizirati moraju biti pravilno kreirani, kategorizirani, imenovani i grupirani. BIM model čine sadržaji koji dolaze iz različitih disciplina projektiranja i moraju se poštivati pravila koja će uniformno definirati oblik, detaljnost, opseg informacija i slično. Ako ta pravila poštuju svi sudionici u procesu, može se stvoriti konzistentan i kompletan BIM model.

7.2.2 3D model u niskogradnji - Uloga 2D prikaza

Ako se analizira odnos dimenzija u projektima infrastrukture, projektiraju se i izvode građevine različitoga tipa. Na primjer, postoje građevine čiji je odnos dimenzija (visina, širina, dužina) u nekim proporcionalnim odnosima. Bilo kakve građevine poput crpnih stanica, rezervoara, propusta, raskrižja, mostova i sličnog imaju proporcionalni odnos dimenzija. Takve su građevine slične građevinama visokogradnje i 3D prikaz ima jasnu svrhu, međutim kod duljih linearnih građevina poput cesta, željezničkih pruga, vodovoda i kanalizacija odnos dimenzija nije proporcionalan, odnosno dužina im je znatno veća od visine i širine. Posljedica toga je otežano pregledavanje i kontrola 3D modela. Naime, ako se promatra cjeloviti 3D model, ne mogu se vidjeti detalji, a ako se jako približi detaljima, gubi se osjećaj pozicije unutar modela. Također, na dužim relacijama ceste ili željezničke pruge presjeci su vrlo slični i teško je uočiti neke nepravilnosti ili razlike. S obzirom na te osobine građevina u niskogradnji, svijest o potrebi 3D modela, osobito na razini glavnoga projekta, nije zaživjela. Jedina situacija u niskogradnji gdje su se 3D modeli učestalije koristili jesu modeli koji su se izrađivali u ranijim fazama projekta (idejna rješenja, idejni projekti) gotovo isključivo za potrebe vizualizacije projektiranoga rješenja. Standardna teza da 3D model mora vjerno prikazati projekt u detaljnome projektiranju (glavni projekt) i da on mora biti osnova za, na primjer, iskaz količina (djelomičan i parcijalan) nije općeprihvaćen i uobičajen. U tradicionalnome načinu projektiranja projektanti su zadanu građevinu projektirali preko 2D prikaza, presjeka i tlocrta. Taj je pristup bio dominantan bez obzira na to je li se projektiralo analogno ili uz pomoć CAD aplikacija. U niskogradnji su 2D prikazi (uzdužni i poprečni profili) zbog prirode građevine (odnos dimenzija) vrlo važni. 2D prikazi imaju visok stupanj razrađenosti, velik broj označenih podataka i svoju karakterističnu stilizaciju. Takvi su prikazi uobičajeni i svi sudionici u procesu intenzivno ih koriste u različitim fazama projekta. Neki standardni podaci, važni u projektiranju cesta ili cijevnih sustava, specifično se prikazuju u 2D prikazima, dok u 3D modelu nisu vidljivi. Takva je situacija, na primjer, s podatkom nagiba, uzdužnoga ili poprečnoga. Uzdužni nagib ceste ili kanalizacijske cijevi, odnosno njegova promjena duž osi, ne može se kontrolirati u 3D modelu. Za razliku od toga u distorzionim prikazima uzdužnih profila (1000/100) nagib, odnosno njegova orijentacija i veličina, je u uzdužnome profilu jasno i vidljivo označena.

Dodatna je karakteristika presjeka u niskogradnji (poprečnih i uzdužnih profila) da oni sadržavaju velik broj standardnih oznaka (visine, dubine, odmaci, dodatni grafički sadržaji). Programi za projektiranje u niskogradnji automatski generiraju velik broj dodatnih oznaka (manualno dodavanje nije prihvatljiva opcija). Svi sudionici u kasnijim fazama naučili su na takve prikaze i oni su osnova svih njihovih daljnjih aktivnosti.

Iz navedenih razloga u niskogradnji samo 3D model neke građevine nikada neće biti dovoljan za brzo i cjelokupno razumijevanje projekta. Kod naprednih aplikacija za projektiranje u niskogradnji sve se informacije mogu pridružiti elementima BIM modela, ali aplikacije koje analiziraju BIM model ne mogu prikazati uzdužne profile ili poprečne presjeke na način koji je uobičajen. Moguće je da će se s vremenom ta funkcionalnost razviti, ali trenutačna računalna podrška to ne omogućuje.

Postavlja se pitanje može li BIM model u većoj mjeri biti osnova za rad u daljnjim fazama procesa. Ako se prisjetimo toga da je BIM model definiran kao 3D prikaz neke građevine s pridruženim podacima različitih tipova, onda je rješenje relativno jednostavno. Naime, sve relevantne 2D nacрте projekta može se inteligentno povezati s elementima BIM modela. To znači da se, na primjer, os ceste može povezati s uzdužnim profilom te ceste u PDF formatu ili da se poprečna os ceste u 3D modelu može povezati s 2D poprečnim profilom.

U softverima za pregledavanje i analizu BIM modela (3D koordinacija, na primjer, *Navisworks*) moguće je jednostavno pregledavati pridružene dokumente, na primjer, uzdužne ili poprečne profile. Ta funkcionalnost uvelike pomaže u kompletiranju informacija BIM modela i omogućuje jasan prikaz bitnih parametara građevine. Funkcionalnost povezivanja elemenata BIM modela i proizvoljnih dokumenata postoji u naprednim

aplikacijama za projektiranje u niskogradnji (npr. *Civil 3D*, *Urbano*). Kod povezivanja 3D modela (BIM modela) s dodatnim dokumentima treba voditi računa o tome da je omogućen pristup dodatnim dokumentima, odnosno da je veza na dokument iz BIM modela ispravna (na primjer, i BIM model i svi povezani dokumenti trebali bi biti unutar CDE platforme). Očekuje se da će u budućnosti ta funkcionalnost biti bolje razvijena odnosno da će se određena povezivanja moći obaviti u cijelosti automatski.

7.2.3 Odnos projekta i BIM modela na infrastrukturnim projektima

Pojam projekta obuhvaća sve sadržaje koji su rezultat procesa projektiranja. Projekt obuhvaća sve elemente, pridružene informacije i međusobne relacije. BIM model također se definira kao skup elemenata projekta, međusobnih relacija i informacija. Postavlja se pitanje je li BIM model u cijelosti skup svih podataka i informacija u projektu, odnosno je li iz BIM modela moguće dobiti sve relevantne informacije o projektiranoj građevini. BIM model osnova je zajedničkoga rada svih sudionika u projektu i na njemu se izvode standardni BIM postupci (analiza kolizija, procjena količina, vremenska analiza).

Osnovna teza jest da je BIM model podskup ili dio ukupnoga projekta. U tijeku projektiranja projektanti definiraju sve neophodne elemente, zadaju i računaju velik broj podataka. Svi se ti podaci ne moraju neophodno nalaziti u BIM modelu. Osnovna ideja količine i karaktera pridruženih informacija u BIM modelu jest ta da sudionici u kasnijim fazama projekta (izvedba, održavanje) imaju dovoljno informacija za aktivnosti za koje su zaduženi. To znači da BIM model ne može biti zamjena za projekt, odnosno da će uvijek postojati i projekt i BIM model koji će paralelno egzistirati. Kod kreiranja BIM modela treba se uvijek rukovoditi njegovom svrhom jer će to definirati njegov sadržaj i točnost.

Ako se prihvati to da projekt i BIM model postoje paralelno i da je BIM model dio projekta, treba voditi računa o tome:

- kada se izrađuje BIM model i kreira li se BIM model paralelno s projektom ili se radi naknadno
- jesu li projekt i BIM model u dinamičkoj vezi (svaka promjena projekta uzrokuje i promjenu BIM modela)
- imaju li softveri koji se koriste dovoljno funkcionalnosti za kreiranje željenoga i točnoga BIM modela na temelju projektnoga modela.

Pozicija BIM modela, odnosno način njegova kreiranja, različita je u područjima visokogradnje i niskogradnje. Zahvaljujući zrelim i funkcionalnim softverskim alatima u visokogradnji, o kreiranju BIM modela ne razmišlja se u fazi projektiranja, već je on jednostavno sadržan u projektnome modelu. U niskogradnji, u ovome trenutku, izrada BIM modela zahtijeva korištenje više tehnologija i softverskih rješenja gdje je interoperabilnost izazov.

7.2.4 Kreiranje BIM modela u infrastrukturnim projektima

Ako se prihvati prethodno opisani odnos BIM modela i projekta, ključno je pitanje kako se može kreirati BIM model. U ovoj analizi držat ćemo se faze izrade glavnih projekata gdje BIM model ima višu razinu razvijenosti. Pogrešan je pristup prema kojemu se BIM model kreira kada je projekt u cijelosti završen i prema kojemu tek potom počne izrada 3D modela uz dodavanje odgovarajućih podataka. BIM model temelj je zajedničkoga rada većega broja sudionika i jako je korisno da BIM model postoji i u ranijoj fazi projekta. Jedna od osnovnih teza BIM pristupa jest otkrivanje mogućih problema i nekonzistentnosti u ranijim fazama procesa. Da bi taj zahtjev bio zadovoljen, BIM model trebao bi biti (do određene razine razvijenosti) dostupan i prije nego što je glavni projekt gotov. S razvojem projekta, definiranjem svih potrebnih sadržaja i dijelova nadopunjuje se i razvija i BIM model. U pojedinim fazama projekta, što se definira izvedbenim planom (BEP), BIM model služi za koordinaciju i neke BIM postupke. Vrlo je korisno to da se BIM model automatski ili jako brzo prilagođuje trenutačnome razvoju projekta i da on predstavlja relevantnu sliku projekta u trenutačnoj fazi.

S obzirom na trenutačnu funkcionalnost softverskih rješenja, specifičnosti u niskogradnji (na primjer, važnost 2D nacrtu) te složenost građevina niskogradnje, mora se prihvatiti to da se kompletan BIM model ne može dobiti potpuno automatski, već da ga treba dorađivati u više aplikacija. Na primjer, predloženi tijek rada koji sugerira *Autodesk* jest da se projekti prometnica izvode u softveru *Civil 3D*, a da se objekti (mostovi, tuneli) modeliraju u programu *Revit*. Dodatno, za neke dijelove projekta mogu se koristiti i drugi softveri (na primjer, *Urbano* za cijevne sustave).

U projektiranju u niskogradnji postoje dvije skupine aplikacija za projektiranje cesta: napredne i tradicionalne. U naprednim aplikacijama (za ceste *Civil 3D* ili *OpenRoad*, za cijevne sustave *Urbano*) 3D model, a time i BIM model, nastaje paralelno s tijekom projektiranja. 3D model kontinuiran je i postaje detaljniji s razvojem pojedinih segmenata projekta. Dinamičan je, odnosno automatski se ažurira sa svakom promjenom u projektu. U tradicionalnim aplikacijama (*Plateia*, *Card...*) 3D model gradi se iz poprečnih profila, odnosno on je točan na mjestima gdje su definirani poprečni profili, dok se između njih 3D model interpolira. Tako dobiven 3D model, a time i BIM model, može biti prihvatljiv za određene namjene, no točnost mu ovisi o broju poprečnih profila/osi. Ponekad je potrebno definirati velik broj poprečnih profila/osi da bi se dobila zadovoljavajuća točnost 3D modela.

Nije moguće bezuvjetno preporučiti određeni softver za projektiranje u niskogradnji kao idealno rješenje u BIM poduprtom projektiranju. Napredni parametarski 3D softveri poput *Civila 3D* ili *OpenRoad* složeniji su za korištenje, često nisu u cijelosti prilagođeni hrvatskim standardima ili projektnim postupcima, zahtijevaju veće računalne resurse i slično. Tradicionalni softveri za projektiranje dobro su prihvaćeni i prilagođeniji za projektiranje do razine glavnoga projekta u Hrvatskoj, ali kreiranju 3D modela, a time i BIM modela, treba pristupiti pažljivo s obzirom na njegovo kreiranje iz poprečnih profila (pitanje preciznosti i dinamičnosti).

Bez obzira na odabir tehnologije, implementacija BIM pristupa u softverima za projektiranje mora se poboljšati i u budućnosti se očekuje dinamičan razvoj novih tehnologija i funkcionalnosti. To se osobito mora dogoditi u području interoperabilnosti, odnosno prijenos dijelova projekata u različite aplikacije mora biti bolji.

7.2.5 Upute za kreiranje BIM modela u infrastrukturnim projektima

U prethodnim poglavljima zaključeno je to da je BIM model podskup cjelokupnoga projekta, odnosno da ima one sadržaje i informacije koji su odabrani. Na koji način postaviti kriterije pri izradi BIM modela? Potrebno je voditi računa o sljedećim pitanjima:

- Čemu služi BIM model?
- Koje će se aktivnosti obavljati u njemu?
- U kojoj ili kojim fazama će se koristiti?
- Koji elementi i koje informacije se moraju nalaziti u BIM modelu?
- Koja je potrebna razina razvijenosti (LOD)?
- Kakva je obučenost i znanje djelatnika u kreiranju BIM modela?
- U projektiranju svake građevine sudjeluje više sudionika različitih struka. Može li se kod svih sudionika računati na pravilan doprinos izradi cjelokupnoga BIM modela?
- Koje su mogućnosti softvera koji se trenutno koristi u kreiranju BIM modela?

Odgovori na neka od pitanja sadržani su, eksplicitno ili implicitno, u ugovornim dokumentima naručitelja (*Employer Information Requirements* – EIR; Zahtjev naručitelja). Projektanti moraju definirati kako će zadovoljiti zahtjeve naručitelja kroz izvedbeni plan (*BIM Execution Plan* – BEP; BIM izvedbeni plan). Dokumenti EIR i BEP detaljnije su opisani u zasebnim poglavljima ovih smjernica.

Razina razvijenosti (LOD) također je sadržana u EIR-u. Obično se postavlja općeniti zahtjev za LOD, na primjer, u glavnim projektima za LOD 300. U ovoj publikaciji LOD za pojedine elemente BIM modela u niskogradnji detaljno je opisan u zasebnome poglavlju

Pitanja vezana za obučenost, motiviranost i odgovarajući doprinos svih sudionika izradi BIM modela rješavaju se pravilnom implementacijom BIM pristupa u poduzeću (ili skupini poduzeća). Ta je tema obrađena u zasebnome poglavlju ove publikacije.

O specifičnostima softvera koji se koriste u niskogradnji s obzirom na kreiranje BIM modela s konceptualne strane već je ponešto napisano. Također su u zasebnome poglavlju ove publikacije detaljnije opisana pojedina softverska rješenja koja su dominantna na hrvatskome tržištu s obzirom na faze projektiranja (od idejnoga rješenja do glavnih i izvedbenih projekata).

Može se još jednom istaknuti to da je u ovome trenutku neophodno koristiti više softvera za kreiranje cjelokupnoga BIM modela. To pred projektante svakako postavlja nove zahtjeve u smislu implementiranja novih softvera. Potrebno je pažljivo analizirati postojeće softvere, utvrditi do koje se mjere mogu učinkovito koristi-

ti u kreiranju BIM modela odnosno šire u pravilnome tijeku procesa u okružju BIM poduprtoga projektiranja. Pred svim proizvođačima softvera stoje zahtjevi za poboljšanjima koja se odnose na BIM funkcionalnost. To se posebno odnosi na interoperabilnost, odnosno na komunikaciju među različitim softverskim proizvodima. U budućnosti se očekuje dinamičan razvoj novih funkcionalnosti i softverske kuće moraju kvalitetno odgovoriti na povećane zahtjeve tržišta. Projektanti moraju dobro procijeniti sve aspekte eventualne promjene već usvojenoga softverskog rješenja.

7.2.6 Integralni BIM model. Agregatni model.

U prethodnim poglavljima opisani su BIM modeli, specifičnosti njihova kreiranja u niskogradnji i mogućnosti softvera najčešće korištenih za projektiranje u niskogradnji s obzirom na kreiranje BIM modela. U praksi se svaka složena građevina niskogradnje (na primjer, cesta) sastoji od više sastavnih dijelova. Projekt ceste ima mogućnost geometrijskoga i funkcionalnoga rješavanja prometnice, odvodnje, prometne signalizacije, dodatnih objekata (potporni zidovi, mostovi, propusti, prijelazi), dodatnih instalacija... Svaki od navedenih dijelova projekta ne može se promatrati odvojeno, već su oni uvijek u nekome odnosu s ostalim dijelovima projekta. Konačni cilj implementacije BIM pristupa jest taj da svi projektanti rade na jedinstvenome BIM modelu, no taj koncept mogao bi biti primjenjiv u daljnjoj budućnosti kada paradigma postojećih softverskih rješenja i tehnologija bude znatno promijenjena. Često se taj cilj poistovjećuje sa završnom fazom implementacije BIM pristupa (BIM razine 3). U ovome je trenutku ideja integralnoga BIM modela na kojemu bi svi sudionici radili u realnome vremenu istodobno prilično daleka. Trenutačno se skupni BIM model radi po modelu agregatnoga pristupa. Svaki sudionik, koji je dio projektnoga tima, doprinosi izgradnji BIM modela svojim sadržajima. Potrebno je da svi sudionici imaju dobro definirana pravila kreiranja sadržaja. Obično su ta pravila definirana u BIM izvedbenome planu (BEP).

Neki od kriterija koji moraju biti definirani za sve sudionike projekta jesu:

- koordinatni sustav
- sadržaj dijela BIM modela (izbjegavati nepotrebne dijelove koji bi opteretili agregatni model)
- razina razvijenosti (LOD, LOI...)
- formati datoteka koji se koriste u kreiranju agregatnoga modela (IFC, NWC, DWG, RVT...)
- konvencija imenovanja.

Ako svaki sudionik zadovolji zadane kriterije i uvjete, kreiranje agregatnoga BIM modela vrlo je jednostavno u odgovarajućim softverima za 3D koordinaciju (na primjer, *Navisworks*). Moderni softveri za 3D koordinaciju automatski ažuriraju agregatni BIM model prema promijenjenim sastavnim dijelovima. Korištenje CDE platformi omogućava to da u formiranju agregatnoga BIM modela ravnopravno sudjeluju svi sudionici, bez obzira na to gdje se nalaze.

7.3 Tranzicija BIM modela u različitim fazama projekta

7.3.1 Uvod

U projektiranju građevina niskogradnje pet je osnovnih faza:

- idejno rješenje
- idejni projekt
- glavni projekt
- izvedbeni projekt
- projekt izvedenoga stanja.

Karakteristike svake od tih faza dobro su poznate svim sudionicima u graditeljskim projektima te njihov detaljniji opis nije potreban, no u nastavku analizirani su karakter, sadržaj i svrha BIM modela koji nastaju u tim fazama. Softverska rješenja za svaku od tih faza nisu detaljnije opisana u ovome poglavlju jer su detaljno opisana u zasebnome poglavlju ovih smjernica.

7.3.2 BIM model u fazi idejnih rješenja i idejnih projekata

Za idejna rješenja i idejne projekte najbolje je koristiti softvere dostupne za takozvano konceptualno projektiranje. Predstavnici te skupine softvera su *Autodesk Infraworks* ili *Bentley SiteOps*. Postoje i drugi softveri, ali oni nisu u široj uporabi u Hrvatskoj.

Karakteristika tih softvera jest ta da omogućuju jednostavan unos podloga i datoteka iz raznih izvora i time omogućuju kvalitetno okruženje za konceptualno definiranje građevina niskogradnje, na primjer, ceste ili objekata na cesti – mostova, tunela, odvodnje. Softveri su parametarski, u cijelosti rade u 3D okruženju, a omogućuje standardne 2D prikaze (uzdužne i poprečne profile). Nemaju razrađenu funkcionalnost za zadavanje i pregledavanje dodatnih podataka koje bi eventualno obogatile BIM model, međutim u ovoj fazi to i nije tako važno. Ako se pak interni model želi eksportirati u neki od prihvaćenih BIM standardnih formata, to uglavnom nije moguće, na primjer, iz programa *Infraworks* nije moguće eksportirati IFC ili neki drugi format koji bi zadržao relacije i osobine elemenata građevine. Moguće je jedino zapisati model u standardnim 3D formatima i koristiti ga za potrebe vizualizacije.

Komunikacija tih softvera s drugim softverima istoga proizvođača kvalitetnija je i kroz interne formate omogućava prenošenje inteligentnoga modela i većeg broja informacija. Na taj način, na primjer, *Infraworks*, ima vezu s programima *Civil 3D* i *Revit* (format IMX).

BIM model dobiven u tim softverima ima svoju ulogu u fazama koje prethode detaljnome projektiranju (glavni projekti), međutim nije realan scenarij da će se model iz te faze učitati u neki softver za detaljno projektiranje i tamo samo dorađivati. To jednostavno nije smisao ni faze projektiranja (idejna rješenja, idejni projekti), niti to softveri omogućavaju. Ako se analizira tijek rada u *Autodeskovim* softverima, prilično složen i kvalitetan model moguće je kreirati u *Infraworks*u, međutim on ne može biti realna osnova za izradu BIM modela u *Civilu 3D* ili *Revitu* (objekti). Preciznost modela nije dovoljno visoka da bi se dobiveni model modificirao i doradio te postao BIM model detaljnoga projekta.

U najboljem slučaju BIM model dobiven spomenutim softverima u idejnim rješenjima i idejnim projektima može poslužiti kao ilustracija za kreiranje BIM modela više razine razvijenosti koja se očekuje u BIM modelima te faze.

7.3.3 BIM model u fazi glavnih projekata

S obzirom na prethodno iznesena znanja i stajališta, preporuča se to da se BIM model za razinu glavnoga projekta počinje izrađivati od početka. O karakteru BIM modela u fazi glavnoga projekta već je dosta toga napisano u prethodnim poglavljima. Važno je ponoviti to da BIM model u fazi glavnoga projekta uobičajeno radi veći broj sudionika po vertikalnome ili horizontalnome principu podjele. Horizontalni princip podjele dijeli neku veću ili dužu građevinu, na primjer, cestu, na dionice pa sudionici koordinirano, ali samostalno projektiraju dijelove građevine. Vertikalni princip podjele dijeli neku građevinu ili dionicu građevine po sadržajima, na primjer, na cestu, odvodnju, objekte, signalizaciju ili vodove.

Uobičajeno jest to da u obje vrste podjele sudionici koriste različite softvere i tehnologije. S obzirom na tu činjenicu, vrlo je važno dobro dogovoriti principe koordiniranosti i suradnje. Obično su ti principi dogovoreni načelno kroz izvedbeni plan (BEP), međutim često je potrebno definirati i vrlo detaljne mehanizme suradnje, koordinacijske i komunikacijske formate i slično. Jako je važno imati mogućnost kreiranja skupnoga BIM modela i u ranijim fazama izrade glavnoga projekta. U prethodnome tekstu spomenuto je to da bi trebalo izbjegavati princip rada prema kojemu se s izradom BIM modela počne nakon što projektiranje završi. Cjeloviti BIM model u obliku i sadržaju koji slijedi razvoj glavnoga projekta trebao bi se moći jednostavno kreirati. Takav BIM model potom može biti temelj za neke od klasičnih BIM analiza (djelomična primjena). S obzirom na stupanj razvoja BIM implementacije, u ovome je trenutku jedini mogući koncept kreiranje agregatnoga BIM modela u softverima za 3D koordinaciju. Svaki sudionik u projektu svoj sadržaj daje prema pravilima koja se definiraju u prikladnome formatu i razini razvijenosti i svi ti sadržaji “slažu” se u integralni model u softverima za 3D koordinaciju (na primjer, *Navisworks*).

Svrha dobivenoga BIM modela mora biti jasna i nedvosmislena kroz sve početne dokumente (EIR i BEP). Na primjer, BIM model može biti osnova za analizu kolizija, proračun količina ili analizu tijeka gradnje (4D). S ob-

zirom na te zahtjeve cijeloga modela, svi dijelovi BIM modela također moraju zadovoljiti postavljene zahtjeve. Na karakter i sadržaj BIM modela u fazi glavnih projekata velik utjecaj imaju ugovorni pristupi koji su prethodno opisani. Naime, u uobičajenom pristupu odvojenoga ugovaranja (*Design – Bid – Build*), projektanti nemaju detaljnih informacija o tehnologiji izvođača radova, načinu njegova rada i mogućim resursima. Time je i BIM model “siromašniji” u svojem sadržaju, odnosno nije moguće realno provoditi neke od poznatih BIM analiza, na primjer, vremensku analizu. U drugim ugovornim pristupima poput integralnoga ugovaranja (engl. *Design Build*) BIM model mogao bi biti puno detaljniji, a time i primjereniji za kvalitetnije analize. S obzirom na to da u projektiranju sudjeluju predstavnici izvođača, ukupni je projekt, a time i BIM model, spremniji za izvođenje.

