

BIM i unaprjeđenje upravljanja projektima

Vidić, Karlo

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:512845>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-18**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Karlo Vidić

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Doc. dr. sc. Miro Hegedić, mag. ing. mech.

Student:

Karlo Vidić

Zagreb, 2023.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se doc. dr. sc. Miri Hegediću na mentorstvu, savjetima i svojoj pruženoj pomoći koja je olakšala pisanje diplomskog rada.

Također, zahvaljujem se tvrtki Elektroprojekt d.d. na dopuštenju da u sklopu diplomskog rada opišem postupak implementacije BIM-a na razini tvrtke i na konkretnim projektima. Hvala svim radnim kolegama na korektnoj suradnji i pruženoj pomoći, a posebice hvala mag. ing. aedif. Martini Pavlović-Cerinski, koja je svojim stručnim znanjem o BIM-u, savjetima, iskustvom, dostupnošću i angažmanom znatno olakšala pisanje diplomskog rada.

Najveće zahvale idu mojoj užoj obitelji, majci Višnji i braći Zvonimiru i Lovri, te svim prijateljima na pruženoj podršci, pomoći i razumijevanju tokom mog studiranja.

Karlo Vidić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite

Povjerenstvo za diplomske radove studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment,
inženjerstvo materijala te mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa:	602 - 04 / 23 - 6 / 1
Ur. broj:	15 - 1703 - 23 -

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **KARLO VIDIĆ** Mat. br.: 0035208664

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **BIM i unaprjeđenje upravljanja projektima**

Naslov rada na engleskom jeziku: **BIM and improvement of project management**

Opis zadatka:

Jedan od mogućih pristupa upravljanju poduzećima je i projektni pristup. Mnoge organizacije koriste različite pristupe, metode i alate kako bi organizirali svoje procese upravljanja projektima. Uz primjenu standarda, kompanije koriste i digitalne alate, jedan od takvih alata je i BIM (engl. Building Information Modelling).

U radu je potrebno:

1. Definirati upravljanje projektima.
2. Opisati faze i procese upravljanja projektima i trendove.
3. Opisati BIM kroz povijesni razvoj, dionike, elemente i standarde.
4. Napraviti analizu softvera koji se koriste za BIM.
5. Na jednom realnom primjeru prikazati primjenu BIM-a u upravljanju projektima.

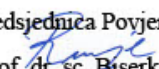
U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
17. studenog 2022.

Rok predaje rada:
19. siječnja 2023.

Predviđeni datum obrane:
23. siječnja do 27. siječnja 2023.

Zadatak zadao:
doc. dr. sc. Miro Hegedić

Predsjednica Povjerenstva:

prof. dr. sc. Biserka Runje

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA	IV
POPIS KRATICA	V
SAŽETAK	VIII
SUMMARY	IX
1. UVOD	1
2. TEORIJSKI UVOD U PROJEKTNI MENADŽMENT	2
2.1. Definicija i opis pojma projekt	2
2.2. Definicija i opis pojma projektni menadžment	7
2.3. Životni ciklus projekta	13
2.4. Projektni sudionici (<i>eng. stakeholders</i>)	16
2.5. Metode upravljanja projektima	19
2.6. Primjena i utjecaj IT-a na projektni menadžment	25
3. BIM (<i>eng. Building Information Model/Modeling/Management</i>)	27
3.1. Općenito o BIM pristupu	27
3.2. Praktična primjena BIM pristupa	32
3.2.1. Analiza sustava građevine (<i>eng. Building System Analysis</i>)	32
3.2.2. Projektiranje i dizajn (<i>eng. Design Authoring</i>)	33
3.2.3. Inženjerske analize (<i>eng. Engineering Analysis</i>)	33
3.2.4. 3D koordinacija (<i>eng. 3D Coordination</i>)	34
3.2.5. Procjene usklađenosti s propisima (<i>eng. Code Validation</i>)	34
3.2.6. Procjene za održivu gradnju (<i>eng. Sustainability Evaluation</i>)	34
3.2.7. Pregled i ocjena uspješnosti projektnog rješenja (<i>eng. Design Reviews</i>) ...	35
3.2.8. Količine materijala i procjene troškova (<i>eng. Cost Estimation</i>)	35
3.3. Povijesni razvoj i primjena BIM pristupa u praksi	36
3.4. BIM projekt i njegovi sudionici	41

3.5. BIM elementi	43
3.6. Okolina za razmjenu podataka (<i>eng. Common Data Environment - CDE</i>)	46
3.7. BIM softver	48
3.8. Formati za razmjenu podataka	51
3.8.1. IFC (<i>eng. Industry Foundation Classes</i>) format	52
3.8.2. BCF (<i>eng. BIM Collaboration Format</i>) standard	53
3.8.3. COBie (<i>eng. Construction Operations Building information exchange</i>) standard	54
3.9. Tijek informacija unutar BIM projekata	55
4. OPĆENITO O IMPLEMENTACIJI BIM PRISTUPA	59
4.1. Problemi koji koče implementaciju BIM-a i strategije za njihovo otklanjanje	62
4.2. Standardi koji olakšavaju implementaciju i korištenje BIM-a	69
5. IMPLEMENTACIJA BIM PRISTUPA U ELEKTROPROJEKT D.D.	71
5.1. Općenito o poduzeću Elektroprojekt d.d.	71
5.2. Implementacija BIM-a na nivou organizacije	73
5.3. Implementacija BIM-a na nivou projekata	74
5.4. Projekt „A“	76
5.5. Projekt „B“	80
6. ZAKLJUČAK	85
LITERATURA	86

POPIS SLIKA

Slika 2.1	Agilni trokut projektnih parametara [5]	3
Slika 2.2	Klasifikacija projekata [3]	4
Slika 2.3	Metrike za praćenje uspješnosti projekata [7]	6
Slika 2.4	Lansiranje rakete Apollo-11 (lijevo) i raketa iz projekta „Polaris” (desno).....	7
Slika 2.5	Matrična organizacijska struktura [13].....	12
Slika 2.6	Potreba za ljudskim resursima i troškovi u fazama životnog ciklusa projekta [1] 14	
Slika 2.7	Troškovi uzrokovani promjenama te utjecaj sudionika, rizika i nesigurnosti tokom vremena [1].....	14
Slika 2.8	Interakcija grupa procesa projektnog menadžmenta [1]	15
Slika 2.9	Korištenje metoda upravljanja projektima [16]	19
Slika 2.10	Gantogram [20].....	22
Slika 2.11	Primjer vodopadnog modela za razvoj računalnog programa	22
Slika 2.12	Najbolji softveri za upravljanje projektima	26
Slika 3.1	Gubitak projektnih informacija među fazama građevinskog objekta [25].....	27
Slika 3.2	Uporaba BIM pristupa u cjeloživotnom ciklusu građevine [30]	29
Slika 3.3	Razvoj BIM modela	31
Slika 3.4	Praktična primjena BIM pristupa (BIM postupci) [25].....	32
Slika 3.5	BIM razine zrelosti [25]	38
Slika 3.6	Rezultati NBS-ove ankete za 2020. i neke ranije godine [36].....	39
Slika 3.7	Primjena BIM pristupa na području Republike Hrvatske [37]	40
Slika 3.8	Usporedba uloga na BIM projektu i na tradicionalnom graditeljskom projektu [25]	42
Slika 3.9	Konceptualni način rada CDE platforme.....	47
Slika 3.10	Shematski prikaz odnosa između dokumenata uključenih u tijek informacija.....	57
Slika 3.11	Ciklus isporuke informacija unutar BIM projekta [25].....	58
Slika 4.1	Ishikawa dijagram koji pokazuje probleme prilikom implementacije BIM-a u Poljskoj [62].....	63
Slika 4.2	Ishikawa dijagram koji pokazuje probleme prilikom implementacije BIM-a u Maleziji [63].....	65
Slika 4.3	Strategije za ublažavanje definiranih prepreka u Maleziji [63].....	65
Slika 4.4	Slaganje ispitanika sa tvrdnjom da RH treba zakonodavnim okvirom regulirati primjenu BIM-a [37]	67
Slika 5.1	Usluge koje pruža tvrtka Elektroprojekt d.d. [64].....	71
Slika 5.2	Projekti na kojima je sudjelovala tvrtka Elektroprojekt d.d. [64]	72
Slika 5.3	Tlocrtni pogled na crpnu stanicu.....	76
Slika 5.4	Presjek A-A crpne stanice	76
Slika 5.5	Prikaz komora crpne stanice	77
Slika 5.6	Pogled na prihvatni bazen, dovodne kanale, transformatorsku stanicu i objekt crpne stanice [64].....	79
Slika 5.7	Pogled iz dovodnih kanala prema crpnim agregatima i tablastim zapornicama [64]	79
Slika 5.8	Prikaz planiranog sustava navodnjavanja bez mikro-akumulacijskog jezera i gravitacijske distribucijske mreže	81
Slika 5.9	Prikaz mikro-akumulacijskog jezera i dijela gravitacijske distribucijske mreže...81	
Slika 5.10	Prikaz estavele, novih crpki, novog tlačnog cjevovoda i industrijskog bazena.....	82
Slika 5.11	Prikaz nove crpne stanice	83
Slika 5.12	Vizualizacija nove crpne stanice i saniranog industrijskog bazena [64].....	84
Slika 5.13	Vizualizacija zasunske komore nove crpne stanice [64].....	84