7.3.4 BIM model u fazi izvođenja (izvedbeni projekt)

U pristupu odvojenoga ugovaranja (engl. *Design Bid Build*) glavni projekt, a time i BIM model kao njegov podskup, nije u cijelosti prilagođen planiranoj ili primijenjenoj tehnologiji izvođenja radova. Naime, izvođač se uvodi u cijeli proces tek kada je glavni projekt gotov. Izvođači na temelju glavnoga projekta daju ponude za izvođenje uz prilagodbu i razradu nekih dijelova projekta koji ovise o tehnologiji i resursima koje posjeduju. Na temelju glavnoga projekta često je potrebno izraditi izvedbeni projekt. U praksi u niskogradnji određeni dijelovi projekta više se detaljiziraju, što se posebno odnosi na objekte (mostove, tunele, potporne zidove). Prema trenutačnoj praksi, izvođač ugovara izradu izvedbenoga projekta s projektantima. Optimalno je da se izvedbeni projekt ugovara s projektantskom kućom koja je izrađivala glavni projekt, međutim moguće su iznimke. Ako je BIM model izrađen u fazi glavnoga projekta i ako on zadovoljava sve postavljene kriterije, načelno bi bilo moguće doraditi BIM model izvedbenoga projekta, odnosno povećati mu razinu razvijenosti (LOD). S obzirom na to da je BIM model općenito podskup projekta, također bi bilo optimalno da BIM model u izvedbenome projektu doradi inicijalni kreator BIM modela u glavnome projektu. U doradi BIM modela glavnoga projekta trebaju sudjelovati i predstavnici izvođača. Moguća je i opcija da izvođač samostalno, ako ima resursa za to, doradi BIM model za fazu izvođenja. S obzirom na to da je implementacija BIM pristupa u niskogradnji u začetku i da je potrebno dosta vremena (nekoliko godina) da počne izvođenje na temelju glavnoga projekta, moguća je situacija da BIM model ne postoji. U tome se slučaju, ako investitor zahtijeva izradu BIM modela, on mora izraditi otpočetak, na temelju glavnoga odnosno izvedbenoga projekta.

U tim uvjetima često se pojavljuju problemi intelektualnoga vlasništva. Naime, da bi se BIM model izradio na temelju glavnoga ili izvedbenoga projekta, nije dovoljno imati projekt u tradicionalnome obliku, na papiru ili u PDF formatu. BIM model dio je cjelokupnoga projekta i može se kreirati jedino ako ima inteligentne elemente iz projekta (digitalni model terena, osi, poprečni i uzdužni profili). U takvim situacijama ključna je uloga investitora koji kroz ugovornu dokumentaciju mora osigurati isporuku kvalitetnih digitalnih dijelova projekta na temelju kojih se može napraviti BIM model.

7.3.5 BIM model izvedenoga stanja

BIM model izvedenoga stanja predstavlja doradu BIM modela iz glavnoga projekta ili izvedbenoga projekta (ako postoji). Za njegovu izradu mjerodavan je izvođač koji ga može samostalno kreirati ako posjeduje resurse ili izradu može ustupiti nekom drugom autoru. BIM model izvedenoga stanja rezultat je kontinuiranog praćenja aktivnosti građenja, eventualnih promjena i dodavanja informacija koje su poznate jedino u tome procesu. BIM model izvedenoga stanja nastaje postupno i kontinuirano. Slično kao i kod nekih drugih procesa, neracionalno bi bilo početi izrađivati BIM model izvedenoga stanja po završetku građenja. Ako se BIM model izvedenoga stanja kontinuirano izrađuje odnosno dorađuje, u svakom je trenutku moguće koristiti BIM model za standardne BIM postupke poput vremenske analize (4D analize) ili troškovne analize (5D analiza). Na temelju BIM modela izvedenoga stanja svi sudionici u građenju, osobito investitori, imaju u svakome trenutku informacije o tijeku projekta i ispunjavanju postavljenih planova. Krajnja verzija BIM modela izvedenoga stanja temelj je za investitora odnosno korisnika izvedene građevine i njegova sustava upravljanja imovinom i održavanjem (engl. *Asset Management*).

8 Osnovni BIM dokumenti

8.1 Specifikacija zahtjeva naručitelja za BIM (EIR)

Prema standardu PAS 1192, početak tijeka informacija u nekome projektu počinje fazom potrebe. Nakon što naručitelj zaključi da mu je BIM projekt potreban, u skladu sa svojim potrebama treba definirati koje sve informacije taj BIM projekt treba sadržavati te na koji će način on biti isporučen. Ti podaci definiraju se u dokumentu koji se naziva Specifikacija zahtjeva naručitelja (engl. **Employer's Information Requirements – EIR**). EIR je sastavni dio natječajne dokumentacije / projektnoga zadatka i služi kao ulazna informacija pri izradi izvedbenog plana BIM poslova (BEP). Svaki EIR sastoji se od triju područja: tehničkog, upravljačkog i poslovnog (Tablica 6). U tehničkome dijelu definiraju se alati koji će se koristiti u projektu, razina detaljnosti skupina elemenata u BIM modelu (LOD), referentni koordinatni sustav i drugo. Upravljački dio sadržava informacije kao što su standardi i procesi koji trebaju biti zadovoljeni, načini koordinacije ili provjere kolizija. Poslovni dio definira načine i rokove isporuke BIM modela.

Tablica 6. Dijelovi EIR-a (Opće smjernice za BIM pristup u graditeljstvu, HKIG, 2017)

TEHNIČKO PODRUČJE	UPRAVLJAČKO PODRUČJE	POSLOVNO PODRUČJE
- Softverske platforme - Formati datoteka - Zajedničke koordinate - Razina projekta i razine razvijenosti (LOD) - Edukacija	- Propisi i standardi - Sudionici, uloge i odgovornosti - Planiranje rada i prikupljanja podataka - Sigurnost i zaštita podataka - Koordinacija i proces kontrole kolizija - Načini suradnje - Upravljanje zdravstvenim i sigurnosnim aspektima projekta građevine - Ograničenja sustava - Usklađenosti (osiguranje kvalitete, norme) - Strategija unosa i isporuke informacija za upravljanje građevinama (FM)	- Rokovi isporuke informacija - Strateški ciljevi Naručitelja - Načini isporuke BIM modela - Procjena sposobnosti za BIM specifičnosti

Od ključne je važnosti to da se svi sudionici u projektu pridržavaju EIR-a. U nastavku prikazan je primjer EIR-a za jedan infrastrukturni projekt.

Izrada BIM modela za glavne projekte

Općenito

Glavni projekt skup je međusobno usklađenih projekata više struka i temelj za ishođenje građevinske dozvole kao i za ugovaranje građenja. Izrada projektne dokumentacije za ishođenje građevinske dozvole i dalje se izrađuje u skladu sa Zakonom o prostornom uređenju, Zakonom o gradnji, posebnim propisima, tehničkim specifikacijama i pravilima struke te smjernicama danih u poglavljima "Glavni građevinski projekti", "Glavni projekti instalacija" te "Prometni elaborati" u ovome projektnom zadatku. Tijekom izrade glavnih projekata paralelna izrada BIM modela omogućuje bolji uvid u projektirana rješenja i u potrebu njihovih korekcija radi poboljšanja i optimizacije projektnih rješenja. Dodatno, s obzirom na to da je glavni projekt skup projekata više struka, BIM model u toj fazi izrade projektne dokumentacije osobito je važan alat za komunikaciju i razmjenu podataka među angažiranim projektantima i glavnim projektantom u cilju učinkovite provjere međusobne usklađenosti svih dijelova projektne dokumentacije. Izrada BIM modela za glavne projekte u pravilu ne znači nastavak rada na BIM modelima koji su formirani tijekom razrade idejnih rješenja i idejnih projekata, već predstavlja zaseban skup podataka neposredno vezan uz projektna rješenja iz glavnih projekata. Budući da

pri izradi glavnih projekata u pravilu sudjeluje više projekatanta različitih struka, sama struktura BIM modela prati strukturu izrade glavnih projekata te se složeni BIM model cjelokupne građevine sastoji od podmodela svake struke zasebno. Svaki podmodel kao i ukupni model moraju biti definirani u koordinatnome sustavu HTRS96/TM.

Odnos BIM modela i pojedinih dijelova glavnoga projekta

Kod izrade BIM modela za razinu glavnih projekata osobito je važno to da BIM model mora biti u cijelosti u skladu s tehničkim rješenjima u glavnim projektima, koji se izrađuju u različitim programskim paketima (za trasu ceste, objekte, odvodnju, instalacije, prometna oprema i drugo). BIM model u pojedinim segmentima može biti pojednostavljen u odnosu na dijelove glavnoga projekta prikazane raznim detaljima ili normalnim poprečnim presjecima. Precizno 3D modeliranje svih elemenata glavnoga projekta dovelo bi do previše složenih modela čije bi kreiranje zahtijevalo jako puno vremena. Zato su u nastavku dane smjernice koje određuju traženi minimum razrade modela za pojedine vrste projekata. Kada je to moguće, potrebno je koristiti tehnologiju povezivanja 2D nacrtu, detalja i ostalih dokumenata s elementima BIM modela, na primjer, pridružiti modelu 2D poprečni presjek na određenoj stacionaži ili detalj izrade revizijskoga okna, slivnika i sličnog. Uobičajeni način rada takav je da projektanti pojedinih dijelova građevine periodički, a najmanje jednom na mjesec tijekom rada na razradi projektnih rješenja, isporučuju svoj dio građevine, koristeći CDE platformu – poglavlje isporuka. Glavni projektant preuzima tako pripremljene podatke i njih pridružuje složenome modelu radi pregleda, kvantifikacije, tehničke evaluacije i koordinacije rada na projektu. Dobiveni model prezentira se voditelju projekta kojega su imenovali glavni projektant naručitelja ili projektanti pojedinih dijelova građevine, ako je to potrebno.

Sadržaj BIM modela za razinu glavnih projekata

Sadržaj BIM modela dan je za različite skupine radova

Geodetski radovi

Model postojećega stanja izrađuje se na temelju digitalnoga modela reljefa (DMR). Koriste se podaci dobiveni iz geodetskoga snimka postojećega terena (točke i lomne linije), koji se koriste i za izradu glavnoga projekta. Dobiveni model mora biti u koordinatnome sustavu HTRS96/TM. Osnovna svrha BIM modela u toj fazi jest ta da služi za tehničku koordinaciju i komunikaciju među sudionicima uključenima u izradu glavnoga projekta. Ako se dodatno traži izrada vizualizacije sa širim obuhvatom terena, gdje preciznost nije u prvome planu, moguće je DMR nadopuniti (proširiti) podacima manje točnosti te projiciranim ortofoto kartama.

Geotehničke jedinice i geotehnički model tla

Ako postoje rezultati geotehničkih istraživanja i ispitivanja, potrebno ih je unijeti u model u što ranijoj fazi projekta. Rezultati se unose u koordinatnome sustavu HTRS96/TM na model postojećega stanja. Istražne sonde (istražna bušotina, CPT sonda ili drugo) unosi se u model kao *solid* element s atributnim podacima (fotodokumentacija, oznaka geotehničkoga elaborata, geotehničke jedinice i model, rezultati terenskih ispitivanja i drugo). Granice geotehničkih jedinica i geotehnički model terena te podaci o podzemnoj vodi unose se u model kao *surface* elementi, pogotovo na poziciji objekata (temelja, građevnih jama i drugo). Ako nema dovoljno podataka za prostornu i lineranu interpolaciju geotehničkoga modela tla, podaci se unose na poziciji sonde u širini od 15 m.

Geotehnički projekti i zemljani radovi

Sve zemljane radove potrebno je modelirati po faznosti izvedbe i po vrsti (uklanjanje humusa, uređenje temeljnoga tla, zamjena, geosintetici, nasipavanje, iskop, tamponski sloj i drugo), a elementima dodati potrebne atributne podatke (projektom tražena zbijenost, tehnički zahtjevi za materijal, maksimalna debljina sloja, tehnički podaci geosintetika i drugo).

Geotehničke konstrukcije i njihove elemente (geosintetici, piloti, mlazni beton, mlazno injektirani stupnjaci, šljunčani stupnjaci, sidra, procjednice i drugo) potrebno je modelirati na točno projektiranim pozicijama sa svim atributnim podacima (tehnički zahtjevi za materijale i ugrađene elemente, antikorozivna zaštita i drugo)

Projekti prometnih površina i kolničke konstrukcije

Sadržaj BIM modela prometnih površina minimalno mora sadržavati projektiranu završnu ravninu tijela prometnice koja sadržava sve elemente trupa ceste projektirane glavnim projektom i vidljive u situacijskome prikazu i poprečnim presjecima (kolnik, rubni trak, rubnjake, rigole, bankine, pokose, kanale, zidove i drugo). Završnu ravninu predstavlja TIN entitet (engl. *Triangulated Irregular Network*). Uz završnu ravninu potrebno je prikazati i sve ravnine koje čine kolničku konstrukciju (asfaltni slojevi, vezani i nevezani nosivi slojevi). Navedene ravnine obvezne su za sve dijelove projektirane trase (npr. rampe, priključci) kao i za dijelove obuhvaćene raskrižjima (npr. ploha kružnog raskrižja). Za manje važne trase (npr. poljski putovi) dovoljno je dati samo završnu ravninu. Uz ravnine pridružuju se i atributni podaci, koji moraju sadržavati minimalno sljedeće informacije: vrstu i debljinu sloja (npr. 4 cm AC 11 surf 50/70 AG2 M2). Ako je to potrebno, BIM model moguće je nadopuniti dodatnim atributnim podacima (npr. faza izgradnje, tip gradnje ili slično). S obzirom na to da dostava TIN-a predstavlja minimum za formiranje modela prometnih površina, poželjna je dopuna opisanoga modela 3D tijelima (*solidima*) u formatu dwg. Primjenom *solida* (tijela) stiče se bolji i plastični uvid u projektirana rješenja. Iz projektiranoga modela preporuča se izvesti sljedeća tijela: sve slojeve kolničke konstrukcije, rubnjake, rigole, rigolice i slično zajedno s pripadajućim betonskim oblogama/podlogama, potpornim zidovima i sličnim.

Projekt odvodnje i vodozaštite

Projektirani otvoreni kanali prikazuju se kao završna ravnina (TIN), slično kao i kod projekta trase, a na jednak način prikazuju se i iskopi za, na primjer, lagune. Zatvoreni sustavi odvodnje prikazuju se u projektiranim dimenzijama kao 3D tijela. Potrebno je prikazati cjevovode sa stvarnim vanjskim promjerom te okna s projektiranim dimenzijama (vanjski gabariti).

Ako projekt odvodnje sadržava i neke druge čvrste objekte (npr. crpne stanice, separatori, čeonci zidovi), također se formira 3D tijelo s projektiranim vanjskim gabaritima koje treba biti pojednostavljeno, bez suvišnih detalja. Izvezenim podacima pridružuju se atributni podaci, koji minimalno sadržavaju materijal i promjer cijevi te materijal i dimenzije okna. Ako je to potrebno, moguće je nadopuniti BIM model i dodatnim atributnim podacima (npr. faza izgradnje, tip gradnje ili slično).

Projekti objekata

Objekti se prikazuju kao 3D elementi s točnim dimenzijama koje se mogu izmjeriti iz elementa (*LoD 300*). Elementima se pridružuju svi potrebni atributni podaci (npr. kvaliteta betona, tip izgradnje, faznost). Posebnu pozornost treba posvetiti uklapanju objekata u ukupni BIM model, odnosno u koordinatni sustav cjelokupnoga BIM modela (točka insertiranja, orijentacija).

Projekti zaštite od buke

Zidovi za zaštitu od buke vrlo su važan element u kreiranju BIM modela jer svojim gabaritima (osobito temelji) bitno utječu na raspoloživi prostor u zoni bankine za ostale elemente građevine. Građevine za zaštitu od buke prikazuju se kao 3D elementi s točnim dimenzijom temelja i visinom zida (*LoD 300*). Elementima se pridružuju svi potrebni atributni podaci (npr. materijal, tip izgradnje, faznost). Posebnu pozornost treba posvetiti uklapanju građevina za zaštitu od buke u ukupni BIM model, odnosno u koordinatni sustav cjelokupnoga BIM modela (točka insertiranja, orijentacija).

Projekti krajobraznoga uređenja

Ako se to traži, sastavni dio ukupnoga BIM modela mogu biti elementi krajobraznoga uređenja. Ti su elementi potrebni u slučaju specifičnih analiza poput provjere preglednosti (trasa ili raskrižje). Elementi krajobraza prikazuju se kao 3D elementi s približnim dimenzijama (*LoD 200*). Elementi krajobraza unose se kao gotovi 3D elementi (stabla i slično) iz dostupnih knjižnica i izvora. Elementima se pridružuju svi potrebni atributni podaci (tip elementa, vrsta i slično).

Projekti prometnih znakova signalizacije i opreme

Pojedini elementi prometne opreme sastavni su dio BIM modela. To su zaštitne ograde, temelji prometnih znakova (na osjetljivim lokacijama – čvorišta) i prometni znakovi većih gabarita (npr. oznake obavijesti za vođenje prometa). Ti elementi BIM modela služe za provjeru kolizije, provjeru radne širine, smještanje u predviđene koridore, provjeru preglednosti i slično. Ključni elementi prometne opreme prikazuju se kao 3D elementi (temelji, portali) s točnim dimenzijama (*LoD 200*). Elementima se pridružuju potrebni atributni podaci (tip elementa, vrsta i slično). Ako je to moguće, preporuča se unos horizontalnih oznake na kolniku u BIM model radi bolje prezentacije i orijentacije na modelu (nije obavezno).

Projekti instalacija

U BIM model obavezno se moraju unijeti sve instalacije. Instalacije se moraju unijeti u 3D obliku s realnim dimenzijama. Prikazuju se cjevovodi, okna i slični elementi (*LoD 300*). Za vodove koje je prilikom izvođenja radova lako prilagoditi (saviti) u slučaju konflikta (npr. NN EN vodovi) dovoljno je uspostaviti vezu sa završnom ravninom prometnice (iz točke II.) te ih pozicionirati na fiksnoj dubini ispod završne projektirane razine (npr. 100 cm). Vodovima se u pravilu zadaje vanjski promjer za prikaz u modelu, međutim ako se radi o EKI instalacijama ili EN vodovima kojih se više postavlja zajedno u rov, u model se unose vanjski gabariti “snopa” instalacija kao pravokutni presjek. Atributni podaci obuhvaćaju bitne elemente ovisno o pojedinoj vrsti instalacije (npr. promjer, materijal, napon NN SN ili VN).

Način komunikacije i oblici dostave 3D BIM modela za glavni projekt

- Naručitelj će omogućiti korištenje odgovarajućeg broja licenci središnje CDE platforme preko koje će biti omogućena komunikacija. Izrađivač je obavezan koristiti tu platformu za isporuku BIM modela.
- Naručitelj je pripremio odgovarajuću strukturu mapa u koju se BIM model (sastavljen iz BIM podmodela) mora spremiti. Naručitelj je pripremio skup opisnih atributa koje treba ispuniti prilikom spremanja datoteke.
- BIM model za glavni projekt gradi se od podmodela (projekt prometnih površina, odvodnja, objekti, instalacije). Svaki je podmodel potrebno zasebno izvesti i posebno spremiti u nekom od standardnih formata (dwg, fbx, IFC). Također se mora odgovarajuće opisati (naziv datoteke, atributi datoteka).
- Izrađivač je obavezan kreirati ukupni BIM model (agregirani, složeni) i spremiti ga u nekom od standardnih formata (NWD, SMC ili slično). Složeni BIM model moguće je izraditi nekim od standardnih BIM programa, a služi za pregled, kvantifikaciju, tehničku evaluaciju i koordinaciju rada na projektu.

Ako se koristi DWG format, potrebno je voditi računa o sljedećem:

- U DWG datoteci moraju se nalaziti samo 3D elementi koji su dio BIM modela (nema drugih elemenata)
- Ako postoji nekoliko tipova BIM elemenata (npr. cijevi i okna odvodnje), potrebno je koristiti posebne *layer*e za svaku od skupina elemenata (cijevi na zasebnome *layeru*, a okna na zasebnome).
- Dopusćeni su standardni 3D elementi poput dwg solida, fbx, obj, 3ds.
- Za dodatne atributne podatke potrebno je koristiti standardne BIM podatkovne strukture koje će kod izvoza IFC formata ili čitanja 3D DWG elemenata biti uzeti u obzir (npr. *Property Data Set*).
- Ako su sastavni dio BIM modela dodatni 2D nacrti, fotografije i ostali dokumenti, potrebno je koristiti standardni tip formata (npr. PDF).

Tablica 7. Specifikacije zahtjeva naručitelja – Definicije LOD-a8.2 Izvedbeni plan BIM poslova (BEP)

Stupanj LoD-a	Opis općenito	Objašnjenje vezano uz karakteristične elemente projekta ceste
LoD 100	BIM element prikazan je kao simbol ili druga generička prezentacija. Ne propisuju se posebni atributni podaci za element, već se oni mogu izvesti iz drugih elemenata.	Osnovna prezentacija elemenata ceste u 3D obliku. Prikazani su prometni trakovi i glavni elementi poprečnoga profila ceste (npr. pokosi). Čvorišta su prikazana generički po projektiranome tipu. Digitalni model postojećega terena može biti aproksimativan (npr. na temelju digitalizacije karata). Instalacije se prikazuju jednostavnim 3D elementima - solidima (okna – valjak ili kvadar), cijev – solid. Potporni zidovi, temelji i drugi objekti prezentiraju se kao generički 3D solid elementi odnosno simboli.
LoD 200	BIM element prikazuje se detaljno. Prikaz sadržava aproksimativne dimenzije, oblik, lokaciju i orijentaciju. Atributni podaci pridruženi elementu dodatno definiraju element.	Detaljnija prezentacija ceste i čvorišta. Prikazani su prometni trakovi s nagibima i proširenjima. Za sva čvorišta definiraju se rampe i privozi zajedno s pripadajućim pokosima usjeka/nasipa. Prikazani su osnovni elementi kolničke konstrukcije (npr. ukupna debljina kolničke konstrukcije). Digitalni model terena dopunjen je stvarnim snimkom barem na kritičnim mjestima (postojeće ceste, pruge i slično). Moguće je iskazati količine usjeka/nasipa za razinu idejnoga projekta. Različiti cjevovodi prikazuju se u stvarnome obliku s 3D elementima – solidima. Potporni zidovi, temelji i drugi objekti prikazuju se u stvarnome obliku s približnim dimenzijama kao 3D solidi.
LoD 300	BIM element prikazuje se u detaljnoj i preciznoj formi. Moguće je precizno izmjeriti sve dimenzije elementa. Atributni podaci precizno i potpuno definiraju sve karakteristike BIM elementa.	Precizna prezentacija ceste u 3D obliku. Za sve prometne površine (ceste, čvorišta, staze) mora se definirati završna nivelacijska ravnina, uključujući rubnjake, rigole, bankine, jarke, pokose i ostale elemente poprečnoga presjeka. Digitalni model terena izrađen je na temelju geodetskoga snimka. Slojevi kolničke konstrukcije, rubnjaci, rigoli, potporni zidovi i slične konstrukcije definirani su kao 3D tijela (solidi). Instalacije su također definirane kao 3D solidi prema projektiranoj niveleti i stvarnim dimenzijama (promjeru). Sva okna, temelji i slične konstrukcije moraju imati stvarne projektirane gabarite, jednako kao i objekti na trasi (propusti, mostovi, tuneli). Elementima su pridružene tekstualne informacije koje ih podrobnije opisuju kao i veza na odgovarajuće grafičke priloge iz projektne dokumentacije
LoD 350	Pojedini BIM element ima sve karakteristike LoD-a 300. Daljnje detaljiranje odnosi se na druge BIM elemente (veze na druge BIM elemente)	Prikaz ceste i svih pridruženih elemenata isti je kao u LoD-u 300. Dodatno se razrađuje međusobna interakcija elemenata ceste s drugim elementima – objekti, odvodnja...
LoD 400	Pojedini BIM element ima isti stupanj kao u 300 ili 350, ali se dodatno i potpuno razrađuju svi elementi.	Pojedini elementi projekta imaju isti stupanj kao u 300 ili 350. Razrađuju se svi detalji potrebni za izvedbu (npr. izvedba armature za mostove, potporne zidove, okna, tunele i slično)
LoD 500	Detaljni BIM model izvedenoga stanja	Model izvedenoga stanja osnova je za održavanje objekta

8.2 Plan izvršenja BIM poslova (BEP)

Plan izvršenja BIM poslova jedan je od osnovnih dokumenata BIM projekta. BEP (engl. *Bim Execution Plan*) definira procese potrebne za uspješan tijek projekta te ciljeve koje se želi ispuniti pri završetku projekta. BEP-om se opisuje na koji će se način BIM model koristiti tijekom projekta, koje je predradnje potrebno poduzeti prije samoga kreiranja BIM modela te na koji će se način dijeliti informacije tijekom razrade projekta. Uz to svaki Plan izvršenja BIM poslova sadržava i opise tehnologija koje će biti primijenjene, popise članova timova odgovornih za pojedine dijelove projekta, vremenske rokove i ciljeve koje u tome roku treba ispuniti. Na kraju, možda i najvažnije, BEP opisuje zbog čega sudionici u projektu kreiraju BIM model te na koji će se način BIM model koristiti.

BEP je odgovor na sve zahtjeve naručitelja u vezi informacija koje se trebaju nalaziti u BIM modelu. Važno je napomenuti to da plan provedba BIM poslova nije zamjena za standardne dokumente potrebne za ugovaranje i definiranje projekta, već služi kao njihov dodatak. S obzirom na to da je kreiranje kvalitetnoga izvedbenoga plana zahtjevan posao za koji je potrebna određena količina vremena i stručnoga znanja, važno je da svi sudionici u projektu razumiju koristi koje će kreiranje takvoga dokumenta donijeti tijekom razrade BIM projekta:

- Na jednome mjestu nalaze se precizno definirani BIM ciljevi, što olakšava njihovo postizanje u traženome roku.
- Jasno su definirane uloge i odgovornosti članova projekta, odnosno tima.
- BEP će olakšati uvođenje novih sudionika u projekt, jer na jednome mjestu imaju naznačene procese, strategiju i ciljeve.
- Nakon što su poznati ciljevi BIM projekta, na koji način ga treba isporučiti te profil sudionika tima koji sudjeluje na BIM projektu, jednostavnije je definirati tehnologiju i alate koji će se koristiti tijekom BIM procesa.
- Propisane su vrste dokumenata koje se razmjenjuju te način i mjesto na kojemu se razmjenjuju, što ubrzava proces razmjene i sprječava gubitak informacija.

Jako je teško pronaći dva istovjetna projekta. Često postoji mnogo sličnosti, ali u detaljima se ipak razlikuju. Isto je i s BIM izvedbenim planom. Ipak, neke informacije nalaze se u većini BIM izvedbenih planova projekta.

Tablica 8. Primjer sadržaja BEP-a

Sadržaj	
1. Uvodne odredbe	Informacije o verziji BEP-a i obvezama koje proizlaze iz njegove primjene
2. Informacije o projektu	Opće informacije o projektu, ime, broj, naručitelj, sadržaj, lokacija, itd.
3. Ciljevi i zahtjevi projekta	Ukupni ciljevi, 4D faza, 5D faza, definicije LOD-ova, detaljnosti isporuke modela, itd.
4. Uloge članova tima	Članovi BIM projekta, njihove uloge, ovlasti i odgovornosti prema ulogama.
5. BIM predmet isporuke	Rokovi i načini isporuke, formati predaje dijelova projekta, priprema modela za predaju, ograničenja veličine modela, itd.
6. Suradnja na BIM projektu	Alati koji se koriste za modeliranje, CDE platforma, protokoli, struktura i ovlaštenja predaje podataka
7. Metode i procedure	Koordinate, mjerne jedinice, podjela modela, imenovanje modela, imenovanje elemenata u modelima, itd.
8. Kontrola kvalitete	Vrste kontrola modela, odgovorne osobe, preporučeni intervali i tolerancije pri eventualnim nedostacima
9. Pregled pojmova	Pregled kratica i pojmova korištenih u BIM planu izvršenja

Osnovni preduvjet za kreiranje kvalitetnoga BEP-a jest precizno definiranje točke 3. iz Tablice 8. Ako svi sudionici znaju koji su primarni ciljevi izrade BIM modela i korištenja BIM pristupa pri izradi projekta, puno im je jednostavnije odabrati odgovarajuće suradnike i alate za izradu BIM modela te, naravno, procijeniti vrijeme potrebno za ispunjenje svih zahtjeva. Ciljevi će se mijenjati s vremenom i stečenim iskustvom i potrebama naručitelja. Čest je slučaj da sudionici koji tek počinju primjenjivati BIM pristup za cilj postavljaju učenje i napredovanje pri korištenju alata, a sa svakim novim projektom i BEP-om teže k povećanju razine učinkovitosti i automatizaciji procesa koji se ponavljaju. BIM izvedbeni plan za velike projekte kao cilj uvijek ima definirano poboljšanje suradnje svih sudionika u projektu i smanjenje broja problema nastalih zbog nedostataka u projektu koji se pojavljuju pri izvedbi. U skladu s time konkretni ciljevi bili bi priprema modela za provjeru kolizija u modelu te bolja kontrola nad količinama materijala. Za izradu 4D i 5D simulacija te za pripremu modela za korištenje u fazi održavanja građevine važni su kriteriji analize i simulacije i, ako nisu definirani na samome početku projekta, mogu zahtijevati dodatni rad od sudionika u projektu. S napredovanjem tehnologije u proizvodnim procesima BIM postaje sve zanimljiviji i u proizvodnoj industriji, a neizostavan je i kod upotrebe rješenja koja primjenjuju umjetnu inteligenciju za optimizaciju procesa gradnje pa su i to sve češći zahtjevi kod izrade BIM modela. Predložak izvedbenoga plana BIM projekta nalazi se u "Općim smjernicama za BIM pristup u graditeljstvu" (HKIG, 2017) te se može koristiti i za infrastrukturne projekte.

Literatura

- [1] Arayici, Y.: Building Information Modeling, 1st Edition, Bookboon, 2015 (Building Information Modeling (index-of.co.uk))
- [2] Aziz, R.; Hafez, S.: Applying lean thinking in construction and performance improvement, Alexandria Engineering Journal, Volume 52, Issue 4, 2013, pages 679-695, ISSN 1110-0168, <https://doi.org/10.1016/j.aej.2013.04.008> (<https://www.science-direct.com/science/article/pii/S111001681300046X>)
- [3] Conference on Computing in Civil and Building Engineering – ICCCBE, Nottingham, UK, 2010
- [4] Chen, D.; Doumeingts, G.; Vernadat, F.: Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future, Computers in Industry, Volume 59, Issue 7, 2008, pages 647-659, ISSN 0166-3615, <https://doi.org/10.1016/j.com-pind.2007.12.016>.
- [5] Civitello, A.: Complete Contractor's Guide to Change Orders, 2nd Edition, Prentice Hall, 2000
- [6] Clevenger, C.; Glick, S.; del Puerto C. L.: Interoperable Learning Leveraging Building Information Modeling (BIM) in Constructi-on Education, International Journal of Construction Education and Research, 8, 2, 2012, page 101-118
- [7] Direktiva 2014/24/EU Europskog parlamenta i vijeća od 26. veljače 2014. o javnoj nabavi i o stavljanju izvan snage Direktive 2004/18/EZ (<http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/HR/TXT/?uri=CELEX:32014L0024>)
- [8] European Committee for Standardization (CEN) and European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC) Work Programme 2014: European Standardization and related activities (http://www.cen.eu/news/brochures/brochures/CEN-CENELEC-WP2014_EN.pdf)
- [9] Golabchi, A.; Kamat, V.: Evaluation of Industry Foundation Classes for Practical Building Information Modeling Interoperability, Proceedings of the 30th ISARC, Montréal, Canada, 2013, pages 17-26
- [10] Joannides, M. M.; Oblina, S.; Issa, R. R. A.: Implementation of building information modeling into accredited programs in arc-hitecture and construction education, International Journal of Construction Education and Research, 8(2) 2012, page 83-100
- [11] Häußler, M.; Borrmann, A.: Model-based quality assurance in railway infrastructure planning, Automation in Construction, Vol. 109, 2020, 102971, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102971>
- [12] Ghosh, A.; Parrish, K.; Chasey, A.D.: Implementing a Vertically Integrated BIM Curriculum in an Undergraduate Construction Management Program; International Journal of Construction Education and Research, 11 (2) 2015, pages 121-139
- [13] Jurčević, M.; Pavlović, M.; Šolman, H.: Opće smjernice za BIM pristup u graditeljstvu, Hrvatska komora inženjera građevinarstva, Zagreb, 2017
- [14] Kim, H.; Ahn, H.: Temporary Facility Planning of a Construction Project Using BIM (Building Information Modeling), Computing in Civil Engineering, 2011, page 627-634
- [15] Ku, K.; Taiebat, M.: BIM Experiences and Expectations: The Constructors' Perspective, International Journal of Construction Education and Research, 7, 2011, page 175-197
- [16] Koskela, L.: Application of the new production philosophy to construction, CIFE Technical Report No. 72, Stanford University, 1992
- [17] Koskela, L.: An exploration towards a production theory and its application to construction, VTT Building technology, Finland, 2000, (https://www.researchgate.net/publication/35018344_An_Exploration_Towards_a_Production_Theory_and_its_Application_to_Construction)
- [18] Koskela, L.; Howell, G.; Ballard, G.; Tommelein, I.: The foundations of lean construction - Design and construction: Building in value, Routledge, Abingdon and New York, 2002, pages 211-226
- [19] Lin, M.; Gottschalk, S.: Collision detection between geometric models: A survey, Proceedings of Institute of Mathematics & its Applications Conference on Mathematics of Surfaces, 1998, pages 1-20 (<http://gamma.cs.unc.edu/papers/COLLISION/cms.pdf>)
- [20] Lin, Y.-C.; Yang, H.-H.: A Framework for Collaboration Management of BIM Model Creation in Architectural Projects, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 17:1, 39-46, DOI: 10.3130/jaabe.17.39
- [21] Muller, M. F.; Garbers, A.; Esmanioto, F.; Huber, N.; Loures E. R.; Canciglieri, O.: Data interoperability assessment though IFC for BIM in structural design – a five-year gap analysis, Journal of Civil Engineering and Management, 23:7, 2017, 943-954, DOI: 10.3846/13923730.2017.1341850
- [22] Namhun, L.; Ponton, R.; Jeffreys, A. W.; Cohn, R.: Analysis of industry trends for improving undergraduate curriculum in con-struction management education, Conference Paper, 47th ASC Annual Conference, Omaha, Nebraska, April 2011
- [23] Ningappa, G.: Use of Lean and Building Information Modeling (BIM) in the Construction Process; Does BIM make it Leaner?, Master's thesis, Georgia Institute of Technology, 2011

- [24] Onyango, A. F.; Interaction between Lean Construction and BIM, Royal Institute of Technology, Stockholm, 2016 (<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1048993/FULLTEXT01.pdf>)
- [25] Pavelko, C.; Chasey, A. D.: Building Information Modeling in Today's University Undergraduate Curriculum, Proceedings EcoBuild, Washington DC, December 2010
- [26] Rundell, R.: 1-2-3 Revit: BIM Goes to School [Electronic Version], Cadalyst, October 14, 2007, Retrieved October 10, 2007, from <http://aec.cadalyst.com/aec/article/articleDetail.jsp?id=185409>
- [27] Sacks, R.; Koskela, L.; Dave, B.; Owen, R.: The interaction of lean and building information modeling in construction, Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 136, No. 9, 2010, pages 968-980
- [28] Sacks, R.; Eastman, C.; Lee, G.; Teicholz, P.: BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors and Facility Managers, 3rd edition, John Wiley and Sons, Hoboken NJ, 2018, ISBN 978-1-119-28753-7
- [29] Solihin, W.; Eastman, C.; Lee, Y.C.: Toward robust and quantifiable automated IFC quality validation; Advanced Engineering Informatics, Vol. 29, Issues 3, 2015, pages 739-756
- [30] Stober, D.; Dolaček-Alduk, Z.; Vukomanović, M.; Radujković, M.; Galić, M.; Kolarić, S.: Unaprjeđenje obrazovanja građevinskih inženjera u području modeliranja informacijskog sustava građevina, Hrvatski graditeljski forum – Izazovi u graditeljstvu 3, Zagreb, 2015, strana 268-287
- [31] Stober, D.; Dolaček-Alduk, Z.; Znaor, M.: Ocjena primjene BIM aplikacija u upravljanju projektom na primjeru modeliranja interpretacije tradicijske arhitekture, 12th International Conference Organization, Technology and Management in construction - OTMC Conference 2015, Primošten, 2.-5.09.2015., Conference Proceedings, ISBN 978-953-7686-06-2, page 564-571
- [32] Succar, B.: Building information modelling framework: A research and deliver foundation for industry stakeholders, Automation in Construction, Volume 18, issue 3, 2009, pages 357-375
- [33] Thomson, D.; Miner, R.: Building Information Modeling - BIM: Contractual Risks are Changing with Technology, Guest Essays, November 2010, dostupno na https://www.academia.edu/1216743/Building_Information_Modeling_BIM_Contractual_Risks_are_Changing_with_Technology (Construction Law Briefing Paper, August 2006)
- [34] Vidaković, D.; Lacković, Z.; Radman-Funarić, M.: Unaprjeđenje izvođenja građevinskih radova primjenom lean metodologije, 15. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi, 8. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi, zbornik radova, Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, University of Pecs, Faculty of Engineering and Information Technology, 2017, strana 335-346
- [35] Womack, J.; Jones, D.; Roos, D.: The Machine that Changed the World: The Story of lean production, Free Press, New York, 1991
- [36] Womack, J.; Jones, D.: Lean thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Journal of Operational Research Society, 48 (11), 1996, DOI:10.1038/sj.jors.2600967
- [37] Zhao, D.; McCoy, A.; Bulbul, T.; Fiori, C.; Nikkhoo, P.: Building Collaborative Construction Skills through BIM-integrated Learning Environment, International Journal of Construction Education and Research 01/2015; 11(2): 97-120

Mrežne stranice

- [1] NBS Nationam BIM library, <https://www.thenbs.com/knowledge/clash-detection-in-bim> (pristupljeno 1. rujna 2020.)
- [2] BIM Dictionary, <https://bimdictionary.com/en/clash-detection/1>
- [3] ISO STANDARD, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:19650:-1:ed-1:v1:en>,
- [4] CIC BIM PROTOCOL, <http://cic.org.uk/admin/resources/bim-protocol-2nd-edition-2.pdf>
- [5] AEC (UK) BIM PROTOCOL, <https://aecuk.files.wordpress.com/2012/09/aecukbimprotocol-v2-0.pdf>
- [6] Zigurat, Lean BIM Construction: Benefits of BIM and Lean Management, 2018, <https://www.e-zigurat.com/blog/en/lean-bim-construction-benefits-of-bim-and-lean-management/>
- [7] BIM SmartMarket Report, McGraw-Hill Construction, 2009
- [8] The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets, McGraw-Hill Construction, 2014

Dodaci

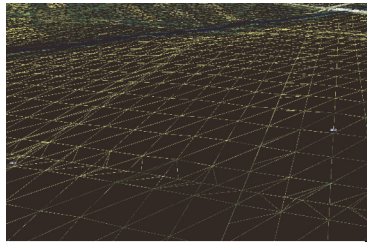
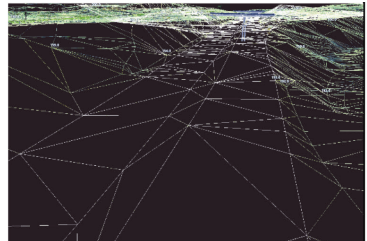
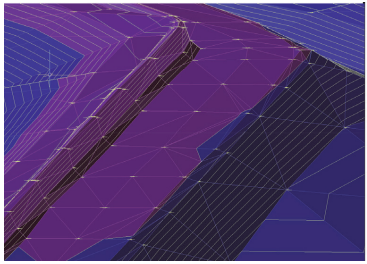
Slijede tablice LOD-ova po najčešćim tipovima građevina u infrastrukturnim projektima.

U tablicama prikazani su elementi BIM modela, a najčešće tipove građevine koje nalazimo u infrastrukturnim projektima. Prikaz svih građevina ili raznih radova iz tako velikog segmenta građevinarstva nadilazi svrhu ove publikacije. Međutim, dani primjeri sigurno će pružiti veliku pomoć pri definiciji i ostalih građevina ili pojedinih radova (npr. izrada EIR-a i BEP-a za investitore ili modeliranje sličnih građevine za projektante).

Također, odabrana forma predloženih tablica jedno je od mogućih rješenja, a odabrana je iz želje da se u ovome materijalu pruži što više informacija o načinu modeliranja, vrsti geometrijskih i atributnih podataka s obzirom na trenutačni nedostatak sličnih smjernica uopće, a osobito u Republici Hrvatskoj.

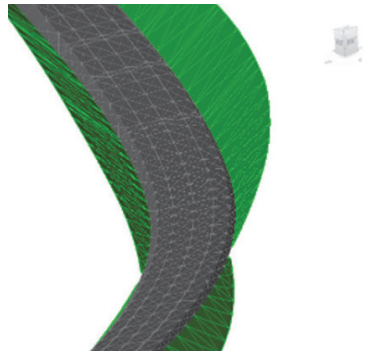
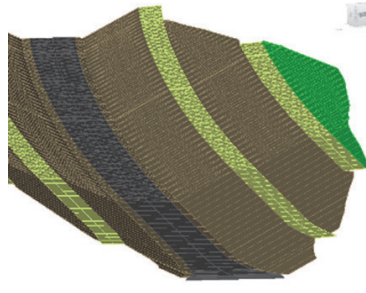
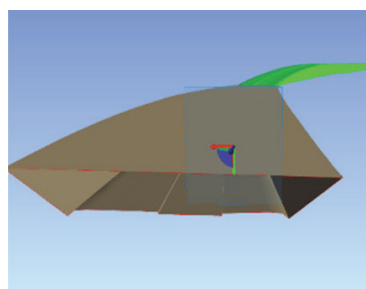
Tablice LOD-ova po najčešćim tipovima građevina u infrastrukturnim projektima

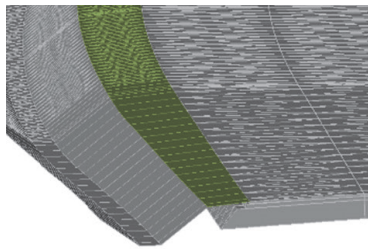
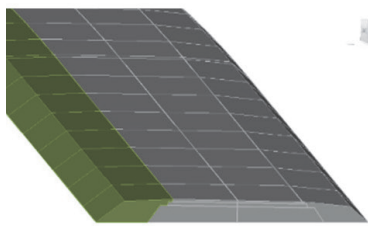
GEODEZIJA

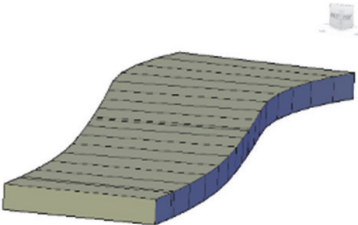
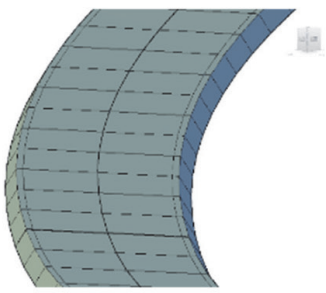
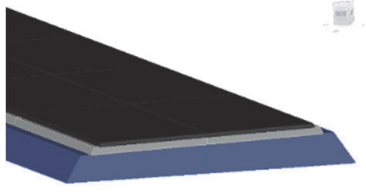
Kategorija:	Prometnice			
Grupa:	Geodetski radovi			
Element:	Model postojećeg terena (DMR)			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Izrađuje se model terena smanjene točnosti, na temelju digitaliziranih slojnica iz topografskih karata ili iz podataka dobivenih sa internetskih servisa (npr. Infracore Model Builder). Točnost ulaznih podataka je položajno i visinski između 0,5 i 1,0 m.	-	3D mreža trokuta (TIN) smanjene točnosti (u pravilu nedostaju lomne linije terena)	
LOD 200	Ploha terena izrađuje se na temelju aerofotogrametrijske izmjere (mogu se koristiti i dostupni podaci iz DGU). Na ključnim mjestima projekta (npr. prijelazi preko željezničkog kolosijeka, uklapanja u postojeće ceste, korita važnijih kanala i sl.) model se upotpunjuje podacima iz terestričke izmjere. Potrebno je plovu terena formirati šire od obuhvata projekta radi vršenja pojedinih BIM postupaka (npr. vizualizacija). Po mogućnosti uklopiti snimak terena ortofoto podlogama. Točnost ulaznih podataka je između 0,1-0,2 m (LIDAR) odnosno 0,2-0,3 m (DMT i DMV).	Točke (x,y,z); 3D lomne linije, 3D mreža trokuta (TIN). 2D digitalni katastarski plan LandXML datoteka plohe 3D solid	Klasifikacija terestrički snimljenih podataka prema topografskom ključu (zbirci kartografskih znakova DGU)	
LOD 300	Ploha terena u zoni zahvata izrađuje se na temelju detaljnog geodetskog snimka. Podaci za šire područje (potrebni radi postupaka vizualizacije, hidroloških ili drugih analiza) može se preuzeti iz razline LOD 200. Točnost ulaznih podataka je između 0,01-0,02 m položajno odnosno između 0,02-0,03 m visinski (za snimak GPS uređajem) te <0,01 m položajno i visinski za klasičnu izmjeru.	Točke (x,y,z); detaljne 3D lomne linije (npr. gornja i donja linija rubnjaka), 3D mreža trokuta (TIN) sa stranicama trokuta od max. 20m u zoni zahvata. Veće duljine dozvoljene su na ravničarskim terenima. 2D digitalni katastarski plan LandXML datoteka plohe. 3D solid	Klasifikacija svih snimljenih podataka prema topografskom ključu (zbirci kartografskih znakova DGU). Parcelacijski elaborat	
LOD 400	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Elaborati iskolčenja građevine (i instalacija).	
LOD 500	Model terena ažuriran detaljnim geodetskim snimkama tijekom građenja.	Točke (x,y,z); 3D lomne linije, 3D mreža trokuta (TIN). LandXML datoteka plohe.	Geodetski elaborat izvedenog stanja građevine (i instalacija).	

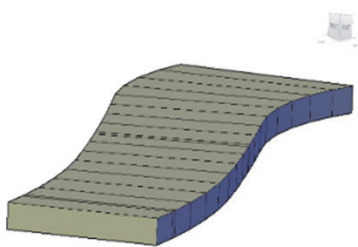
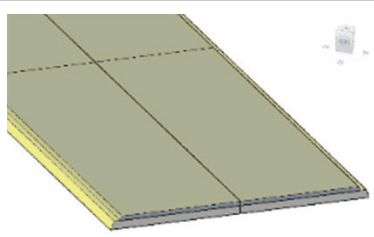
Tablice LOD-ova po najčešćim tipovima građevina u infrastrukturnim projektima

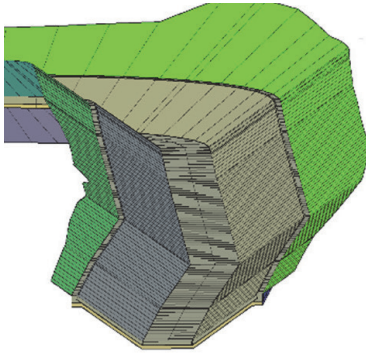
PROMETNICE

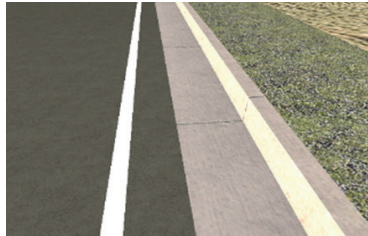
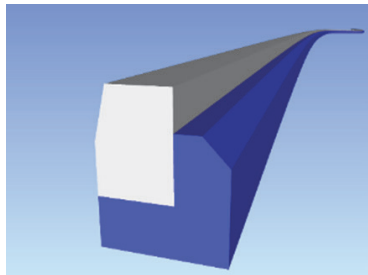
Kategorija:	Prometnice			
Grupa:	Zemljani radovi			
Element:	Usjeci / Nasipi			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Primjenjuju se nagibi pokosa usjeka i nasipa na temelju dostupnih podataka iz ranijih faza projektne dokumentacije (npr. idejni geomehanički elaborat). Berme na visokim nasipima i dubokim usjecima u pravilu se ne modeliraju se ukoliko to nije zasebno navedeno u EIR-u.	U modelu su vidljivi pokosi nasipa/usjeka, tj. trupa ceste. Na temelju modela mora biti moguće odrediti okvirne količine radova za nasipe, odnosno usjeka.	Primjenjeni pokosi nasipa/usjeka na pojedinoj dionici;	
LOD 300	Primjenjuju se nagibi pokosa usjeka i nasipa definirani u projektu (npr. temeljem geomehaničkog projekta). Modeliraju se berme u viskim nasipima/dubokim usjecima.	3D završne plohe usjeka i nasipa. LandXml datoteka koja sadrži završne plohe pokosa.	Vrsta i obim podataka u skladu sa stavkama troškovnika za radove na usjecima i nasipima. Nasipi: projektirani pokosi, vrsta materijala, porijeklo (iz iskopa ili dovoza) i sl. Usjeci: projektirani pokosi, kategorija materijala, način iskopa i sl.	
LOD 400	Isto kao LOD 300	3D solidi (tijela) usjeka i nasipa. LandXml datoteka koja sadrži završne plohe pokosa.	Isto kao LOD 300	
LOD 500	-	LandXml datoteka koja sadrži završne plohe izvedenih pokosa usjeka/nasipa.	Podaci o stvarno izvedenim radovima.	