POPIS TABLICA

Tablica 2.1 Primarni i sekundarni projektni sudionici [3]	16
Tablica 2.2 Usporedba općih karakteristika agilnih metoda upravljanja projektom [41]	24
Tablica 3.1 Razine razvijenosti elemenata BIM modela na primjeru armiranobetonske grede	45
Tablica 3.2 Najčešće korišteni BIM softveri prema fazama građevinskog projekta [25]	49
Tablica 4.1 Prepreke koje koče implementaciju BIM-a u svijetu [62].....	62
Tablica 4.2 Rezultati ankete iz 2017. godine o reguliranju primjene BIM-a u pojedinim fazama životnog ciklusa građevine [37].....	67
Tablica 4.3 Slaganje ispitanika iz 2017. godine sa navedenim tvrdnjama [37].....	67
Tablica 4.4 Stav ispitanika o pomoći konzultanata tokom implementacije i primjene BIM-a [37]	68
Tablica 4.5 Stav ispitanika o tome koliko su sudionici građevinskih projekata spremni za implementaciju BIM-a [37]	68

POPIS KRATICA

- 2D - Dvodimenzionalni (*eng. Two-dimensional*)
3D - Trodimenzionalni (*eng. Three-dimensional*)
4D - Četverodimenzionalni (*eng. Four-dimensional*)
5D - Peterodimenzionalni (*eng. Five-dimensional*)
6D - Šesterodimenzionalni (*eng. Six-dimensional*)
7D - Sedmerodimenzionalni (*eng. Seven-dimensional*)
AIA - Američki institut arhitekata (*eng. American Institute of Architects*)
AIM - Informacijski model imovine (*eng. Asset Information Model*)
AIPM - Australijski institut za projektni menadžment (*eng. Australian Institute for Project Management*)
AR - Dopunjena stvarnost (*eng. Augmented Reality*)
ASCII - Američki standardni kod za razmjenu informacija (*eng. American Standard Code for Information Interchange*)
BCF - BIM suradnički format (*eng. BIM Collaboration Format*)
BDS - Sustavi opisa zgrade (*eng. Building Description Systems*)
BEP - BIM plan izvršenja (*eng. BIM Execution Plan*)
BIM - Modeliranje informacija o građevinama (*eng. Building Information Model/Modeling/Management*)
BPM - Model građevinskog proizvoda (*eng. Building Product Model*)
BS - Britanski standard (*eng. British Standard*)
BSI - Britanska institucija za norme (*eng. British Standards Institution*)
CAD - Oblikovanje pomoću računala (*eng. Computer-aided Design*)
CAPEX - Kapitalni trošak (*eng. Capital Expenditure*)
CCPM - Upravljanje kritičnim lancem projekta (*eng. Critical Chain Project Management*)
CDE - Okolina za razmjenu podataka (*eng. Common Data Environment*)
CEN - Europski odbor za standardizaciju (*eng. European Committee for Standardization*)
CIC - Vijeće građevinske industrije (*eng. Construction Industry Council*)
COBie - Razmjena informacija o građevinama i građevinskim radovima (*eng. Construction Operations Building Information Exchange*)
CPI - Informacije o građevinskoj proizvodnji (*eng. Construction Production Information*)
CPIC - Odbor za informacije o građevinskoj proizvodnji (*eng. Construction Production Information Committee*)
CPM - Metoda kritičnog puta (*eng. Critical Path Method*)
CSI - Indeks zadovoljstva kupaca (*eng. Customer Satisfaction Index*)
CV - Troškovno odstupanje (*eng. Cost Variance*)
DN - Nazivni promjer (*eng. Diameter Nominal*)
DSDM - Razvojna metoda za dinamični sustav (*eng. Dynamic System Development Method*)
DWG - Crtež (*eng. Drawing*)
DXF - Format za razmjenu crteža (*eng. Drawing Exchange Format*)
EIR - Specifikacija zahtjeva naručitelja (*eng. Employer's Information Requirements*)
EN - Europski standardi (*eng. European Standards*)
ESI - Indeks zadovoljstva zaposlenika (*eng. Employee Satisfaction Index*)
FDD - Razvoj pokretan funkcionalnostima (*eng. Feature-Driven Development*)
GBM - Generički model gradnje (*eng. Generic Building Model*)
GCS - Državna strategija izgradnje (*eng. Government Construction Strategy*)
GIS - Geografski informacijski sustav (*eng. Geographic Information System*)
GLIDE - Grafički jezik za interaktivni dizajn (*eng. Graphical Language for Interactive Design*)
IAI - Industrijski savez za interoperabilnost (*eng. Industry Alliance for Interoperability*)