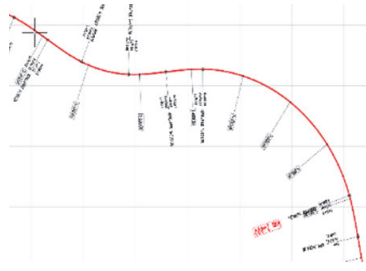
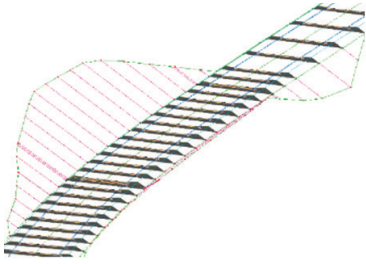
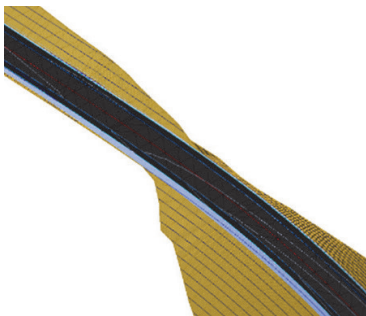
Kategorija:	Prometnice			
Grupa:	Zemljani radovi			
Element:	Izrada Bankina i Bermi			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Odabire se širina i nagibi na temelju tipskih normalnih poprečnih presjeka.	U modelu sa svojim karakteristikama (širina) utječu na preliminarni izračun količina zemljanih radova.	Odabrane širine bankine, odnosno berme za pojedini tip normalnog poprečnog presjeka	
LOD 300	Točna širina i poprečni nagibi; uključujući lokalna proširenja bermi ili bankina	3D završna ploha bankine/berme. LandXml datoteka koja sadrži završnu plohu bankina, odnosno bermi.	Vrsta i obim podataka u skladu sa stavkama troškovnika za radove na bankinama i bermama. (materijal, širina, debljina)	
LOD 400	Isto kao LOD 300	3D solidi bankine/berme (prema projekiranim debljinama). LandXml datoteka koja sadrži završnu plohu bankina, odnosno bermi.	Isto kao LOD 300	
LOD 500	-	LandXml datoteka koja sadrži završne plohe izvedenih bankina/bermi.	Podaci o stvarno izvedenim radovima.	

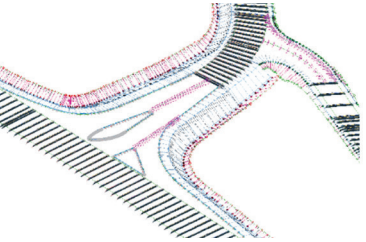
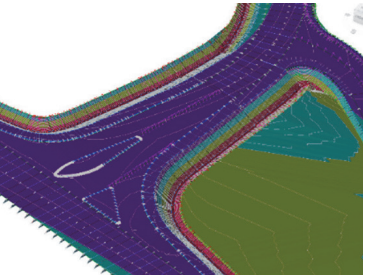
Kategorija:	Prometnice			
Grupa:	Kolnička konstrukcija			
Element:	Donji nevezani nosivi sloj kolničke konstrukcije			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Ulazi u pretpostavljenu ukupnu debljinu kolničke konstrukcije (od habajućeg sloja do posteljice). Rubovi sloja mogu ostati vertikalni (bez zastornih prizmi).	Ukupna površina predviđene kolničke konstrukcije. Za potrebe procjene troškova površina se množi sa pretpostavljenom debljinom nosivog sloja.	Struktura predviđene kolničke konstrukcije.	
LOD 250	Modelira se kao zasebni sloj, zajedno sa pripadajućom zastornom prizmom. Poprečni nagib jednak je nagibu završne plohe ceste.	3D solid nosivog sloja. LandXml datoteka koja sadrži završnu plohu sloja (surface).	Podaci o projektiranom sloju. Vrsta i obim podataka u vezi su sa stavkom troškovnika za predmetni rad (granulacija, traženi Ms, projektirana debljina).	
LOD 300	Modelira se kao zasebni sloj, zajedno sa pripadajućom zastornom prizmom. Za vrijednosti poprečnog nagiba kolnika od 0-4% poprečni nagib donjeg ruba (u ravnini posteljice) je minimalnog iznosa od 4%; a u slučaju kad je nagib završnog sloja između 4 i 7%; prati poprečni nagib kolnika.	3D solid nosivog sloja. LandXml datoteka koja sadrži završnu plohu sloja (surface).	Podaci o projektiranom sloju. Vrsta i obim podataka u vezi su sa stavkom troškovnika za predmetni rad (granulacija, traženi Ms, projektirana debljina).	
LOD 400	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	
LOD 500	-	LandXml datoteka koja sadrži završnu ravinu sloja prema podacima dobivenim iz geodetskog snimka izvedenog stanja.	Podaci o stvarno izvedenim radovima.	

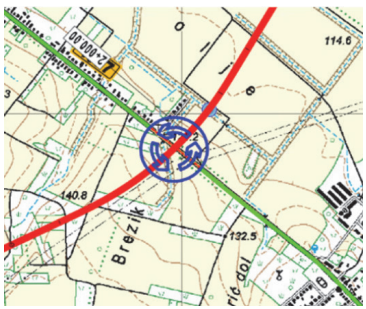
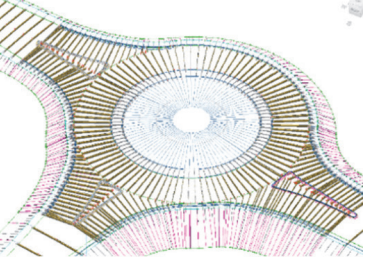
Kategorija:	Prometnice			
Grupa:	Kolnička konstrukcija			
Element:	Vezani slojevi kolničke konstrukcije (asfaltni slojevi, slojevi od cementom stabiliziranog šljunka, reciklažni slojevi i sl.)			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Pretpostavljena ukupna debljina kolničke konstrukcije (od habajućeg sloja do posteljice). Rubovi slojeva mogu ostaju vertikalni (bez zastornih prizmi).	Ukupna površina predviđene kolničke konstrukcije. Za potrebe procjene troškova površina se množi sa debljinama pretpostavljenih slojeva u kolničkoj konstrukciji.	Struktura predviđene kolničke konstrukcije	
LOD 300	Modelira se svaki sloj zasebno, zajedno sa pripadajućim zastornim prizmama.	3D solidi svakog sloja zasebno. LandXml datoteka koja sadrži završne plohe slojeva (surfaces).	Podaci o svakom sloju zasebno. Vrsta i obim podataka u vezi su sa stavkom troškovnika za predmetni rad (klasifikacija sloja, oznaka prometnog opterećenja, projektirana debljina).	
LOD 400	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	
LOD 500	-	LandXml datoteka koja sadrži završne ravine slojeva prema podacima dobivenim iz geodetskog snimka izvedenog sloja.	Podaci o stvarno izvedenim radovima.	

Kategorija:	Prometnice			
Grupa:	Odvodnja			
Element:	Otvoreni jarci			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Značajniji kanali modeliraju se na temelju normalnog poprečnog presjeka pojedinog kanala.	2D CAD datoteka projektiranih kanala. 3D prikazi modeliranih kanala.	Primijenjeni elementi poprečnog presjeka, razred kanala	
LOD 300	Svi kanali definirani projektom točno se modeliraju, zajedno sa bermama ukoliko postoje. Obloge i podloge kanala modeliraju se kao 3D tijela.	3D završna ploha kanala. 3D tijela (solidi) podloga i obloga. LandXML datoteka koja sadrži završnu plohu kanala	Elementi poprečnog presjeka (širina dna i pokosi), razred kanala. Vrsta materijala u iskopu, primijenjeni materijali za obloge i podloge.	
LOD 400	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	
LOD 500	-	3D završna ploha kanala na temelju snimka izvedenog stanja. LandXML datoteka koja sadrži završnu plohu kanala.	Podaci o stvarno izvedenim radovima.	

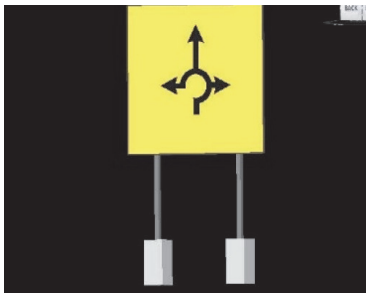
Kategorija:	Prometnice			
Grupa:	Odvodnja - Cestovna kanalizacija			
Element:	Rubnjaci, Rigoli, Kanalice, Kanalete i sl.			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Odabiru se tipski elementi; primjenjuju se na segmentima trase gdje su sastavni dio normalnog poprečnog presjeka.	Predmetni elementi vidljivi su na određenim dionicama. Moguće je odrediti orijentacijske duljine primjene pojedinih elemenata.	Primijenjeni tipovi elemenata odvodnje (rigoli, rubnjaci); približne stationaže početka/završetka.	
LOD 300	Elementi su modelirani sa stvarnim dimenzijama, zajedno sa pripadajućim podlogama ili oblogama, na točno određenim lokacijama.	Svi elementi i pripadajuće obloge definirani su kao 3D solidi. Završne plohe elemenata (kao npr. lice rubnjaka) moraju biti sadržane u LandXml datoteci završne plohe cestovnog koridora.	Vrsta i obim podataka u skladu sa stavkama troškovnika za radove odvodnje. Navodi se tip, dimenzija, materijali elemenata i pripadajućih obloga.	
LOD 400	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	
LOD 500	-	LandXml datoteka koja sadrži geometriju završne plohe izvedenih elemenata odvodnje.	Podaci o stvarno izvedenim radovima.	

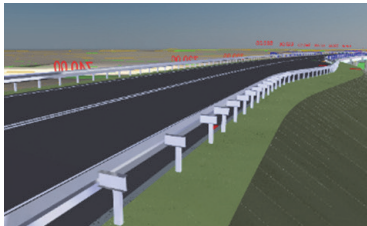
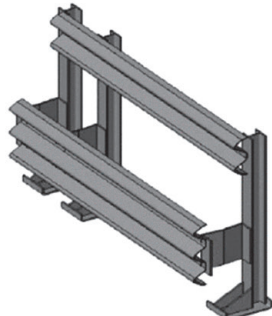
Kategorija:	Prometnice			
Grupa:	Trasa			
Element:	Koridor prometnice			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Os prometnice i pripadajuća niveleta.	CAD datoteka sa 2D osi prometnice i udžunim profilom.	Oznake horizontalne i vertikalne geometrije.	
LOD 200	Koridor sastavljen od komponenti na temelju normalnih poprečnih presjeka. Pojedini elementi poprečnog presjeka modeliraju se prema priloženim opisima u ovim smjernicama.	CAD datoteka sa 2D koridorom prometnice. 3D prikazi projektiranog koridora. fbx datoteka koji sadrži projektirani koridor.	Primijenjeni elementi normalnih poprečnih presjeka, odabrane računske brzine po dionicama.	
LOD 300	Koridor sastavljen od točno modeliranih komponenti. Elementi poprečnog presjeka modeliraju se prema priloženim opisima u ovim smjernicama za predmetnu razinu.	CAD datoteka sa 2D prikazom koridora prometnice. Ukupna završna 3D ploha koridora (surface). 3D tijela (solidi) svih elemenata koje je potrebno modelirati za ovu razinu u skladu sa priloženim opisima. LandXml datoteka završne plohe koridora	Primijenjeni elementi normalnih poprečnih presjeka, odabrane računske brzine po dionicama. Svi elementi koridora imaju pridružene atributne podatke u skladu sa priloženim opisima za predmetnu razinu.	
LOD 400	Koridor sastavljen od točno modeliranih komponenti. Elementi poprečnog presjeka modeliraju se prema priloženim opisima u ovim smjernicama za predmetnu razinu.	CAD datoteka sa 2D prikazom koridora prometnice. Ukupna završna 3D ploha koridora 3D ploha posteljice. 3D tijela (solidi) svih elemenata koje je potrebno modelirati za ovu razinu u skladu sa priloženim opisima. Digitalni zapis detaljnog iskolčenja koridora prometnice. LandXml datoteka završne plohe koridora i ravnine posteljice.	Isto kao LOD 300	
LOD 500	Isto kao LOD 400	3D završna ploha koridora na temelju snimka izvedenog stanja. 3D završna ploha posteljice na temelju snimka izvedenog stanja. LandXml datoteka koja sadrži završnu plohu koridora i plohu posteljice.	Podaci o stvarno izvedenim radovima.	

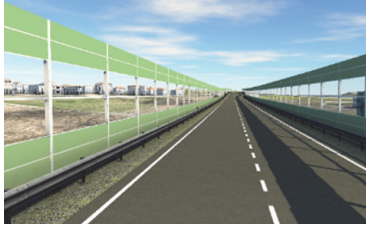
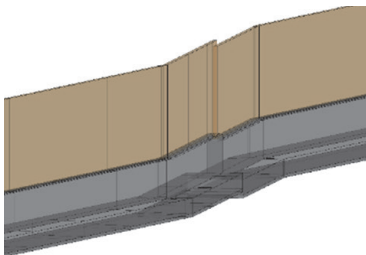
Kategorija:	Prometnice			
Grupa:	Prometne površine			
Element:	Raskrižja i čvorišta			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Simbol čvorišta (raskrižja).	2D CAD datoteka	Tip čvorišta/raskrižja	
LOD 200	Osi rampi/priključaka čvorišta i pripadajuće nivelete. Horizontalna geometrija može biti pojednostavljena (bez prijelaznih krivina). Vertikalna geometrija je koherentna, uklapanja se vrše po principu "os u os"; bez detaljne razrade i vitoperenja na uklapanju. Modeliranje razdjelnih otoka nije obavezno.	CAD datoteka sa 2D prikazom raskrižja/čvorišta. 3D prikaz raskrižja/čvorišta. fbx datoteka koji sadrži projektirano raskrižje/čvorište.	Tip čvorišta i Primijenjeni horizontalni i vertikalni elementi, odabrane računske brzine na čvorištima (rampe).	
LOD 300	Točna geometrija osi i rubova raskrižja i pripadajućih niveleta. Točne vrijednosti i oblik radijusa priključka (npr. trocentrična krivina). Modeliraju se segmenti uklapanja priključaka (vitoperenja u zoni priključka), kao i razdjelni otoci.	CAD datoteka sa 2D prikazom čvorišta/raskrižja. Ukupna završna 3D ploha čvorišta/raskrižja. 3D tijela (solidi) svih elemenata koje je potrebno modelirati za ovu razinu u skladu sa priloženim opisima. LandXml datoteka završne plohe čvorišta/raskrižja.	Primijenjeni horizontalni i vertikalni elementi osi rampi/privoza. Svi elementi čvorišta imaju pridružene atributne podatke u skladu sa priloženim opisima za predmetnu razinu.	
LOD 400	Svi elementi čvorišta sastavljeni su od točno modeliranih komponenti. Elementi poprečnog presjeka svakog priključka modeliraju se prema priloženim opisima u ovim smjernicama za predmetnu razinu.	CAD datoteka sa detaljnim 2D prikazom čvorišta/raskrižja. Ukupna završna 3D ploha prometnih površina. 3D ploha posteljice prometnih površina čvora. 3D tijela (solidi) svih elemenata koje je potrebno modelirati za ovu razinu u skladu sa priloženim opisima. Digitalni zapis detaljnih elemenata iskolčenja. LandXml datoteka završne plohe i ravnine posteljice na prometnim površinama.	Isto kao LOD 300	
LOD 500	Isto kao LOD 400	3D završna ploha prometnih površina na temelju snimka izvedenog stanja. 3D završna ploha posteljice na temelju snimka izvedenog stanja. LandXml datoteka koja sadrži završnu plohu i plohu posteljice prometnih površina na čvorištu/raskrižju.	Podaci o stvarno izvedenim radovima.	

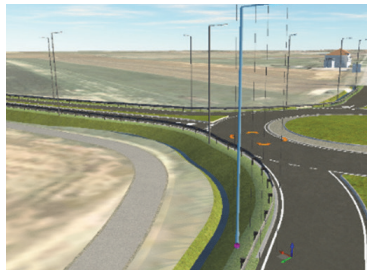
Kategorija:	Prometnice			
Grupa:	Prometne površine			
Element:	Kružna raskrižja			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Simbol kružnog raskrižja	2D CAD datoteka	Tip kružnog raskrižja	
LOD 200	Osi priključaka na kružno raskrižje i pripadajuće nivelete. Vertikalna uklapanja se vrše po principu "os u os"; bez detaljne razrade i vitoperenja na privozima. Modeliranje razdjelnih otoka nije obavezno.	CAD datoteka sa 2D prikazom kružnog raskrižja. 3D prikaz kružnog raskrižja. fbx datoteka koji sadrži projektirano kružno raskrižje.	Osnovna svojstva: tip kružnog raskrižja (npr. srednje veliko izvanurbano), promjer kružnog raskrižja.	
LOD 300	Točna geometrija osi i rubova priključaka i pripadajućih niveleta. Modeliraju se segmenti uklapanja priključaka (vitoperenja u zoni priključenja na kružni kolnik), kao i razdjelni otoci.	CAD datoteka sa 2D prikazom kružnog raskrižja. Ukupna završna 3D ploha raskrižja. 3D tijela (solidi) svih elemenata koje je potrebno modelirati za ovu razinu u skladu sa priloženim opisima. LandXml datoteka završne plohe kružnog raskrižja	Primijenjeni horizontalni i vertikalni elementi privoza. Svi elementi kružnog raskrižja imaju pridružene atributne podatke u skladu sa priloženim opisima za predmetnu razinu.	
LOD 400	Model kružnog raskrižja sastavljen od točno modeliranih komponenti. Elementi raskrižja modeliraju se prema priloženim opisima u ovim smjernicama za predmetnu razinu.	CAD datoteka sa 2D prikazom kružnog raskrižja. Ukupna završna 3D ploha. 3D ploha posteljice kružnog raskrižja. 3D tijela (solidi) svih elemenata koje je potrebno modelirati za ovu razinu u skladu sa priloženim opisima. Digitalni zapis detaljnog iskolčenja kružnog raskrižja. LandXml datoteka završne plohe i ravnine posteljice kružnog raskrižja	Isto kao LOD 300	
LOD 500	Isto kao LOD 400	3D završna ploha raskrižja na temelju snimka izvedenog stanja. 3D završna ploha posteljice na temelju snimka izvedenog stanja. LandXml datoteka koja sadrži završnu plohu i plohu posteljice kružnog raskrižja.	Podaci o stvarno izvedenim radovima.	

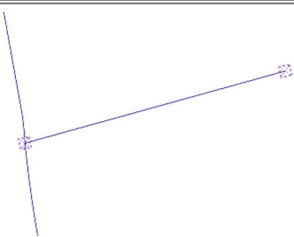
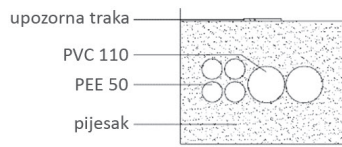
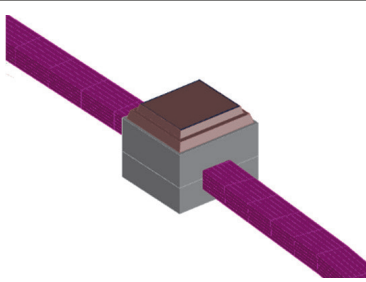
Kategorija:	Prometnice			
Grupa:	Prometna signalizacija i oprema			
Element:	Horizontalna prometna signalizacija			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Koridor sastavljen od komponenti na temelju normalnih poprečnih presjeka. Pojedini elementi poprečnog presjeka modeliraju se prema priloženim opisima u ovim smjernicama.	CAD datoteka sa 2D prikazom horizontalne signalizacije. 3D prikazi sa osnovnom horizontalnom prometnom signalizacijom.	-	
LOD 300	Koridor sastavljen od točno modeliranih komponenti. Elementi poprečnog presjeka modeliraju se prema priloženim opisima u ovim smjernicama za predmetnu razinu.	CAD datoteka sa elementima horizontalne prometne signalizacije na odgovarajućim slojevima (Layerima). Nije dozvoljena upotreba šrafura, već primjena zasebnih linija. Sve polilnije moraju biti zatvorene.	Vrsta i obim podataka u skladu sa stavkama troškovnika za radove iscrtavanja horizontalne prometne signalizacije. Navodi se vrsta (npr. središnja crta, rubna crta), dimenzija (širina), materijali (boja, hladna plastika i sl.).	
LOD 400	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	
LOD 500	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300, na temelju stvarno izvedenih oznaka	Podaci o stvarno izvedenim radovima.	

Kategorija:	Prometnice			
Grupa:	Prometna signalizacija i oprema			
Element:	Vertikalna prometna signalizacija			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	U pravilu se ne modelira, osim ukoliko nije navedeno u zahtjevima Naručitelja (EIR).	-	-	
LOD 300	Modeliraju se prometni znakovi većih gabarita koji utječu na preglednost i analizu kolizija. To su obično znakovi za vođenje prometa. Dimenzije znakova (ploča) moraju biti točne, piktogrami i natpisi mogu biti generički. Potrebno je modelirati i temelje znakova (ploča).	CAD datoteka sa 3D prometnim znakovima (3D blokovi i sl.). Znakovi moraju biti točno određenom mjestu i odgovarajućoj visini.	Vrsta i obim podataka u skladu sa stavkama troškovnika za izvedbu prometnih znakova. Navodi se oznaka u skladu sa "Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama", dimenzije (širina i visina) i stupanj retrorefleksije).	
LOD 400	Modeliraju se svi prometni znakovi. Dimenzije znakova (ploča) moraju biti točne. Piktogrami i natpisi na pločama mogu biti generički; ukoliko Naručitelj radi potrebe detaljne prezentacije projekta ne zahtijeva točne natpise. Potrebno je modelirati i temelje prometnih znakova.	CAD datoteka sa 3D prometnim znakovima (3D blokovi i sl.). Znakovi moraju biti točno određenom mjestu i odgovarajućoj visini.	Isto kao LOD 300	
LOD 500	Isto kao LOD 400	Isto kao LOD 300, na temelju stvarno izvedenih oznaka.	Podaci o stvarno izvedenim radovima.	

Kategorija:	Prometnice			
Grupa:	Prometna signalizacija i oprema			
Element:	Prometna oprema - zaštitne odbojne ograde			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	U pravilu se ne modelira, osim ukoliko nije navedeno u zahtjevima Naručitelja (EIR). Ukoliko se modelira, prikazuje se kao generički element (ne sadržava točan razmak stupova, oblik plašta i sl.)	2D polilinja na dionicama primjene zaštitne ograde.	-	
LOD 300	Modelira se u skladu sa projektom definiranim rasporedom horizontalnih i vertikalnih elemenata ograde.	CAD datoteka sa 3D solidima projektirane ograde	Vrsta i obim podataka u skladu sa stavkama troškovnika za izvedbu zaštitne ograde. Navodi se tip ograde, razina zadržavanja (T,N,L,H), radna širina (W1-W8), razina jačine naleta (ASI - A,B,C).	
LOD 400	Modelira se u skladu sa točno odabranim tipom ograde koja se ugrađuje; tj. odabranim rasporedom horizontalnih i vertikalnih elemenata ograde i detaljima spojeva.	CAD datoteka sa 3D solidima projektirane ograde	Isto kao LOD 300	
LOD 500	Isto kao LOD 400	Isto LOD 400, na temelju stvarno izvedene ograde.	Podaci o stvarno ugrađenoj ogradi s pripadajućom dokumentacijom i atestima.	

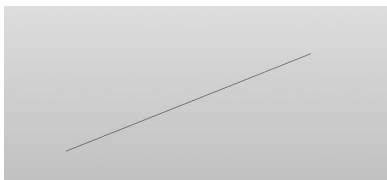
Kategorija:	Prometnice			
Grupa:	Zaštita od buke			
Element:	Zidovi za zaštitu od buke			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Modelira se kao generički element (ne sadržava točnu visinu barijera, geometriju uzdužnih kampada, materijal zidova, i sl.). Ne modeliraju se temelji stupišta.	2D polilinja na dionicama primjene zaštitne ograde od buke. 3D solidi barijera (za postupak proračuna širenja buke)	-	
LOD 300	Točna geometrija ograde, u skladu sa horizontalnom i vertikalnom dispozicijom danom u projektu. Modeliraju se i temelji stupova s točnim dimenzijama.	CAD datoteka sa 3D solidima projektirane ograde i pripadajućim temeljima.	Vrsta i obim podataka u skladu sa stavkama troškovnika za izvedbu zaštitne ograde od buke. Navodi se tip (jednostrani, dvostrani) i materijal panela, vrijednosti tražene apsorpcije zvuka i zvučne izolacije, te podaci o temeljenju (način temelja, vrsta materijala i sl).	
LOD 400	Modelira se u skladu sa točno odabranim tipom ograde koja se ugrađuje; tj. odabranim rasporedom elemenata ograde po kampadama i detaljima spojeva.	CAD datoteka sa 3D solidima projektirane ograde i pripadajućim temeljima.	Isto kao LOD 300	
LOD 500	Isto kao LOD 400	Isto LOD 400, na temelju stvarno izvedene ograde.	Podaci o stvarno ugrađenoj ogradi s pripadajućom dokumentacijom i atestima.	