ICCP - Komunikacijski protokol međukontrolnog centra (*eng. Inter-Control Center Communications Protocol*)

IDM - Priručnik za dostavu informacija (*eng. Information Delivery Manual*)

IFC - Temeljni industrijski razredi (*eng. Industry Foundation Classes*)

IFD - Temeljni industrijski rječnik (*eng. Industry Foundation Dictionary*)

IPMA - Međunarodno udruženje projektnog menadžmenta (*eng. International Project Management Association*)

ISO - Međunarodna organizacija za standarde (*eng. International Standards Organization*)

IT - Informatička tehnologija (*eng. Information Technology*)

LOa - Razina preciznosti (*eng. Level of Accuracy*)

LOc - Razina koordinacije (*eng. Level of Coordination*)

LOD - Razina razvijenosti elemenata BIM modela (*eng. Level of Development*)

LOd - Razina detalja (*eng. Level of Detail*)

LOi - Razina informacija (*eng. Level of Information*)

MEP - Strojarsvo, elektrotehnika i vodoinstalatstvo (*eng. Mechanical, electrical, plumbing*)

MIDP - Glavni plan isporuke informacija (*eng. Master Information Delivery Plan*)

NASA - Nacionalna aeronautička i svemirska uprava (*eng. National Aeronautics and Space Administration*)

NATSPEC - Nacionalni specifikacijski sustav Australije (*eng. National Specification System Of Australia*)

NBIM-US - Američki nacionalni BIM standard (*eng. National BIM Standard-United States*)

NBS - Međunarodna građevinska udruga (*eng. Nationwide Building Society*)

NWC - Izuzetan sastavljač (*eng. NoteWorthy Composer*)

NWD - Navisworks dokument (*eng. Navisworks Document*)

OHSAS - Serija ocjenjivanja zdravlja i sigurnosti na radu (*eng. Occupational Health and Safety Assessment Series*)

OPEX - Operativni trošak (*eng. Operational Expenditure*)

P5 - Projekt, proces, ljudi, planet i prosperitet (*eng. Project, process, people, planet and prosperity*)

PAS - Javno dostupna specifikacija (*eng. Publicly Available Specification*)

PDF - Prenosivi format dokumenta (*eng. Portable Document Format*)

PERT - Tehnika pregleda evaluacije programa (*eng. Program Evaluation Review Technique*)

PIM - Informacijski model projekta (*eng. Project Information Model*)

PIP - Plan implementacije projekta (*eng. Project Implementation Plan*)

PMAJ - Japansko udruženje projektnog menadžmenta (*eng. Project Management Association of Japan*)

PMI - Institut za projektni menadžment (*eng. Project Management Institute*)

PN - Nominalni tlak (*eng. Pressure Nominal*)

PRINCE - Projekti u kontroliranim okruženjima (*eng. Projects in Controlled Environments*)

PRiSM - Održivo upravljanje projektima utemeljeno na načelima (*eng. Projects integrating Sustainable Methods*)

PTK - Pokazatelj strukture troškova kvalitete (*eng. Quality Cost Structure Indicator*)

REST - Reprezentativni državni prijenos (*eng. Representational State Transfer*)

RH - Republika Hrvatska (*eng. Republic of Croatia*)

RIBA - Kraljevski institut britanskih arhitekata (*eng. Royal Institute of British Architects*)

RM - Matrica odgovornosti i uloga (*eng. Responsibility Matrix*)

ROI - Povrat investicije (*eng. Return on Investment*)

RVT - Revit datoteka projekta (*eng. Revit Project file*)

SAD - Sjedinjene Američke Države (*eng. United States of America*)

SCCS - Sažetak sposobnosti lanca isporuke (*eng. Supply Chain Capability Summary*)

SMART - Specifičan, mjerljiv, ostvariv, realističan i vremenski određen (*eng. Specific, measurable, achievable, realistic and time-defined*)