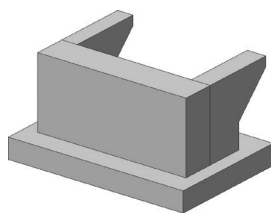
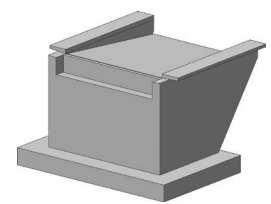
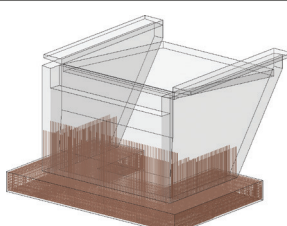
Kategorija:	Prometnice			
Grupa:	Rasvjeta prometnica			
Element:	Rasvjetni stupovi			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Prikazuju se kao generički elementi (položaj stupova je orijentacijski, kao i tip stupa i svjetiljke). Ne modeliraju se temelji stupišta.	2D simboli stupišta	-	
LOD 300	Točan prikaz stupa, u skladu sa odabranim tipom koji je dan u projektu. Modeliraju se i temelji stupova s točnim dimenzijama.	CAD datoteka sa 3D solidima stupova i pripadajućim temeljima.	Vrsta i obim podataka u skladu sa stavkama troškovnika za izvedbu rasvjete. Navodi se tip i visina stupa, tip i snaga svjetiljke, te podaci o temeljenju.	
LOD 400	Detaljan prikaz stupa, u skladu sa odabranim tipom koji je dan u projektu. Modeliraju se i temelji stupova s točnim dimenzijama.	CAD datoteka sa 3D solidima projektirane ograde i pripadajućim temeljima.	Isto kao LOD 300	
LOD 500	Isto kao LOD 400	Isto LOD 400, na temelju stvarno izvedene rasvjete.	Podaci o stvarno ugrađenim elementima (stupovi, svjetiljke) s pripadajućom dokumentacijom i atestima.	

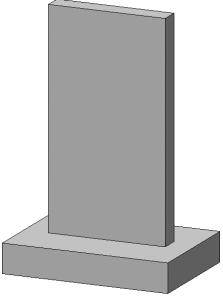
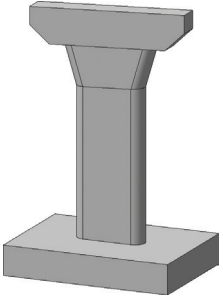
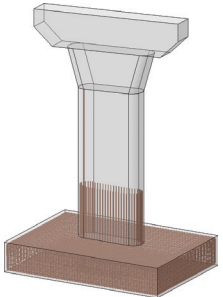
Kategorija:	Prometnice			
Grupa:	EKI			
Element:	Zdenci i kabelska kanalizacija			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Prikazuje se u 2D	2D simboli za zdence. 2D polilinije za kabelsku kanalizaciju.	-	
LOD 200	Zdenci se modeliraju kao jednostavni 3D solidi. Položaj zdenaca je orijentacijski. Kabelska kanalizacija se ne modelira.	Jednostavna 3D tijela (solidi) za zdence. 2D polilinije za kabelsku kanalizaciju.	Predviđeni poprečni presjeci kabelske kanalizacije (materijal i broj cijevi).	 
LOD 300	Točan prikaz zdenaca, u skladu sa odabranim tipovima danim u projektu. Kabelska kanalizacija modelira se u skladu sa projektiranim tipovima poprečnih presjeka. Modelira se vanjska dimenzija cijelog sklopa (ne pojedinačne cijevi).	CAD datoteka sa 3D solidima zdenaca i kabelskom kanalizacijom.	Vrsta i obim podataka u skladu sa stavkama troškovnika za izvedbu EK infrastrukture. Navode se tipovi zdenaca i elementi kabelske kanalizacije (materijal, broj cijevi, radni tlak).	
LOD 400	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	
LOD 500	Isto kao LOD 300	Isto LOD 300, na temelju stvarno izvedene EK infrastrukture.	Podaci o stvarno ugrađenim elementima (zdenci, kabelska kanalizacija) s pripadajućom dokumentacijom i atestima.	

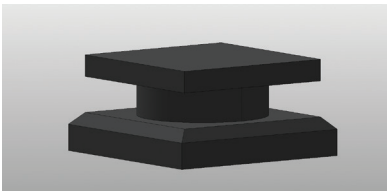
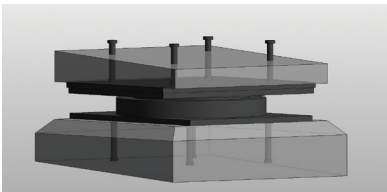
Tablice LOD-ova po najčešćim tipovima građevina u infrastrukturnim projektima

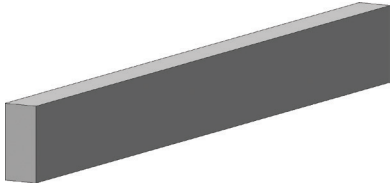
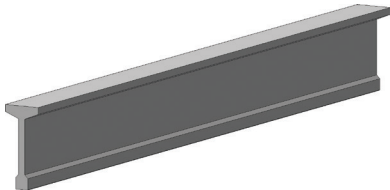
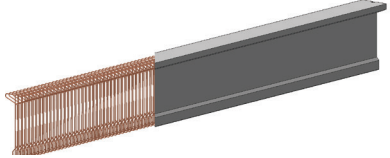
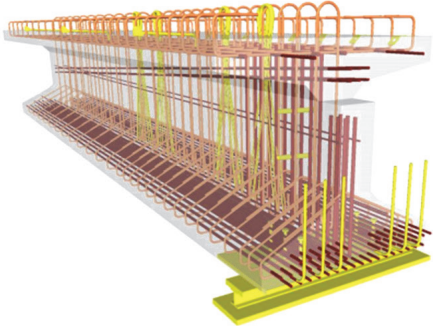
MOSTOVI

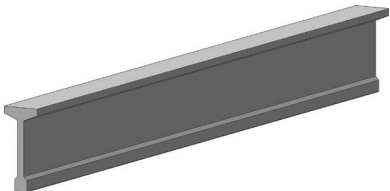
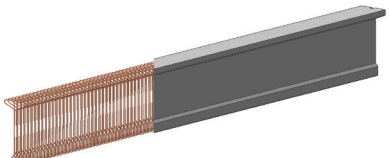
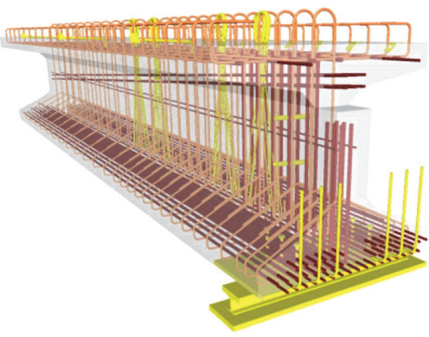
Kategorija:	Mostovi			
Grupa:	Most			
Element:	Most			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Linijski prikazati predviđeni položaj objekta. Svi ostali elementi ove kategorije se ne prikazuju u navedenom LOD-u.	Linija	Duljina	
LOD 200	Za navedeni LOD potrebna je dodatna podjela grupe na elemente.			
LOD 300				
LOD 400	-			
LOD 500	-	-	-	

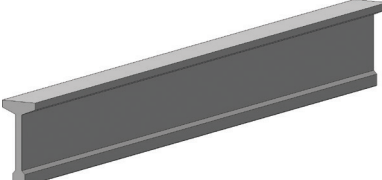
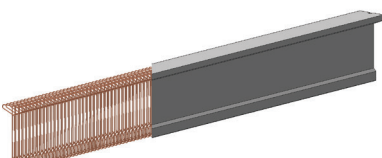
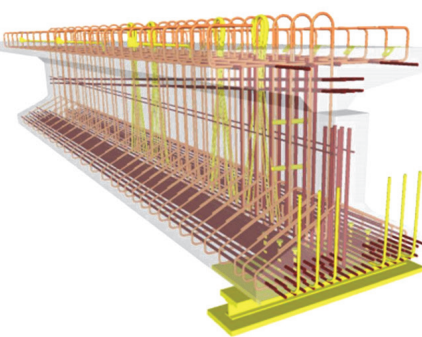
Kategorija:	Mostovi			
Grupa:	Donji ustroj			
Element:	Upornjak			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Modelira se kao element približnih dimenzija i treba sadržavati minimalno temelj, stup i krila upornjaka.	3D solid približnih dimenzija poprečnog presjeka i približne duljine	Materijal	
LOD 300	Modelira se kao element točnih dimenzija poprečnog presjeka i duljine s definiranim poprečnim i uzdužnim nagibima. Treba sadržavati sve ostale elemente projektiranog uporanjaka (prijelazna ploča, podnožni zidić)	3D solid preciznih dimenzija koje se mogu izmjeriti iz modela. Uključuje sve promjene poprečnog i uzdužnog presjeka na elementima uporanjaka. Ne mora uključivati prodore za instalacije.	Materijal definiran sa svim bitnim svojstvima (npr. Klasa betona)	
LOD 350	Element se modelira sa svim pripadajućim zaobljenima, istacima i utorima. Modeliraju se razdjelne reške. Modeliraju se podložni betoni, armatura te prodori za instalacije.	3D solid elemenata armature s precizno definiranim poprečnim presjekom, oblikom i duljinom. Također uključuje prodore za instalacije.	Vrsta materijala i faznost izvedbe	
LOD 400	Modelira se privremena konstrukcija za tehnologiju izvođenja.	3D solid se definira sa svim pripadajućim elementima za spojeve (vijci, pločice)	-	
LOD 500			Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

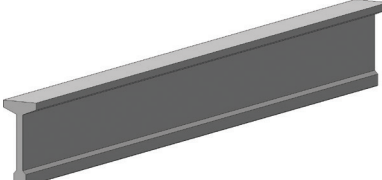
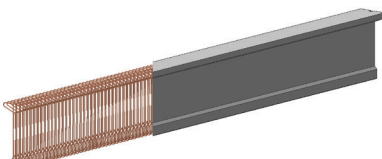
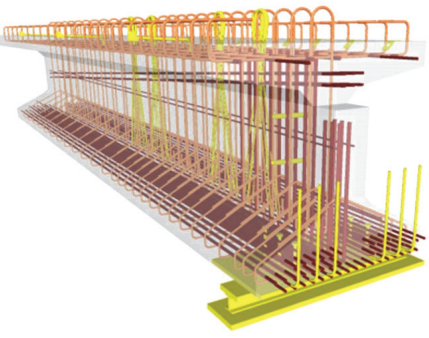
Kategorija:	Mostovi			
Grupa:	Donji ustroj			
Element:	Stup			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Modelira se kao element približnih dimenzija i treba sadržavati minimalno temelj i tijelo stupa.	3D solid približnih dimenzija poprečnog presjeka i približne duljine	Materijal	
LOD 300	Modelira se kao element točnih dimenzija poprečnog presjeka i duljine s definiranim poprečnim i uzdužnim nagibima. Treba sadržavati sve ostale elemente projektiranog stupa ukoliko postoje (ležajna greda, ležišta, ledolomi).	3D solid preciznih dimenzija koje se mogu izmjeriti iz modela. Uključuje sve promjene poprečnog presjeka duž stupa. Ne mora uključivati prodore za instalacije.	Materijal definiran sa svim bitnim svojstvima (npr. Klasa betona)	
LOD 350	Element se modelira sa svim pripadajućim zaobljenima, istacima i utorima. Modeliraju se razdjelne reške. Modeliraju se podložni betoni, armatura te prodori za instalacije.	3D solid elemenata armature s precizno definiranim poprečnim presjekom, oblikom i duljinom. Također uključuje prodore za instalacije.	Vrsta materijala i faznost izvedbe	
LOD 400	Modelira se privremena konstrukcija za tehnologiju izvođenja.	3D solid se definira sa svim pripadajućim elementima za spojeve (vijci, pločice)	-	
LOD 500			Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

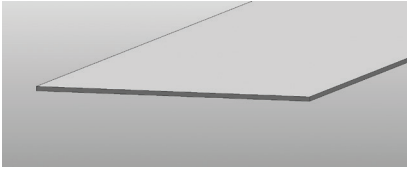
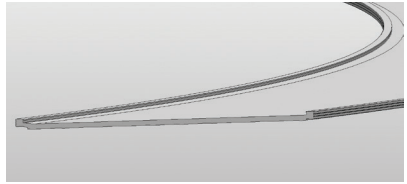
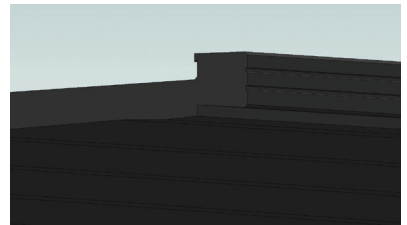
Kategorija:	Mostovi			
Grupa:	Donji ustroj			
Element:	Ležaj			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Ne modelira se	-	-	
LOD 300	Modelira se kao element ukupnih vanjskih gabarita	3D solid s dimenzijama koje se mogu izmjeriti iz modela.	Tip ležaja, vrsta ležaja	
LOD 400	Modelira se kao element točnih dimenzija i spoj s elementima mosta	3D solid se definira sa svim pripadajućim elementima za spojeve (spojne, sidrene ploče..)	Materijali, nosivost, kut zaokreta.	
LOD 500			Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

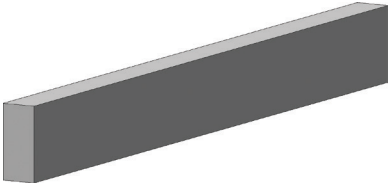
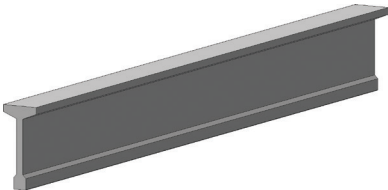
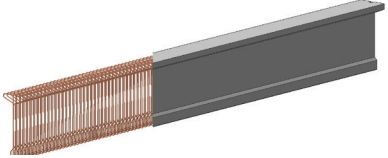
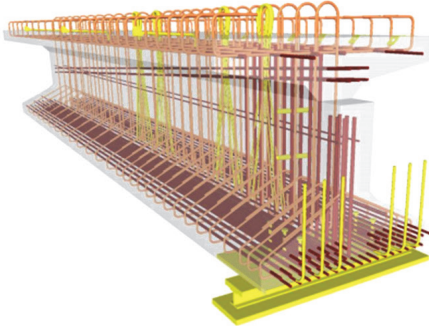
Kategorija:	Mostovi			
Grupa:	Gornji ustroj			
Element:	Glavni nosač			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Modelira se kao element približnih dimenzija (npr. visine)	3D solid približnih dimenzija poprečnog presjeka i približne duljine	Materijal	
LOD 300	Modelira se kao element točnih dimenzija poprečnog presjeka i duljine s definiranim poprečnim i uzdužnim nagibima.	3D solid preciznih dimenzija koje se mogu izmjeriti iz modela. Uključuje sve promjene poprečnog presjeka duž nosača. Ne mora uključivati prodore za instalacije te prodore za vijčane i slične spojeve ukoliko se radi o čeličnim nosačima.	Materijal definiran sa svim bitnim svojstvima (npr. Klasa betona, čvrstoća čelika, itd.)	
LOD 350	Element se modelira sa svim pripadajućim zaobljenjima, istacima i utorima. Modelira se armatura i kabeli prednapinjanja unutar elemenata (ukoliko postoje), ukrute (ako je riječ o čeličnim nosačima) te prodori za instalacije.	3D solid elemenata armature i kabela prednapinjanja s precizno definiranim poprečnim presjekom, oblikom i duljinom. Također uključuje prodore za instalacije, ne mora uključivati prodore za vijčane i slične spojeve ukoliko se radi o čeličnim nosačima.	Vrsta materijala armature ili natega (ukoliko postoje), faznost izvedbe	
LOD 400	Modeliraju se sidra kabela prednapinjanja (ukoliko postoje), podupirači kabela (ukoliko postoje) čelični spojevi (ukoliko postoje), moždanici (ukoliko postoje) te privremena konstrukcija za tehnologiju izvođenja.	3D solid se definira sa svim pripadajućim elementima spojeva (vijci, pločice)	-	
LOD 500			Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

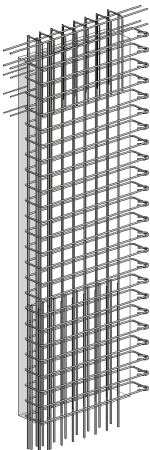
Kategorija:	Mostovi			
Grupa:	Gornji ustroj			
Element:	Poprečni nosač			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Ne modelira se			
LOD 300	Modelira se kao element točnih dimenzija poprečnog presjeka i duljine s definiranim poprečnim i uzdužnim nagibima.	3D solid preciznih dimenzija koje se mogu izmjeriti iz modela. Uključuje sve promjene poprečnog presjeka duž nosača. Ne mora uključivati prodore za instalacije te prodore za vijčane i slične spojeve ukoliko se radi o čeličnim nosačima.	Materijal definiran sa svim bitnim svojstvima (npr. Klasa betona, čvrstoća čelika, itd.)	
LOD 350	Element se modelira sa svim pripadajućim zaobljenima, istacima i utorima. Modelira se armatura i kabeli prednapinjanja unutar elemenata (ukoliko postoje), ukrute (ako je riječ o čeličnim nosačima) te prodori za instalacije.	3D solid elemenata armature i kabela prednapinjanja s precizno definiranim poprečnim presjekom, oblikom i duljinom. Također uključuje prodore za instalacije, ne mora uključivati prodore za vijčane i slične spojeve ukoliko se radi o čeličnim nosačima.	Vrsta materijala armature ili natega (ukoliko postoje), faznost izvedbe	
LOD 400	Modeliraju se sidra kabela prednapinjanja (ukoliko postoje), podupirači kabela (ukoliko postoje) čelični spojevi (ukoliko postoje), moždanici (ukoliko postoje) te privremena konstrukcija za tehnologiju izvođenja.	3D solid se definira sa svim pripadajućim elementima spojeva (vijci, pločice)	-	
LOD 500			Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

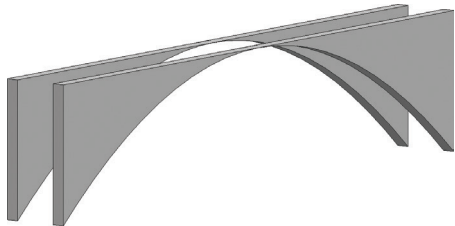
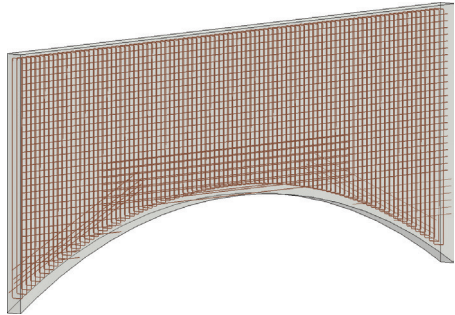
Kategorija:	Mostovi			
Grupa:	Gornji ustroj			
Element:	Podužni nosač			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Ne modelira se			
LOD 300	Modelira se kao element točnih dimenzija poprečnog presjeka i duljine s definiranim poprečnim i uzdužnim nagibima.	3D solid preciznih dimenzija koje se mogu izmjeriti iz modela. Uključuje sve promjene poprečnog presjeka duž nosača. Ne mora uključivati prodore za instalacije te prodore za vijčane i slične spojeve ukoliko se radi o čeličnim nosačima.	Materijal definiran sa svim bitnim svojstvima (npr. Klasa betona, čvrstoća čelika, itd.)	
LOD 350	Element se modelira sa svim pripadajućim zaobljenima, istacima i utorima. Modelira se armatura i kabeli prednapinjanja unutar elemenata (ukoliko postoje), ukrute (ako je riječ o čeličnim nosačima) te prodori za instalacije.	3D solid elemenata armature i kabela prednapinjanja s precizno definiranim poprečnim presjekom, oblikom i duljinom. Također uključuje prodore za instalacije, ne mora uključivati prodore za vijčane i slične spojeve ukoliko se radi o čeličnim nosačima.	Vrsta materijala armature ili natega (ukoliko postoje), faznost izvedbe	
LOD 400	Modeliraju se sidra kabela prednapinjanja (ukoliko postoje), podupirači kabela (ukoliko postoje) čelični spojevi (ukoliko postoje), moždanici (ukoliko postoje) te privremena konstrukcija za tehnologiju izvođenja.	3D solid se definira sa svim pripadajućim elementima spojeva (vijci, pločice)	-	
LOD 500			Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

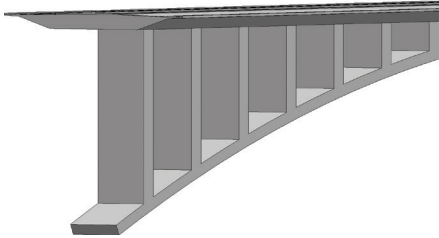
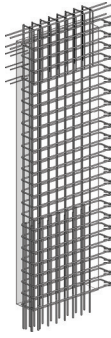
Kategorija:	Mostovi			
Grupa:	Gornji ustroj			
Element:	Spreгови i ukrute			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Ne modelira se			
LOD 300	Modelira se kao element točnih dimenzija poprečnog presjeka i duljine.	3D solid preciznih dimenzija koje se mogu izmjeriti iz modela. Uključuje sve promjene poprečnog presjeka duž nosača.	Materijal definiran sa svim bitnim svojstvima (npr. Klasa betona, čvrstoća čelika, itd.)	
LOD 350	Kao LOD 300	Kao LOD 300	Kao LOD 300	
LOD 400	Modeliraju se čelični spojevi	3D solid se definira sa svim pripadajućim elementima spojeva (vijci, pločice)	-	
LOD 500			Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

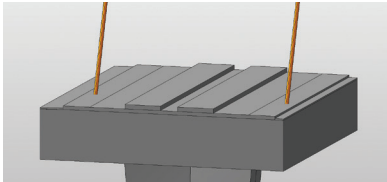
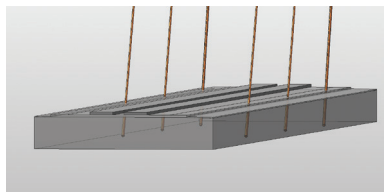
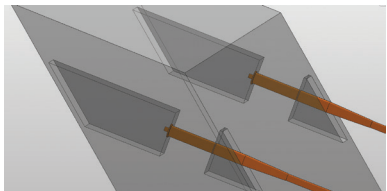
Kategorija:	Mostovi			
Grupa:	Gornji ustroj			
Element:	Ploča kolnika			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Modelira se kao element približnih dimenzija	3D solid približnih dimenzija poprečnog presjeka i približne duljine	Materijal	
LOD 300	Modelira se kao element točnih dimenzija poprečnog presjeka i duljine s definiranim poprečnim i uzdužnim nagibima.	3D solid preciznih dimenzija koje se mogu izmjeriti iz modela. Uključuje sve promjene poprečnog presjeka duž nosača.	Materijal definiran sa svim bitnim svojstvima (npr. Klasa betona, čvrstoća čelika, itd.)	
LOD 350	Element se modelira sa svim pripadajućim zaobljenima, istacima i utorima. Modeliraju se razdjelne reške. Modelira se armatura unutar elemenata (ukoliko postoji). Ukoliko je riječ o predgotovljenim elementima modeliraju se kablovi prednapinjanja.	3D solidi elemenata armature i kabela prednapinjanja s precizno definiranim poprečnim presjekom, oblikom i duljinom. Također uključuje prodore za instalacije.	Vrsta materijala armature ili kabela natega (ukoliko postoje), faznost izvedbe.	
LOD 400	Modeliraju se sidra kabela prednapinjanje i podupirači kabela. Kabeli prednapinjanja trebaju sadržavati točan presjek i raspored užadi unutar presjeka. (Ukoliko postoje) Modelira se privremena konstrukcija za tehnologiju izvođenja.	3D solid ukupnog poprečnog profila kabela prednapinjanja te vanjsku geometriju sidra	Vrsta materijala i karakteristični poprečni presjek kabela prednapinjanja kao 2D detalj.	
LOD 500			Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

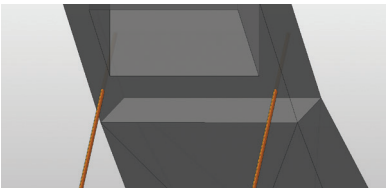
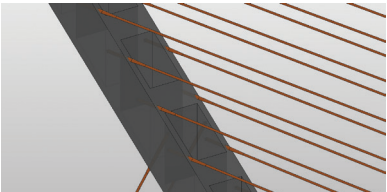
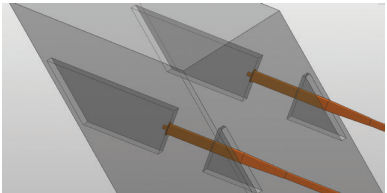
Kategorija:	Mostovi			
Grupa:	Gornji ustroj			
Element:	Sekundarni nosač			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Modelira se kao element približnih dimenzija (npr. visine)	3D solid približnih dimenzija poprečnog presjeka i približne duljine	Materijal	
LOD 300	Modelira se kao element točnih dimenzija poprečnog presjeka i duljine s definiranim poprečnim i uzdužnim nagibima.	3D solid preciznih dimenzija koje se mogu izmjeriti iz modela. Uključuje sve promjene poprečnog presjeka duž nosača. Ne mora uključivati prodore za instalacije te prodore za vijčane i slične spojeve ukoliko se radi o čeličnim nosačima.	Materijal definiran sa svim bitnim svojstvima (npr. Klasa betona, čvrstoća čelika, itd.)	
LOD 350	Modelira se armatura i kabeli prednapinjanja unutar elemenata (ukoliko postoje), ukrute (ako je riječ o čeličnim nosačima) te prodori za instalacije.	3D solid elemenata armature i kabela prednapinjanja s precizno definiranim poprečnim presjekom, oblikom i duljinom. Također uključuje prodore za instalacije, ne mora uključivati prodore za vijčane i slične spojeve ukoliko se radi o čeličnim nosačima.	Vrsta materijala armature ili natega (ukoliko postoje), faznost izvedbe	
LOD 400	Modeliraju se sidra kabela prednapinjanja (ukoliko postoje), podupirači kabela (ukoliko postoje) čelični spojevi (ukoliko postoje), moždanici (ukoliko postoje) te privremena konstrukcija za tehnologiju izvođenja.	3D solid se definira sa svim pripadajućim elementima spojeva (vijci, pločice)	-	
LOD 500			Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

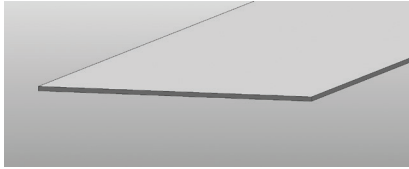
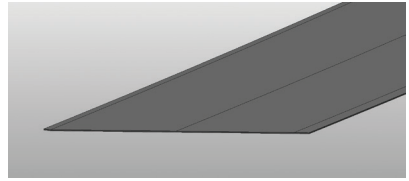
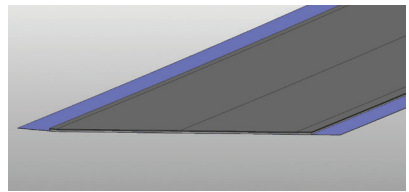
Kategorija:	Mostovi			
Grupa:	Pomost			
Element:	Stup			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Modelira se kao element približnih dimenzija	3D solid približnih dimenzija poprečnog presjeka i približne duljine	Materijal	
LOD 300	Modelira se kao element točnih dimenzija poprečnog presjeka i visine	3D solid preciznih dimenzija koje se mogu izmjeriti iz modela. Uključuje sve promjene poprečnog presjeka duž stupa. Ne mora uključivati prodore za instalacije te prodore za vijčane i slične spojeve ukoliko se radi o čeličnim stupovima.	Materijal definiran sa svim bitnim svojstvima (npr. Klasa betona, čvrstoća čelika, itd.)	
LOD 350	Modelira se armatura unutar elemenata (ukoliko postoji), ukrute (ako je riječ o čeličnim nosačima) te prodori za instalacije.	3D solid elemenata armature i kabela prednapinjanja s precizno definiranim poprečnim presjekom, oblikom i duljinom. Također uključuje prodore za instalacije, ne mora uključivati prodore za vijčane i slične spojeve ukoliko se radi o čeličnim nosačima.	Vrsta materijala armature (ukoliko postoje), faznost izvedbe	
LOD 400	Modeliraju se čelični spojevi (ukoliko postoje), moždanici (ukoliko postoje) te privremena konstrukcija za tehnologiju izvođenja.	3D solid se definira sa svim pripadajućim elementima spojeva (vijci, pločice)	-	
LOD 500			Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

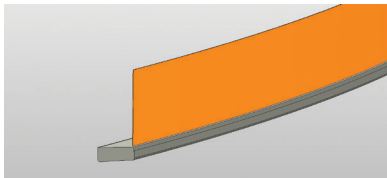
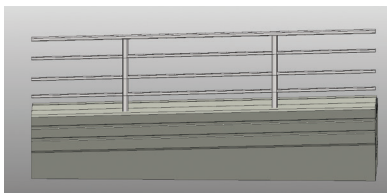
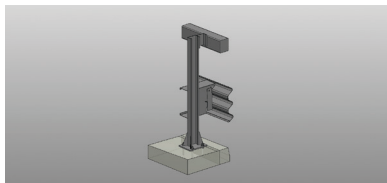
Kategorija:	Mostovi			
Grupa:	Pomost			
Element:	Čeoni zid			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Modelira se kao element približnih dimenzija (npr. debljine)	3D solid približnih dimenzija poprečnog presjeka i približne duljine	Materijal	
LOD 300	Modelira se kao element točnih dimenzija sa svim uključenim slojevima s definiranim materijalima	3D solidi preciznih dimenzija koje se mogu izmjeriti iz modela. Ne mora uključivati prodore za instalacije.	Materijal definiran sa svim bitnim svojstvima (npr. Klasa betona, čvrstoća, itd.)	
LOD 350	Element se modelira sa svim pripadajućim zaobljenima, istacima i utorima. Modeliraju se razdjelne reške. Modelira se armatura unutar elemenata (ukoliko postoji). Ukoliko je riječ o predgotovljenim elementima modeliraju se kablovi prednapinjanja.	3D solidi elemenata armature i kabela prednapinjanja s precizno definiranim poprečnim presjekom, oblikom i duljinom. Također uključuje prodore za instalacije.	Vrsta materijala armature (ukoliko postoje), faznost izvedbe	
LOD 400	Modeliraju se sidra kabela prednapinjanje, podupirači kabela. Kabeli prednapinjanja trebaju sadržavati definiranim presjekom i rasporedom niti unutar njega. (Ukoliko postoje)	3D solid se definira sa svim pripadajućim elementima spojeva (vijci, pločice)	-	
LOD 500			Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

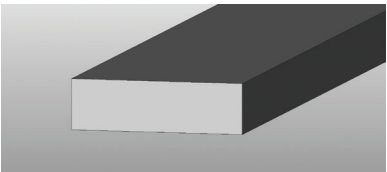
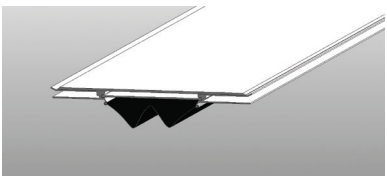
Kategorija:	Mostovi			
Grupa:	Pomost			
Element:	Ispuna			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Modelira se kao element približnih dimenzija (npr. debljine)	3D solid približnih dimenzija poprečnog presjeka i približne duljine	Materijal	
LOD 300	Modelira se kao element točnih dimenzija sa svim uključenim slojevima s definiranim materijalima	3D solidi preciznih dimenzija koje se mogu izmjeriti iz modela. Ne mora uključivati prodore za vijčane i slične spojeve ukoliko se radi o čeličnim elementima ispune.	Materijal definiran sa svim bitnim svojstvima (npr. Klasa betona, čvrstoća čelika, itd.)	
LOD 350	Modelira se armatura i kabeli prednapinjanja unutar elemenata (ukoliko postoje), ukrute (ako je riječ o čeličnim nosačima) te prodori za instalacije.	3D solid elemenata armature i natega s precizno definiranim poprečnim presjekom, oblikom i duljinom. Također uključuje prodore za instalacije, ne mora uključivati prodore za vijčane i slične spojeve ukoliko se radi o čeličnim nosačima.	Vrsta materijala armature (ukoliko postoje), faznost izvedbe	
LOD 400	Modeliraju se sidra kabela prednapinjanja (ukoliko postoje), čelični spojevi (ukoliko postoje), moždanici (ukoliko postoje) te privremena konstrukcija za tehnologiju izvođenja.	3D solid se definira sa svim pripadajućim elementima spojeva (vijci, pločice)	-	
LOD 500			Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

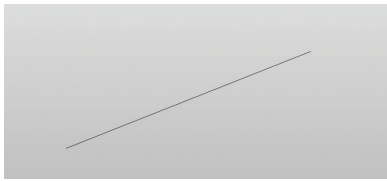
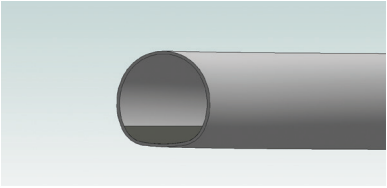
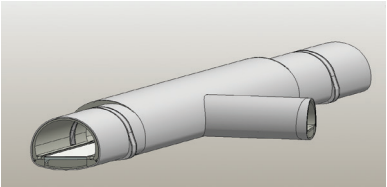
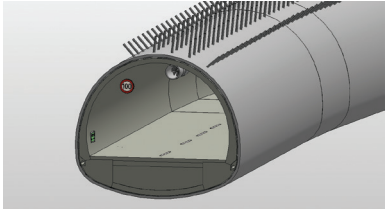
Kategorija:	Mostovi			
Grupa:	Pomost			
Element:	Vješaljke			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Modelira se kao element približnih dimenzija (npr. debljine)	3D solid približnih dimenzija poprečnog presjeka i približne duljine	Materijal	
LOD 300	Modelira se kao element točnih dimenzija	3D solidi preciznih dimenzija koje se mogu izmjeriti iz modela. Ne mora uključivati točne dimenzije spojeva.	Materijal definiran sa svim bitnim svojstvima (npr. Klasa betona, čvrstoća čelika, itd.)	
LOD 400	Modelira se točna dimenzija vješaljki i spoja.	3D solid elemenata s precizno definiranim poprečnim presjekom, oblikom i duljinom. Ne mora uključivati prodore za vijčane i slične spojeve.	Vrsta materijala armature (ukoliko postoje), faznost izvedbe	
LOD 500	-	-	Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

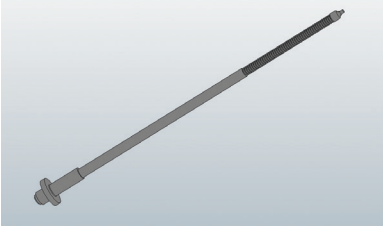
Kategorija:	Mostovi			
Grupa:	Pomost			
Element:	Zatege			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Modelira se kao element približnih dimenzija (npr. debljine)	3D solid približnih dimenzija poprečnog presjeka i približne duljine	Materijal	
LOD 300	Modelira se kao element točnih dimenzija	3D solidi preciznih dimenzija koje se mogu izmjeriti iz modela. Ne mora uključivati točne dimenzije sidra.	Materijal definiran sa svim bitnim svojstvima (npr. Klasa betona, čvrstoća čelika, itd.)	
LOD 400	Modeliraju se svi elementi sidrenja zatega.	3D solid elemenata s precizno definiranim poprečnim presjekom, oblikom i duljinom. Ne mora uključivati prodore za vijčane i slične spojeve, sadrži sidra zatega.	Vrsta materijala armature (ukoliko postoje), faznost izvedbe	
LOD 500	-	-	Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

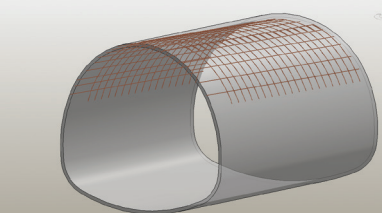
Kategorija:	Mostovi			
Grupa:	Gornji ustroj			
Element:	Slojevi hodnika i kolnika			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Modelira se kao element približnih dimenzija	3D solid približnih dimenzija poprečnog presjeka i približne duljine	-	
LOD 300	Modelira se kao element točnih dimenzija poprečnog presjeka i duljine s definiranim poprečnim i uzdužnim nagibima	3D solid preciznih dimenzija koje se mogu izmjeriti iz modela. Uključuje sve promjene poprečnog presjeka duž nosača. Može biti jedan solid za ukupnu debljinu slojeva.	-	
LOD 350	Element se modelira sa svim pripadajućim zaobljenima, istacima i utorima.	3D solidi elemenata s precizno definiranim poprečnim presjekom, oblikom i duljinom te debljinom za svaki pojedini sloj materijala. Uključuje prodore za instalacije.	Materijal definiran sa svim bitnim svojstvima (npr. Klasa betona, čvrstoća čelika, itd.)	
LOD 400	Kao LOD 350	Kao LOD 350	Kao LOD 350	
LOD 500			Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

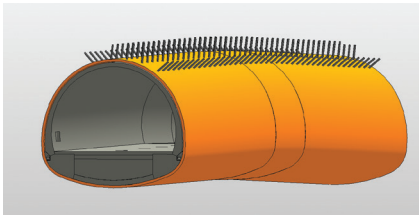
Kategorija:	Mostovi			
Grupa:	Gornji ustroj			
Element:	Ograde			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Modelira se kao generički element i ne mora sadržavati točan raspored horizontalnih i vertikalnih elemenata ograde	3D solid ili ploha koja predstavlja mjesto na kojem će se nalaziti ograda	-	
LOD 300	Točna geometrija ograde s definiranim rasporedom horizontalnih i vertikalnih elemenata ograde	3D solid s dimenzijama koje se mogu izmjeriti iz modela.	Vrsta materijala	
LOD 400	Modeliraju se elementi spojeva elemenata ograde kao i spojevi ograde s konstrukcijom objekta.	3D solid se definira sa svim pripadajućim elementima spojeva (vijci, pločice)	-	
LOD 500	-	-	Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

Kategorija:	Mostovi			
Grupa:	Gornji ustroj			
Element:	Prijelazni uređaji (Dilatacijske naprave)			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Ne modelira se	-	-	
LOD 300	Modelira se kao element ukupnih vanjskih gabarita	3D solid s dimenzijama koje se mogu izmjeriti iz modela.	Vrijednost dopuštenog pomaka	
LOD 400	Modelira se kao element točnih dimenzija sa svim pripadajućim dijelovima naprave	3D solid se definira sa svim pripadajućim elementima naprave	Materijali svih elemenata naprave	
LOD 500	-	-	Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

Kategorija:	Tuneli			
Grupa:	Tunel			
Element:	Tunel			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Linijski prikazati predviđeni položaj objekta.	Linija	Duljina	
LOD 200	Za navedeni LOD modeliraju se glavne i servisne cijevi tunela podijeljen na primarnu podgradu i sekundarnu oblogu.	Solid s približnim vanjskim gabaritima primarne podgrade i sekundarne obloge.	Materijal	
LOD 300	Modeliraju se svi ostali elementi tunela, kao što su niše i portali. Sekundarna obloga modelira se razdvojena na sastavne elemente (temelj, instalacije, betonska obloga). Nije potrebno modelirati elemente primarne podgrade. Modelira se oprema tunela s procijenjenim dimenzijama, ventilatori, prometni znakovi, semafori, itd.	3D solid preciznih dimenzija koje se mogu izmjeriti iz modela. Uključuje sve promjene poprečnog presjeka duž cijevi tunela.	Materijal, razredi vatrootpornosti elemenata (ukoliko postoje). Primarna obloga sadržava informacije o kategorije te potrebnoj količini sidra, mreža, torkreta.	
LOD 400	Modeliraju se svi elementi primarne podgrade (sidra, mreže, torkret). Modelira se armatura (ukoliko postoji)	3D solidi elemenata potrebni za izvedbenu fazu projekta. Sadrže točne pozicije i geometriju svih elemenata tunela.	Faznost izvedbe.	
LOD 500	-	-	Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

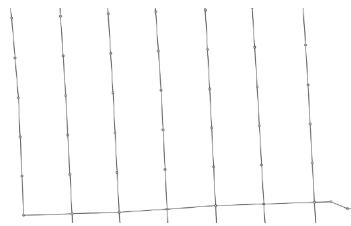
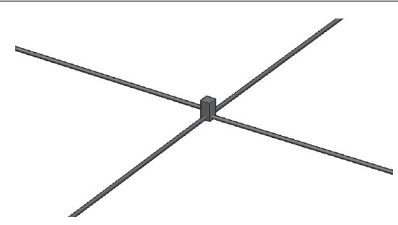
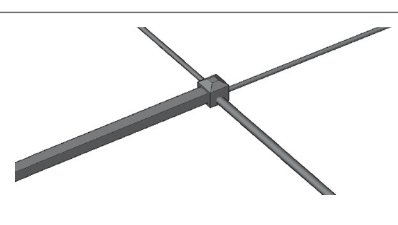
Kategorija:	Tuneli			
Grupa:	Primarna podgrada			
Element:	Sidra			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Ne modelira se	-	-	
LOD 300	Ne modelira se	-	Informacije o sidrima unose se u elemente primarne podgrade	
LOD 400	Modeliraju se svi elementi sidra s točnim pozicijama i na točnim razmacima	3D solidi elemenata potrebni za izvedbenu fazu projekta. Sadrže točne pozicije i geometriju.	Faznost izvedbe	
LOD 500	-	-	Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

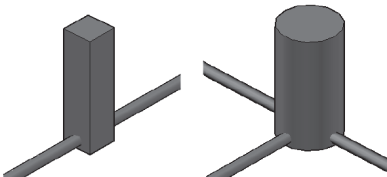
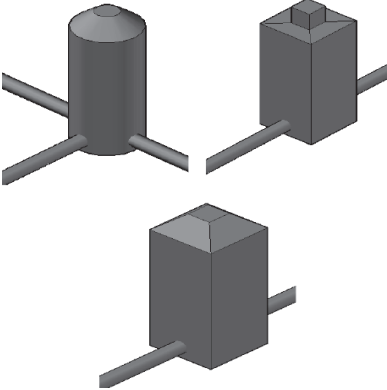
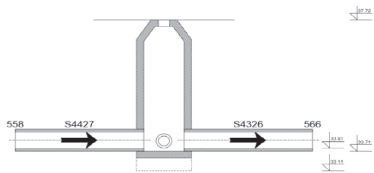
Kategorija:	Tuneli			
Grupa:	Primarna podgrada			
Element:	Armaturene mreže			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Ne modelira se	-	-	
LOD 300	Ne modelira se	-	Informacije o čeličnim mrežama unose se u elemente primarne podgrade	
LOD 400	Modeliraju se sve čelične mreže na točnim pozicijama i s točnim rasporedom	3D solidi elemenata potrebni za izvedbenu fazu projekta. Sadrže točne pozicije i geometriju.	Faznost izvedbe	
LOD 500	-	-	Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

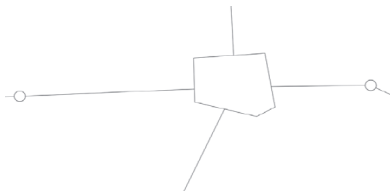
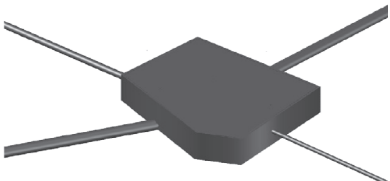
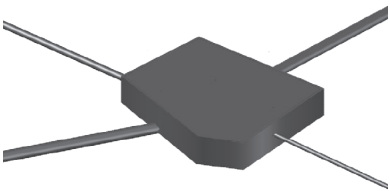
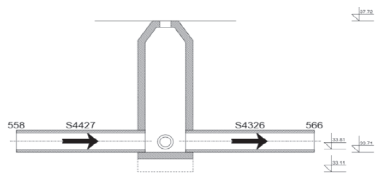
Kategorija:	Tuneli			
Grupa:	Primarna podgrada			
Element:	Mlazni beton			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se	-	-	
LOD 200	Ne modelira se	-	-	
LOD 300	Ne modelira se	-	Informacije o mlaznom betonu unose se u elemente primarne podgrade	
LOD 400	Modelira se mlazni beton	3D solidi elemenata potrebni za izvedbenu fazu projekta.	Faznost izvedbe	
LOD 500	-	-	Podaci o stvarno ugrađenim elementima	

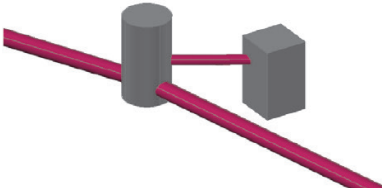
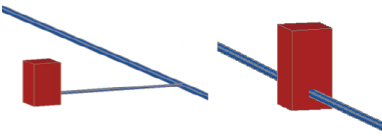
Tablice LOD-ova po najčešćim tipovima građevina u infrastrukturnim projektima

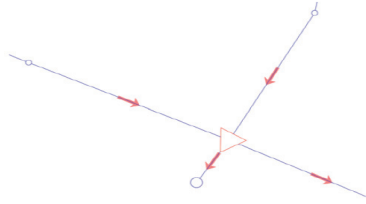
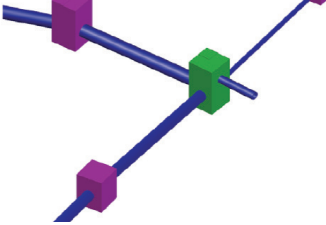
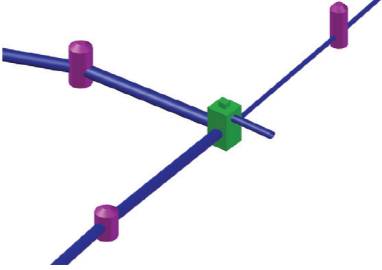
HIDROTEHNIKA

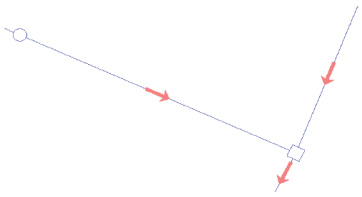
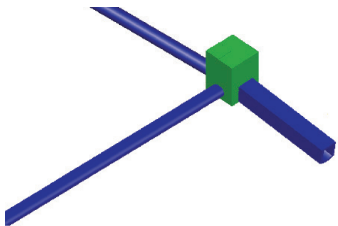
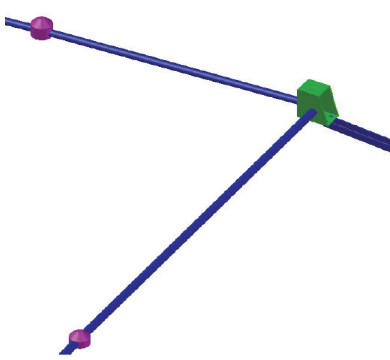
Hidrotehnički objekti			
Odvodnja			
Cijev odvodnje			
Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
Cijevi sustava odvodnje se modeliraju u 2D kao linijski elementi. Ako je to potrebno može se modelirati i u 3D (ako nivo ulaznih podataka to omogućuje). Sustav je moguće generalizirati (pokazivati se mogu samo osnovni kanali).	Linije ili polilinije u 2D (opciono 3D). Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično)	Tip sustava (opis sustava) (oborinski, otpadni...) - Opis sustava - Ime cijevi (ili ime kanala) - Nazivni promjer - Duljina cijevi (ili duljina kanala)	
Cijevi se modeliraju u 3D ne uzimajući u obzir točan oblik ili veličinu cijevi. Cijevi se mogu modelirati u razredima promjera (npr. <400, 400-600, >600) ako je pogodno. Točni promjer se zapisuje u podatke cijevi. Prikazuje se samo vanjski plašt cijevi (puni solid). Elementi se smještaju na aproksimativnu visinu (npr. na konstantnu dubinu ispod terena - DTM-a). Prikazuju se svi kanali i ogranci	Cijev je 3D solid (samo vanjski plašt). Svi elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) (oborinski, otpadni...) - Opis sustava (opisni podatak koji bolje opisuje položaj ili pripadnost) - Ime cijevi - Ime kanala - Nazivni promjer - Materijal cijevi - Duljina cijevi	
Cijevi se modeliraju u 3D prema obliku cijevi (kružna, pravokutna, jajasta...) i točnom vrijednošću promjera (ili ostalih parametara ako oblik cijevi nije kružni). Modeliranje se vrši prema točnim podacima visina/dubina cijevi (početak i kraj cijevi). Modelira se samo vanjski plašt cijevi. Iskop cijevi se ne modelira, vrijednosti iskopa, zasipa i gornjih slojeva se zapisuje u podatke. Eventualno, mogu se modelirati rubovi rova kao 3D linije ako je to važno za projekt (u visoko urbaniziranim područjima)	Cijev je 3D solid. Modelira se samo vanjski plašt cijevi. Svi elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Ime cijevi - Oblik cijevi - Geometrijski parametri cijevi (nazivni promjer ili drugi podaci) - Materijal cijevi - Duljina cijevi - Visine nivelete - Podaci o rovu (iskop, pješčana posteljica, pješčani zasip, ostali zasipi, gornji slojevi ili drugi dodatni podaci ako rov nije standardnog oblika ili izvedbe) - Eventualni dodatni podaci vezani na specifičnost projekta ili zahtjeve	
Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	
Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	

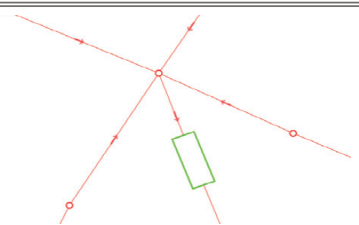
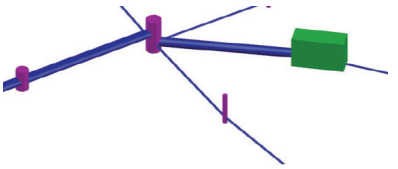
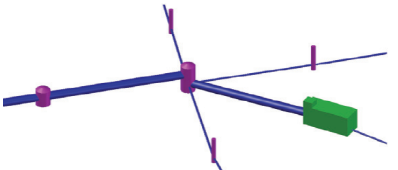
Kategorija:	Hidrotehnički objekti			
Grupa:	Odvodnja			
Element:	Reviziona okna - standardna			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Modelira se u 2D-u ili ako je to moguće u 3D (ako nivo ulaznih podataka to omogućuje).	Koriste se 2D elementi - simboli (krug, pravokutnik ili odgovarajući blokovi). Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično). Ako se radi u 3D, okna se modeliraju kao solidi generaliziranog oblika.	Tip sustava (opis sustava) (oborinski, otpadni...) - Kategorija okna (opis vrste okna koji može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime okna	
LOD 200	Okna se modeliraju se 3D kao solidi različitih oblika i približnih dimenzija (tlocrtne dimenzije i visina). Razlikuju se osnovni oblici okna (kružni, pravokutni,...). Modelira se samo vanjski plašt okna (ne modeliraju se elementi suženja okna za izlaz ili drugi elementi). Dimenzije okna moraju biti u skladu s modeliranim cijevima (priključak cijevi mora biti u skladu s dimenzijom okna)	Koriste se 3D solid elementi (prizme ili valjci) aproksimativnih dimenzija. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) (oborinski, otpadni...) - Kategorija okna (opis vrste okna koji može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime okna - Visina okna	
LOD 300	Okna se modeliraju u 3D točno prema definiranim tipovima okna s točnim dimenzijama. Precizno se definiraju svi dijelovi okna – dno okna, ulazni dio (suženje za ulaz i poklopac). Modelira se samo vanjski plašt okna (bez unutarnjih dijelova)	Okna se modeliraju kao 3D solidi točnih dimenzija. Okna moraju biti modelirana kao jedan jedinstveni solid (pojedini dijelovi okna moraju biti grupirani). Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) (oborinski, otpadni...) - Kategorija okna (opis vrste okna koji može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime okna - Materijal okna - Tip izvedbe - Oblik okna - Dimenzije (širina, dužina, visina – vanjska i unutarnja) - Kota poklopca - Nosivost poklopca - Ako je moguće, pridružiti shemu okna – tlocrt, presjek s dimenzijama i kotama	
LOD 350	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300 osim sheme okna koja je obavezna (2D shema) - tlocrt, presjek sa svim važnim dimenzijama i kotama	
LOD 400	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	

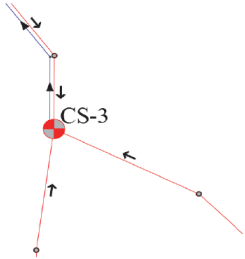
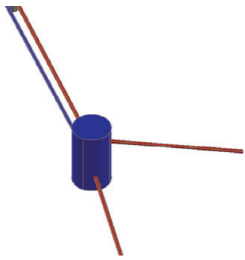
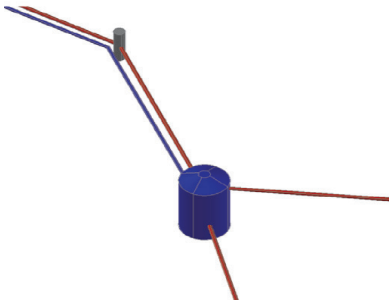
Kategorija:	Hidrotehnički objekti			
Grupa:	Odvodnja			
Element:	Reviziona okna - nestandardna, veće dimenzije, kaskadna, tangencijalna			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Modelira se u 2D-u ili ako je to moguće u 3D (ako nivo ulaznih podataka to omogućuje). Potrebno je istaknuti nestandardno okno s dimenzijama ili oblikom da se razlikuje od standardnih okana	Koriste se 2D elementi - simboli (krug, pravokutnik ili odgovarajući blokovi). Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično). Ako se radi u 3D, okna se modeliraju kao solidi generaliziranog oblika.	Tip sustava (opis sustava) (oborinski, otpadni...) - Kategorija okna (opis vrste okna koji može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime okna - Tip okna	
LOD 200	Modelira se 3D kao solidi različitih oblika i približnih dimenzija (tlocrtne dimenzije i visina). Modelira se samo vanjski plašt Dimenzije okna moraju približno definirati nestandardno okno.	Koriste se 3D solid elementi aproksimativnih dimenzija. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) (oborinski, otpadni...) - Kategorija okna (opis vrste okna koji može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime okna - Dimenzije gabarita (širina, dužina, visina)	
LOD 300	Okna se modeliraju u 3D s točnim dimenzijama. Precizno se definiraju svi dijelovi okna. Modelira se samo vanjski plašt okna (bez unutarnjih dijelova)	Okna se modeliraju kao 3D solidi točnih dimenzija. Okna moraju biti modelirana kao jedan jedinstveni solid (pojedini dijelovi okna moraju biti grupirani). Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) (oborinski, otpadni...) - Kategorija okna (opis vrste okna koji može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime okna - Dimenzije (širina, dužina, visina – vanjska i unutarnja) - Visina kaskade - Kota poklopca - Nosivost poklopca - Ako je moguće, pridružiti shemu okna – tlocrt, presjek s dimenzijama i kotama	
LOD 350	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300 osim sheme koja je obavezna – tlocrt, presjek sa svim važnim dimenzijama i kotama	
LOD 400	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	

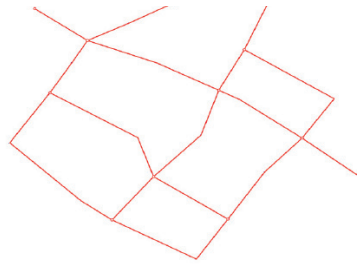
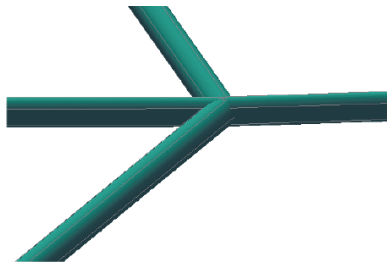
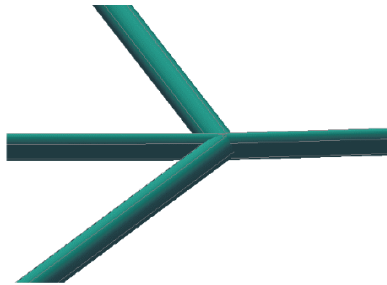
Kategorija:	Hidrotehnički objekti			
Grupa:	Odvodnja			
Element:	Slivnici			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Ne modelira se			
LOD 200	Slivnici se modeliraju u 3D kao solidi približnih dimenzija (tlocrtne dimenzije i visina). Modelira se samo vanjski plašt.	Koriste se 3D solidi s aproksimativnim dimenzijama. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) (oborinski, otpadni...) - Kategorija okna (opis vrste okna koji može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime slivnika - Visina slivnika	
LOD 300	Slivnici se modeliraju u 3D s točnim dimenzijama. Slivnik se modelira skupa sa priključkom na glavnu cijev ili okno. Precizno se definiraju svi dijelovi okna (uključivo i taložni dio okna). Modelira se samo vanjski plašt okna (bez unutarnjih dijelova).	Slivnici se modeliraju kao 3D solidi točnih dimenzija. Slivnici moraju biti modelirani kao jedan jedinstveni solid (pojedini dijelovi okna moraju biti grupirani). Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija okna (opis vrste okna Može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime slivnika - Materijal - Tip izvedbe - Tip rešetke - Nosivost rešetke - Dimenzije (širina, dužina, visina – vanjska i unutarnja)	
LOD 350	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	
LOD 400	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	

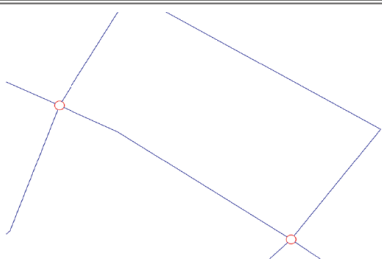
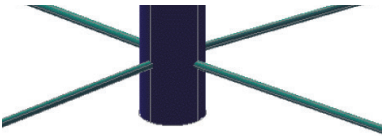
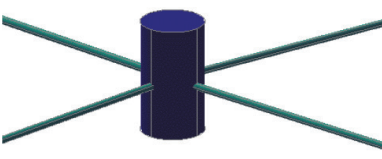
Kategorija:	Hidrotehnički objekti			
Grupa:	Odvodnja			
Element:	Preljevi			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Modelira se u 2D-u ili ako je to moguće u 3D (ako nivo ulaznih podataka i aplikacija za projektiranje to omogućuje). Potrebno je istaknuti prelivno okno preko drugačijeg stila u odnosu na standardna okna. Ukoliko su dimenzije prelivnog okna veće od standardnih potrebno ga je tretirati kao nestandardno okno	Koriste se 2D elementi – krug, pravokutnik ili odgovarajući blokovi. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično). Preljev mora biti prikazan na način da se razlikuje od drugih elemenata mreže. Ako se radi u 3D, okna se modeliraju kao solidi generaliziranog oblika.	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija okna (može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime preljeva (okna) - Visina okna - Visina preljeva	
LOD 200	Preljevi se modeliraju u 3D kao solidi približnih dimenzija (tlocrtne dimenzije i visina). Modelira se samo vanjski plašt. Potrebno je istaknuti prelivno okno preko drugačijeg stila u odnosu na standardna okna. Ukoliko su dimenzije prelivnog okna veće od standardnih potrebno ga je tretirati kao nestandardno okno	Koriste se 3D solidi s aproksimativnim dimenzijama. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija okna (može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime preljeva (okna) - Visina okna - Visina preljeva	
LOD 300	Preljevi se modeliraju u 3D s točnim dimenzijama. Modelira se samo vanjski plašt okna (bez unutarnjih dijelova) Ukoliko su dimenzije prelivnog okna veće od standardnih potrebno ga je tretirati kao nestandardno okno	Preljevi se modeliraju kao 3D solidi točnih dimenzija. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija okna (može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime preljeva - Materijal - Tip izvedbe - Dimenzije (širina, dužina, visina – vanjska i unutarnja) - Nosivost poklopca - Dolazni protok - Preljevni protok - Odlazni protok	
LOD 350	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	

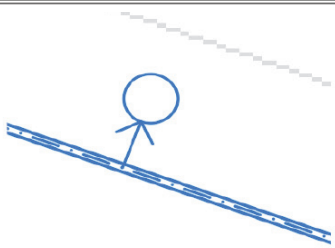
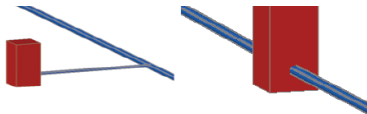
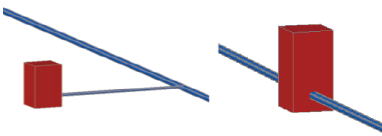
Kategorija:	Hidrotehnički objekti			
Grupa:	Odvodnja			
Element:	Izljev			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Modelira se u 2D-u ili ako je to moguće u 3D. Izljev mora imati posebni stil prikaza da bi se mogao razlikovati od ostalih objekata mreže	Koriste se 2D elementi – krug, pravokutnik ili odgovarajući blokovi. Ako se radi u 3D, izljev se modelira kao solid generaliziranog oblika.	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija okna (može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime izljeva	
LOD 200	Izljev se modelira u 3D kao solid približnih dimenzija (tlocrtne dimenzije i visina). Modelira se samo vanjski plašt. Potrebno je istaknuti izljev preko drugačijeg stila prikaza u odnosu na druge objekte mreže	Koriste se 3D solidi s aproksimativnim dimenzijama. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija objekta (Može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime izljeva - Dimenzije izljeva (vanjske)	
LOD 300	Izljev se modelira u 3D s točnim vanjskim dimenzijama. Modelira se samo vanjski plašt (bez unutarnjih dijelova)	Koriste se 3D solidi s točnim dimenzijama. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično). Izljev mora biti modeliran kao jedan jedinstveni solid.	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija objekta (Može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime izljeva - Točne dimenzije (vanjske i unutarnje) - Materijal - Tip izvedbe - Protok (Q)	
LOD 350	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	
LOD 400	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	

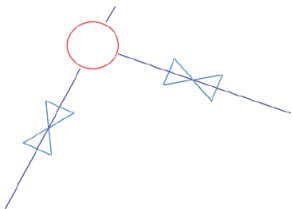
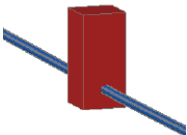
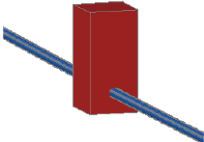
Kategorija:	Hidrotehnički objekti			
Grupa:	Odvodnja			
Element:	Separator (U ovoj specifikaciji separator se modelira kao dio ukupnog BIM modela odvodnje, zajedno sa svim ostalim tipovima objekata. Naglasak je na vanjske dimenzije i važne podatke u integralnom sustavu. Detaljni model samog separatora nije predmet ove specifikacije)			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Modelira se u 2D-u ili ako je to moguće u 3D. Separator mora imati posebni stil prikaza da bi se mogao razlikovati od ostalih objekata mreže	Koriste se 2D elementi – krug, pravokutnik ili odgovarajući blokovi. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično). Separator mora biti prikazan na način da se razlikuje od drugih elemenata mreže. Ako se radi u 3D, separator se modelira kao solid generaliziranog oblika.	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija (može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime separatora - Visina - Protok	
LOD 200	Separator se modelira u 3D kao solid približnih dimenzija (tlocrtne dimenzije i visina). Modelira se samo vanjski plašt. Potrebno je istaknuti separator preko drugačijeg stila u odnosu na druge objekte mreže	Koriste se 3D solidi s aproksimativnim dimenzijama. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija (može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime separatora - Visina - Protok	
LOD 300	Separator se modelira u 3D s točnim dimenzijama. Modelira se samo vanjski plašt separatora (bez unutarnjih dijelova)	Koriste se 3D solidi s točnim dimenzijama. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija objekta (može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime separatora - Protok - Tip separatora - Točne dimenzije (vanjske i unutarnje) - Obilazni vod (da/ne) - Način separacije	
LOD 350	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	
LOD 400	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	

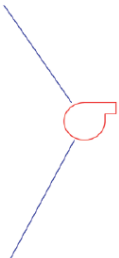
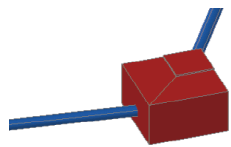
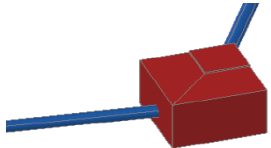
Kategorija:	Hidrotehnički objekti			
Grupa:	Odvodnja			
Element:	Crpna stanica (U ovoj specifikaciji crpna stanica se modelira kao dio ukupnog BIM modela odvodnje, zajedno sa svim ostalim tipovima objekata. Naglasak je na vanjske dimenzije i važne podatke u integralnom sustavu. Detaljni model same crpne stanice nije predmet ove specifikacije)			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Modelira se u 2D-u ili ako je to moguće u 3D. Crpna stanica mora imati posebni stil prikaza da bi se mogla razlikovati od ostalih objekata mreže	Koriste se 2D elementi – krug, pravokutnik ili odgovarajući blokovi. Ako se radi u 3D, crpna stanica se modelira kao solid generaliziranog oblika.	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija (može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime crpne stanice - Dimenzije gabarita - Ukupna snaga električnog priključka	
LOD 200	Crpna stanica se modelira u 3D kao solid približnih dimenzija (tlocrtne dimenzije i visina). Modelira se samo vanjski plašt. Potrebno je istaknuti crpnu stanicu preko drugačijeg stila prikaza u odnosu na druge objekte mreže	Koriste se 3D solidi s aproksimativnim dimenzijama. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija (može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime crpne stanice - Dimenzije gabarita - Ukupna snaga električnog priključka	
LOD 300	Crpna stanica se modelira u 3D s točnim vanjskim dimenzijama. Modelira se samo vanjski plašt (bez unutarnjih dijelova)	Koriste se 3D solidi s točnim dimenzijama. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija objekta (opis vrste objekta – npr. CRPNA STANICA. Može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime crpne stanice - Točne dimenzije (vanjske i unutarnje) - Visina kaskade - Tip rešetke - P rešetke (snaga el. pogona) - Opis opreme - Broj pumpi - Q, H, P pumpi - Ukupna snaga električnog priključka - Upravljanje (stalni djelatnici – da ili ne)	
LOD 350	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	
LOD 400	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	

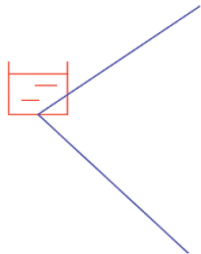
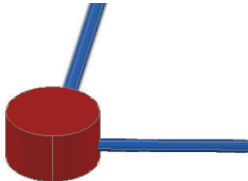
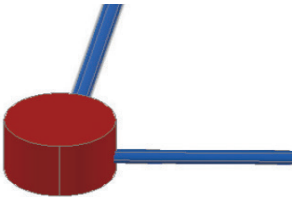
Kategorija:	Hidrotehnički objekti			
Grupa:	Odvodnja			
Element:	Cijev vodoopskrbe			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Cijevi sustava vodoopskrbe se modeliraju u 2D ili 3D kao linijski elementi (ako nivo ulaznih podataka i aplikacija za projektiranje to omogućuje).. Sustav je moguće generalizirati (pokazivati se mogu samo osnovni ogranci).	Linije ili polilinije u 2D (opciono 3D). Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Ime cijevi (ili ime ogranka) - Nazivni promjer - Materijal cijevi - Duljina cijevi (ili duljina ogranka)	
LOD 200	Cijevi se modeliraju u 3D ne uzimajući u obzir veličinu cijevi. Cijevi se mogu modelirati u razredima promjera (npr. <100, 100-200, >200) ako je pogodno. Točni promjer se zapisuje u podatke cijevi. Prikazuje se samo vanjski plašt cijevi (puni solid). Elementi se smještaju na aproksimativnu visinu (npr. na konstantnu dubinu ispod terena – DTM-a). Prikazuju se svi ogranci.	Cijev je 3D solid (samo vanjski plašt). Svi elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Ime cijevi /ogranka - Nazivni promjer - Materijal cijevi - Duljina cijevi/ogranka	
LOD 300	Cijevi se modeliraju u 3D s točnom vrijednošću promjera	Modelira se kao solid (samo vanjski plašt cijevi). Svi elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Ime cijevi/ogranka - Nazivni promjer - Materijal cijevi - Duljina cijevi - Visine nivelete - Podaci o rovu (iskop, pješčana posteljica, pješčani zasip, ostali zasip, gornji slojevi ili drugi dodatni podaci ako rov nije standardnog oblika ili izvedbe) - Eventualni dodatni podaci vezani na specifičnost projekta ili zahtjeve	
LOD 350	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	
LOD 400	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	

Kategorija:	Hidrotehnički objekti			
Grupa:	Odvodnja			
Element:	Okno			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Modelira se u 2D-u ili ako je to moguće u 3D (ako nivo ulaznih podataka to omogućuje).	Koriste se 2D elementi - simboli (krug, pravokutnik ili odgovarajući blokovi). Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično). Ako se radi u 3D, okna se modeliraju kao solidi generaliziranog oblika.	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija okna (opis vrste okna koji može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime okna	
LOD 200	Modelira se 3D kao solidi različitih oblika i približnih dimenzija (tlocrtne dimenzije i visina). Razlikuju se osnovni oblici okna (kružni, pravokutni,...). Modelira se samo vanjski plašt okna. Dimenzije okna moraju biti u skladu s modeliranim cijevima i sadržaju u oknu	Koriste se 3D solid elementi (pravokutne prizme ili valjci) aproksimativnih dimenzija. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija okna (opis vrste okna koji može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime okna - Visina okna	
LOD 300	Okna se modeliraju u 3D točno prema definiranim tipovima okna s točnim dimenzijama. Precizno se definiraju svi dijelovi okna Modelira se samo vanjski plašt okna (bez unutarnjih dijelova)	Okna se modeliraju kao 3D solidi točnih dimenzija. Okna moraju biti modelirana kao jedan jedinstveni solid (pojedini dijelovi okna moraju biti grupirani). Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija okna (opis vrste okna koji može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime okna - Materijal okna - Tip izvedbe - Oblik okna - Dimenzije (širina, dužina, visina – vanjska i unutarnja) - Kota poklopca - Nosivost poklopca	
LOD 350	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	
LOD 400	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	

Kategorija:	Hidrotehnički objekti			
Grupa:	Odvodnja			
Element:	Hidrant			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Modelira se u 2D-u ili ako je to moguće u 3D (ako nivo ulaznih podataka to omogućuje).	Koriste se 2D elementi - simboli (krug, pravokutnik ili odgovarajući blokovi). Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično). Ako se radi u 3D, hidranti se modeliraju kao solidi generaliziranog oblika.	Tip sustava (opis sustava) - Ime hidranta - Tip hidranta	
LOD 200	Modelira se 3D kao solid približnih dimenzija (tlocrtne dimenzije i visina).	Koriste se 3D solid elementi aproksimativnih dimenzija. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Ime hidranta - Tip hidranta - Promjer	
LOD 300	Hidrant se modelira pojednostavljeno s točnim vanjskim dimenzijama. Ukoliko je hidrant izveden u oknu modelira se samo okno.	Hidranti se modeliraju 3D solidima koji točno predstavljaju vanjske gabarite hidranta. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Ime hidranta - Tip hidranta - Promjer	
LOD 350	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300 Ako postoji detaljniji i točniji prikaz hidranta (proizvođač) pridružuje se takav prikaz modelu kao asocirani dokument.	
LOD 400	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	

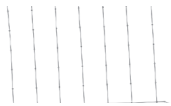
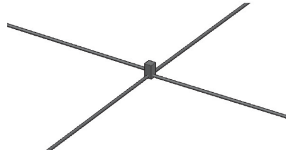
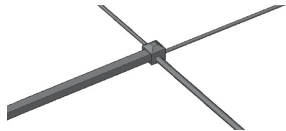
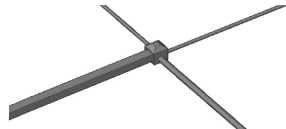
Kategorija:	Hidrotehnički objekti			
Grupa:	Odvodnja			
Element:	Točkasta oprema vodovodne mreže - odzračni ventili, muljni ispusti, kontrolni ventili - pritisak, protok i druga oprema			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Modelira se u 2D-u	Koriste se 2D elementi - simboli. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično)	Tip sustava (opis sustava) - Tip ventila (muljni ispust, odzračni ventil, kontrolni ventil - PRV, FCV, PSV)	
LOD 200	Obzirom na zanemarive vanjske dimenzije opreme, modeliranje u 3D se vrši jedino ako je oprema izvedena u oknu. U tom slučaju se modelira okno.	Koriste se 3D solid elementi aproksimativnih dimenzija. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Tip ventila (muljni ispust, odzračni ventil, kontrolni ventil - PRV, FCV, PSV)	
LOD 300	Obzirom na zanemarive vanjske dimenzije opreme, modeliranje u 3D se vrši jedino ako je oprema izvedena u oknu. U tom slučaju se modelira okno.	Koriste se 3D solid elementi aproksimativnih dimenzija. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Tip ventila (muljni ispust, odzračni ventil, kontrolni ventil - PRV, FCV, PSV) - Odgovarajući relevantni podaci za opremu (npr. reducirani pritisak za PRV ventil)	
LOD 350	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300 Ako postoji detaljniji i točniji prikaz hidranta (proizvođač) pridružuje se takav prikaz modelu kao asocirani dokument.	
LOD 400	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	

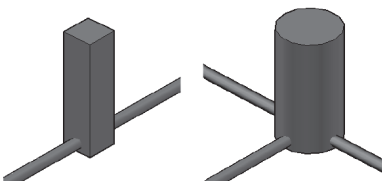
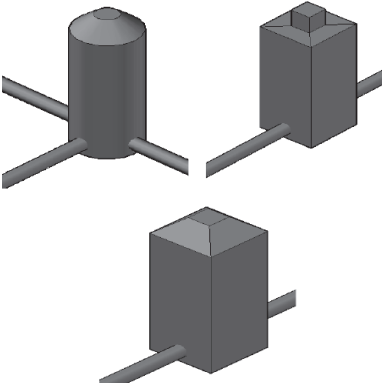
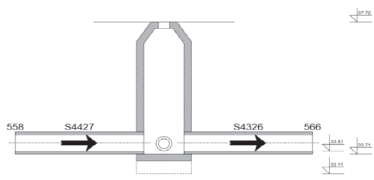
Kategorija:	Hidrotehnički objekti			
Grupa:	Odvodnja			
Element:	Crpna stanica (U ovoj specifikaciji crpna stanica se modelira kao dio ukupnog BIM modela vodoopskrbe, zajedno sa svim ostalim tipovima objekata. Naglasak je na vanjske dimenzije i važne podatke u integralnom sustavu. Detaljni model same crpne stanice nije predmet ove specifikacije)			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Modelira se u 2D-u ili ako je to moguće u 3D. Crpna stanica mora imati posebni stil prikaza da bi se mogla razlikovati od ostalih objekata mreže	Koriste se 2D elementi – krug, pravokutnik ili odgovarajući blokovi. Ako se radi u 3D, crpna stanica se modelira kao solid generaliziranog oblika	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija objekta (Može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime CS - Dimenzije gabarita - Ukupna snaga električnog priključka	
LOD 200	Crpna stanica se modelira u 3D kao solid približnih dimenzija (tlocrtne dimenzije i visina). Modelira se samo vanjski plašt. Potrebno je istaknuti crpnu stanicu preko drugačijeg stila prikaza u odnosu na druge objekte mreže	Koriste se 3D solidi s aproksimativnim dimenzijama. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija objekta (opis vrste objekta – npr. CRPNA STANICA. Može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime CS - Dimenzije gabarita - Ukupna snaga električnog priključka	
LOD 300	Crpna stanica se modelira u 3D s točnim vanjskim dimenzijama. Modelira se samo vanjski plašt (bez unutarnjih dijelova)	Koriste se 3D solid elementi aproksimativnih dimenzija. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija objekta (opis vrste objekta – npr. CRPNA STANICA. Može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime crpne stanice - Točne dimenzije (vanjske i unutarnje) - Visina kaskade - Nosivost poklopca - Opis opreme - El. snaga ugrađene opreme (P) - Broj pumpi - Q, H, P pumpe - Ukupna snaga električnog priključka - Upravljanje (stalni djelatnici – da ili ne)	
LOD 350	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300 Ako je to potrebno model se može nadopuniti asociranim dokumentima/crtežima koji pokazuju crpnu stanicu (tlocrt, presjek sa svim važnim dimenzijama i kotama)	
LOD 400	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	

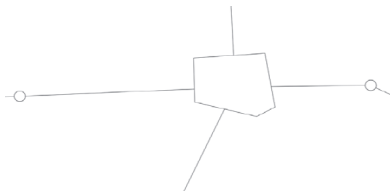
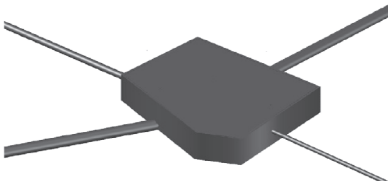
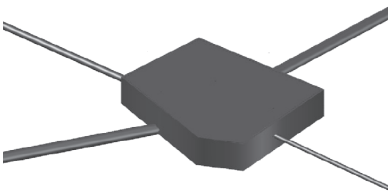
Kategorija:	Hidrotehnički objekti			
Grupa:	Odvodnja			
Element:	Vodosprema			
	(U ovoj specifikaciji crpna stanica se modelira kao dio ukupnog BIM modela vodoopskrbe, zajedno sa svim ostalim tipovima objekata. Naglasak je na vanjske dimenzije i važne podatke u integralnom sustavu. Detaljni model same crpne stanice nije predmet ove specifikacije)			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Modelira se u 2D-u ili ako je to moguće u 3D. Vodosprema mora imati posebni stil prikaza da bi se mogla razlikovati od ostalih objekata mreže. Osim vodospreme potrebno je definirati prostor vodospreme (granica/ograda)	Koriste se 2D elementi – krug, pravokutnik ili odgovarajući blokovi. Ako se radi u 3D, vodosprema se modelira kao solid generaliziranog oblika	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija objekta (može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime vodospreme - Volumen - Maksimalna visina vode - Kota dna - Kota preljeva	
LOD 200	Vodosprema se modelira u 3D kao solid približnih dimenzija (tlocrtne dimenzije i visina). Modelira se samo vanjski plašt. Potrebno je istaknuti vodospremu preko drugačijeg stila prikaza u odnosu na druge objekte mreže. Potrebno je definirati prostor vodospreme (granica/ograda)	Koriste se 3D solidi s aproksimativnim dimenzijama. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija objekta (može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime vodospreme - Volumen - Maksimalna visina vode - Kota dna - Kota preljeva	
LOD 300	Vodosprema se modelira u 3D s točnim vanjskim dimenzijama. Modelira se samo vanjski plašt (bez unutarnjih dijelova)	Koriste se 3D solidi s točnim dimenzijama. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Tip sustava (opis sustava) - Kategorija objekta (može po potrebi sadržavati više informacija) - Ime vodospreme - Volumen - Maksimalna visina vode - Kota dna - Kota preljeva	
LOD 350	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300 Ako je to potrebno model se može nadopuniti asociranim dokumentima/crtežima koji pokazuju crpnu stanicu (tlocrt,presjek sa svim važnim dimenzijama i kotama)	
LOD 400	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	

Tablice LOD-ova po najčešćim tipovima građevina u infrastrukturnim projektima

INSTALACIJE

Kategorija:	EEN i TK objekti			
Grupa:	Kabelske instalacije - podzemno			
Element:	Instalacijski rov			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Modelira se u 2D	Instalacijski rov je 2D trasa	Vrsta instalacije (EEN, JR, EKI, DTK) Opis sustava (opisni podatak koji bolje opisuje položaj ili pripadnost, naziv trase i sl.)	
LOD 200	Instalacijski rov modelira se u 3D ne uzimajući u obzir točan oblik ili veličinu rova. Točan broj i raspored cijevi u rovu zapisuje se u podatke rova. U prikazu se aproksimira jedna cijev u osi rova (puni solid). Elementi se smještaju na aproksimativnu visinu (npr. na konstantnu dubinu ispod terena - DTM-a). Prikazuju se svi rovovi i ogranci	Instalacijski rov je 3D solid.	Vrsta instalacije (EEN, JR, EKI, DTK) Opis sustava (opisni podatak koji bolje opisuje položaj ili pripadnost, naziv trase i sl.) - Oznaka kanala - Broj, materijal, raspored i promjer zaštitnih cijevi u rovu - Broj, materijal, raspored i presjek kabelske instalacije - Duljina rova	
LOD 300	Instalacijski rov modelira se u 3D prema obliku cijevi. Ukoliko se u rovu nalazi jedna cijev modelira se sa točnom vrijednošću promjera (ili ostalih parametara ako oblik cijevi nije kružni) zaštitne cijevi. Ukoliko se u rovu nalazi više cijevi, modelira se kontura svih cijevi u kvadratnom presjeku. Modeliranje se vrši prema točnim podacima visina/ dubina cijevi (početak i kraj cijevi) Modelira se samo vanjski plašt cijevi ili kontura više cijevi. Iskop cijevi se ne modelira, vrijednosti iskopa, zasipa i gornjih slojeva se zapisuje u podatke. Eventualno, mogu se modelirati rubovi rova kao 3D linije ako je to važno za projekt (u visoko urbaniziranim područjima)	Instalacijski rov je 3D solid. Modelira se samo vanjski plašt cijevi ili kontura više cijevi. Svi elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Vrsta instalacije (EEN, JR, EKI, DTK) Opis sustava (opisni podatak koji bolje opisuje položaj ili pripadnost, naziv trase i sl.) - Oznaka kanala - Broj, materijal, raspored i promjer zaštitnih cijevi u rovu - Broj, materijal, raspored i presjek kabelske instalacije - Duljina rova - Visine nivelete - Podaci o rovu (iskop, pješčana posteljica, pješčani zasip, ostali zasipi, gornji slojevi ili drugi dodatni podaci ako rov nije standardnog oblika ili izvedbe) - Eventualni dodatni podaci vezani na specifičnost projekta ili zahtjeve - Obavezno je priložiti shemu rova	
LOD 400	U slučaju jedne cijevi unutar rova, isto kao LOD 300. U slučaju više cijevi unutar rova modelira se vanjski plašt svake cijevi zasebno. Iskop cijevi se ne modelira, vrijednosti iskopa, zasipa i gornjih slojeva se zapisuje u podatke. Eventualno, mogu se modelirati rubovi rova kao 3D linije ako je to važno za projekt (u visoko urbaniziranim područjima)	Cijevi unutar rova su zasebni 3D solid. Modelira se vanjski plašt svih cijevi. Svi elementi moraju biti grupirani (layer ili slično)	Vrsta instalacije (EEN, JR, EKI, DTK) Opis sustava (opisni podatak koji bolje opisuje položaj ili pripadnost, naziv trase i sl.) - Oznaka kanala - Materijal i promjer zaštitne cijevi - Materijali i promjer kabelske instalacije - Duljina rova - Visine nivelete - Podaci o rovu (iskop, pješčana posteljica, pješčani zasip, ostali zasipi, gornji slojevi ili drugi dodatni podaci ako rov nije standardnog oblika ili izvedbe) - Eventualni dodatni podaci vezani na specifičnost projekta ili zahtjeve	

Kategorija:	EEN i TK objekti			
Grupa:	Kabelske instalacije - podzemno			
Element:	Reviziona okna - standardna			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Modelira se u 2D-u	Koriste se 2D elementi - simboli (krug, pravokutnik ili odgovarajući blokovi). Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Vrsta instalacije (EEN, JR, EKI, DTK) Opis sustava (opisni podatak koji bolje opisuje položaj ili pripadnost, naziv trase i sl.) - Ime okna	
LOD 200	Okna se modeliraju se 3D kao solidi različitih oblika i približnih dimenzija (tlocrtne dimenzije i visina). Razlikuju se osnovni oblici okna (kružni, pravokutni,...). Modelira se samo vanjski plašt okna (ne modeliraju se elementi suženja okna za izlaz ili drugi elementi). Dimenzije okna moraju biti u skladu s modeliranim cijevima (priključak cijevi mora biti u skladu s dimenzijom okna)	Koriste se 3D solid elementi (prizme ili valjci) aproksimativnih dimenzija. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično)	Vrsta instalacije (EEN, JR, EKI, DTK) Opis sustava (opisni podatak koji bolje opisuje položaj ili pripadnost, naziv trase i sl.) - Ime okna - Visina okna	
LOD 300	Okna se modeliraju u 3D točno prema definiranim tipovima okna s točnim dimenzijama. Modelira se samo vanjski plašt okna (bez unutarnjih dijelova)	Okna se modeliraju kao 3D solidi točnih dimenzija. Okna moraju biti modelirana kao jedan jedinstveni solid (pojedini dijelovi okna moraju biti grupirani). Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično)	Vrsta instalacije (EEN, JR, EKI, DTK) Opis sustava (opisni podatak koji bolje opisuje položaj ili pripadnost, naziv trase i sl.) - Ime okna - Materijal okna - Tip izvedbe - Oblik okna - Dimenzije (širina, dužina, visina – vanjska i unutarnja) - Kota poklopca - Nosivost poklopca - Ako je moguće, pridružiti shemu okna – tlocrt, presjek s dimenzijama i kotama	
LOD 350	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300 osim sheme okna koja je obavezna (2D shema) - tlocrt, presjek sa svim važnim dimenzijama i kotama	
LOD 400	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	

Kategorija:	EEN i TK objekti			
Grupa:	Kabelske instalacije - podzemno			
Element:	Reviziona okna - nestandardna, veće dimenzije			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Modelira se u 2D-u	Koriste se 2D elementi - simboli (krug, pravokutnik ili odgovarajući blokovi). Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Vrsta instalacije (EEN, JR, EKI, DTK) Opis sustava (opisni podatak koji bolje opisuje položaj ili pripadnost, naziv trase i sl.) - Ime okna	
LOD 200	Modelira se 3D kao solidi različitih oblika i približnih dimenzija (tlocrtne dimenzije i visina). Modelira se samo vanjski plašt. Dimenzije okna moraju približno definirati nestandardno okno.	Koriste se 3D solid elementi aproksimativnih dimenzija. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično)	Vrsta instalacije (EEN, JR, EKI, DTK) Opis sustava (opisni podatak koji bolje opisuje položaj ili pripadnost, naziv trase i sl.) - Ime okna - Visina, širina i dužina okna	
LOD 300	Okna se modeliraju u 3D s točnim dimenzijama. Precizno se definiraju svi dijelovi okna. Modelira se samo vanjski plašt okna (bez unutarnjih dijelova)	Okna se modeliraju kao 3D solidi točnih dimenzija. Okna moraju biti modelirana kao jedan jedinstveni solid (pojedini dijelovi okna moraju biti grupirani) Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično)	Vrsta instalacije (EEN, JR, EKI, DTK) Opis sustava (opisni podatak koji bolje opisuje položaj ili pripadnost, naziv trase i sl.) - Ime okna - Materijal okna - Tip izvedbe - Oblik okna - Dimenzije (širina, dužina, visina – vanjska i unutarnja) - Kota poklopca - Nosivost poklopca - Ako je moguće, pridružiti shemu okna – tlocrt, presjek s dimenzijama i kotama	
LOD 350	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300 osim sheme okna koja je obavezna (2D shema) - tlocrt, presjek sa svim važnim dimenzijama i kotama	
LOD 400	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	Isto kao LOD 350	

Kategorija:	EEN i TK objekti			
Grupa:	Kabelske instalacije - nadzemno			
Element:	Nadzemne instalacije			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Modelira se u 2D-u	Nadzemna instalacija je trasa.	Vrsta instalacije (EEN, JR, EKI) Opis sustava (opisni podatak koji bolje opisuje položaj ili pripadnost, naziv trase i sl.)	
LOD 200	Nadzemna instalacija modelira se u 3D. Obzirom na relativno male poprečne presjeke, minimalne dimenzije moraju biti usklađene s dimenzijama koje se koriste za podzemne instalacije (rov) u sklopu zajedničkog projekta. Elementi se smještaju na aproksimativnu visinu (npr. na konstantnu dubinu ispod terena - DTM-a). Ne prikazuju se rovovi i ogranci	Nadzemna instalacija je 3D solid. Svi elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Vrsta instalacije (EEN, JR, EKI) Opis sustava (opisni podatak koji bolje opisuje položaj ili pripadnost, naziv trase i sl.) - Oznaka trase - Broj, materijal i presjek kabelske instalacije - Duljina trase	
LOD 300	Nadzemna instalacija modelira se u 3D prema presjeku kabela. Ukoliko se na trasi nalazi više kabela modelira se svaki zasebno na projektiranom razmaku. Modeliranje se vrši prema točnim podacima visina.	Nadzemna instalacija je jedan ili skupina 3D solida. Svi elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Vrsta instalacije (EEN, JR, EKI) Opis sustava (opisni podatak koji bolje opisuje položaj ili pripadnost, naziv trase i sl.) - Oznaka trase - Broj, materijal i presjek kabelske instalacije - Duljina trase - Visine nivelete - Eventualni dodatni podaci vezani na specifičnost projekta ili zahtjeve	
LOD 400	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	

Kategorija:	EEN i TK objekti			
Grupa:	Kabelske instalacije - nadzemno			
Element:	Stupovi			
LOD:	Način modeliranja:	Izlazna geometrija:	Atributni podaci:	Skica:
LOD 100	Modelira se u 2D-u	Koriste se 2D elementi - simboli (krug, pravokutnik ili odgovarajući blokovi). Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Vrsta instalacije (EEN, JR, EKI) Opis sustava (opisni podatak koji bolje opisuje položaj ili pripadnost, naziv trase i sl.)	
LOD 200	Modeliraju se 3D kao solidi različitih oblika i približnih dimenzija (tlocrtne dimenzije i visina). Modelira se samo vanjski plašt U Dimenzije stupa moraju približno definirati nestandardno okno.	Koriste se 3D solid elementi aproksimativnih dimenzija. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Vrsta instalacije (EEN, JR, EKI) Opis sustava (opisni podatak koji bolje opisuje položaj ili pripadnost, naziv trase i sl.) - Ime okna - Visina, širina i dužina okna	
LOD 300	Stupovi se modeliraju u 3D s točnim dimenzijama. U slučaju složene konstrukcije stupa potrebno je primijeniti način modeliranja za konstrukcije.	Stupovi se modeliraju kao 3D solidi točnih dimenzija. Elementi moraju biti grupirani (layer ili slično).	Vrsta instalacije (EEN, JR, EKI) Opis sustava (opisni podatak koji bolje opisuje položaj ili pripadnost, naziv trase i sl.) - Ime stupa - Materijal stupa - Tip izvedbe - Oblik stupa - Dimenzije (širina, dužina, visina – vanjska i unutarnja) - Ako je moguće, pridružiti shemu stupa	
LOD 400	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	Isto kao LOD 300	

POPIS SLIKA I TABLICA

Popis slika

Slika 1. Standardni 2D prikaz postojećeg terena u CAD aplikacijama	15
Slika 2. Primjer postojećega okoliša u BIM softveru	16
Slika 3. Primjer klasifikacije podataka prilikom obrade Point- Clouda	17
Slika 4. Visinska analiza postojećega terena	18
Slika 5. Varijante izvedbe dvotračne ili četverotračne gradske prometnice	19
Slika 6. Primjer karte prikladnosti (engl. Suitability Maps)	21
Slika 7. Primjer vizualizacije nove trase brze ceste	22
Slika 8. Primjer vizualizacije modela dorađenoga u Twinmotionu	23
Slika 9. Primjer analize izopahijeta na rekonstrukciji raskrižja	24
Slika 10. Primjer analize zaustavne preglednosti i utjecaja zaštitne odbojne ograde	25
Slika 11. Prometna analiza u PTV Vissimu i vraćanje rezultata u OpenRoads ConceptStation	26
Slika 12. Primjer definicije korisničkoga poprečnog presjeka iz Subassembly Composer	28
Slika 13. Konstrukcija željezničke pruge	29
Slika 14. Primjer Matrice kolizija (izvor: https://ltechture.global/3d-coordination/)	30
Slika 15. Primjer 4D kolizije – kolizije u faznosti građenja	31
Slika 16. Dijagram procesa analize kolizija (preuzeto: https://bimdictionary.com/en/clash-detection/1/)	32
Slika 17. Primjer snimka izvedene plohe kolnika metodom laserskoga skeniranja	33
Slika 18. Primjer sučelja GPS navođenja	34
Slika 19. Primjer uporabe 3D upravljanja građevinskim strojem	34
Slika 20. Prikaz sustava za upravljanje imovinom prema ISO 55000-1 (engl. Asset Management System)	37
Slika 21. Primjer vozila za uzimanje podataka te sučelja za katalogiziranje snimljenoga georeferenciranog videa	38
Slika 22. MacLeamyjeve krivulje	42
Slika 23. Parametarski definirani prometni trak za desna skretanja	42
Slika 24. Primjer rige/a kao elementa presjeka ceste u Civilu 3D (gore) i OpenRoadsu (dolje)	44
Slika 25. Template Editor u OpenRoadsu	45
Slika 26. Model Corridor, Civil 3D	46
Slika 27. Kontinuiranost modela (primjer Civil 3D)	46
Slika 28. Parametarski model kružnoga raskrižja (primjer Civil 3D)	47
Slika 29. Parametarski model T-priključka (primjer OpenRoads)	48
Slika 30. Model String; MX Road	48
Slika 31. Mogućnosti kreiranja BIM modela prometne signalizacije	49
Slika 32. Kreiranje poprečnoga presjeka programskim jezikom (Card_1)	50
Slika 33. Model cijevnih sustava u programu Urbano	50
Slika 34. Model mosta u programu Autodesk Revit	51
Slika 35. Pregled projekta kroz alat Solibri	52
Slika 36. Projekt u programu Autodesk Navisworks Manage	53
Slika 37. Prikaz infrastrukturnih elemenata u platformi ARCHIBUS	54
Slika 38. Prikaz BIM sheme mosta u sustavu BRIDGE SMS	55
Slika 39. Prikaz infrastrukturnih elemenata u platformi ECODOMUS	56
Slika 40. Prikaz sučelja u platformi YouBIM	57
Slika 41. Koncept okoline za razmjenu podataka (ISO 19650-1:2018)	62
Slika 42. Ugovorni pristup Design – Bid – Build (Civitello, 2000)	87
Slika 43. Ugovorni pristup Design - Build (Civitello, 2000)	88
Slika 44. Ugovorni pristup Construction Manager at-Risk (Civitello, 2000)	89

Popis tablica

Tablica 1. Popis poznatih CDE rješenja	64
Tablica 2. Primjer LOD definicije, BIM Infra, Danska.....	69
Tablica 3. Primjer interne LOD definicije, tvrtka MTHojgaard, Danska	69
Tablica 4. Primjer LOD definicije za jedan rad (izrada nasipa), InfraBIM, Finska.....	70
Tablica 5. Interakcija pristupa BIM i Lean (Onyango, 2016).....	84
Tablica 6. Dijelovi EIR-a (Opće smjernice za BIM pristup u graditeljstvu, HKIG, 2017).....	96
Tablica 7. Specifikacije zahtjeva naručitelja – definicije LOD-a	100
Tablica 8. Primjer sadržaja BEP-a	102

Tablice LOD-ova po najčešćim tipovima građevina u infrastrukturnim projektima

GEODEZIJA.....	106
PROMETNICE	107
MOSTOVI	122
HIDROTEHNIKA140	
INSTALACIJE	154

POSTANI DIO DIGITALNE TRANSFORMACIJE

BIM osigurava da inženjeri svoje vrijeme posvete inženjerskom umjesto proceduralnom radu. Uz pravilnu upotrebu BIM-a, dosadni ponavljajući zadaci mogu se automatizirati, ali to je samo mali komad većeg kolača u kojem su glavni sastojci točna procjena troškova, simulacija gradnje, optimizirano planiranje i bolje izvještavanje. Nakon što smo sve ovo iskusili u vlastitoj kući, IGH sada nudi taj recept i stručnost inženjera svim članovima AEC industrije.

BIM USLUGE

O USLUGAMA

Primjenom suvremene tehnologije i stečenog znanja, Institut IGH uključen je u razvoj tržišnih sektora na domaćem i stranim tržištima.

Naša je referentna baza dokaz širine i sveobuhvatnosti rada tvrtke te potvrđuje tvrtkin vodeći položaj na tržištu.

TKO SMO

-  Certificirani Autodesk Revit i Civil 3D profesionalci.
-  Iskusni inženjeri s iskustvom rada na najzahtjevnijim BIM projektima infrastrukture i visokogradnje.
-  Predavači s više od 800 sati održanih edukacija i više od 150 educiranih osoba.

BIM U PROJEKTIRANJU

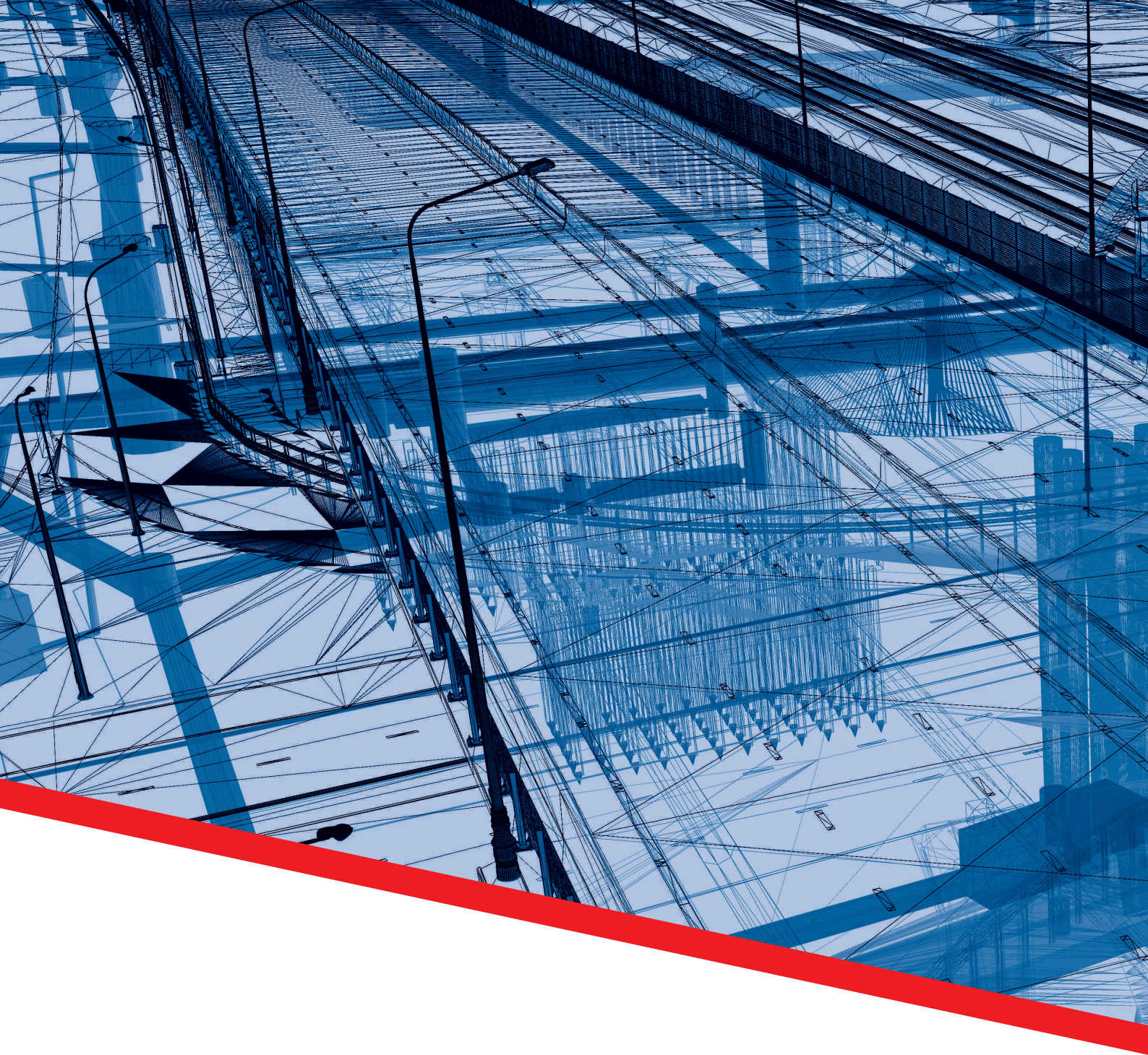
BIM PROJEKTI
2D u BIM
ANALIZA KOLIZIJA
TROŠKOVI

BIM PRI IZGRADNJI

NADZOR
KOORDINACIJA
UPRAVLJANJE IMOVINOM
IZVEDENO STANJE

BIM SAVJETOVANJE

UPRAVLJANJE PROJEKTOM
EDUKACIJE
IMPLEMENTACIJA
VIZUALIZACIJE



Zagreb, lipanj 2021.