SPI - Indeks performansi rasporeda (*eng. Schedule Performance Index*)

SV - Odstupanje rasporeda (*eng. Schedule Variance*)

TIDP - Plan aktivnosti isporuke informacija (*eng. Task Information Delivery Plan*)

TK - Trošak kvalitete (*eng. Cost of Quality*)

TOC - Teorija ograničenja (*eng. Theory of Constraints*)

TR - Tehnička preporuka (*eng. Technical Recommendation*)

TS - Tehničke specifikacije (*eng. Technical Specifications*)

VB - Velika Britanija (*eng. United Kingdom*)

VR - Virtualna stvarnost (*eng. Virtual Reality*)

WBS - Raščlamba strukture rada (*eng. Work Breakdown Structure*)

XLS - Excel proračunska tablica (*eng. Excel Spreadsheet*)

XML - Proširivi jezik za označavanje (*eng. Extensible Markup Language*)

XP - Ekstremno programiranje (*eng. Extreme Programming*)

SAŽETAK

BIM je vrlo opsežan pojam, te zahvaća mnoge aspekte rada i poslovanja neke tvrtke. Zbog toga je cilj ovog diplomskog rada objasniti BIM u cijelosti, te prezentirati važnost BIM-a i prednosti koje ovaj pristup donosi. Obzirom da BIM povećava kvalitetu projekata, donosi brojne uštede i poboljšava upravljanje građevinskim projektima; razvidno je da je BIM usko povezan sa projektnim menadžmentom. Stoga su nakon uvodnog poglavlja, objašnjeni pojmovi projekta i projektnog menadžmenta. Nadalje, objašnjena je povezanost BIM-a i projektnog menadžmenta, uloge ljudi unutar određenog projekta, životni ciklus projekta, metode za uspješno vođenje projekata, itd. Također, kako BIM ne bi ostao samo neki apstraktni pojam, opisan je općeniti postupak implementacije na razini tvrtke i na nivou projekta, problemi koji se javljaju tokom implementacije, te su definirane strategije za eliminaciju tih problema. Na kraju je prikazan postupak implementacije BIM-a u tvrtki Elektroprojekt d.d., te su navedene prednosti koje su ostvarene korištenjem istoga.

Ključne riječi: graditeljstvo, projekt, projektni menadžment, BIM, implementacija BIM-a

SUMMARY

BIM is a very broad term, that covers many aspects of a company's work and operations. Therefore, the intention of this paper is to explain BIM in its entirety, but also to present the importance of BIM and the advantages that this approach brings. Considering that BIM increases the quality of projects, brings numerous savings and improves the management of construction projects; it is clear that BIM is closely related to project management. Therefore, after the introductory chapter, the concepts of project and project management are explained. Furthermore, the connection between BIM and project management is explained, as well as the roles of people within a specific project, project life cycle, methods for successful project management, etc. Also, so that BIM does not remain just an abstract term, the general implementation procedure at the organization and project level is described, as well as the problems that arise during the implementation and the strategies for eliminating these problems. At the end, the process of implementing BIM in the company Elektroprojekt d.d. is presented, and the advantages achieved by using it are listed.

Key words: construction, project, project management, BIM, implementation of BIM

1. UVOD

Danas su na tržištu u sve manjoj mjeri prisutni velikoserijski proizvodi koji se u istom obliku proizvode duži vremenski period. Razloga za to je mnogo: informatičke (ali i druge) tehnologije se svakim danom značajno razvijaju, dostupnost i protok informacija je nikad veći, velika tržišna konkurentnost tjera tvrtke da budu inovativne i kreativne, teži se što kraćem vremenu razvoja proizvoda, itd. Zbog toga se velik broj tvrtki odlučuje za individualni pristup prema razvoju i proizvodnji nekog proizvoda, odnosno tvrtke u sve većoj mjeri koriste projektni pristup. Kako bi se ti projekti uspješno realizirali, potrebno je kvalitetno upravljati njima, a time se u najkraćim crtama bavi projektni menadžment. Zbog toga su u okviru ovog diplomskog rada prvo objašnjeni pojmovi projekta i projektnog menadžmenta. Također, dan je pregled nekih tradicionalnih i agilnih metoda za upravljanje projektima, objašnjene su uloge koje ljudi zauzimaju unutar projekata, objašnjen je životni ciklus projekta, te je prikazan utjecaj informatičkih tehnologija na projektni menadžment.

Kada je riječ o graditeljstvu kao djelatnosti, tu su projekti izrazito jedinstveni. Također, građevine postaju tehnološki sve kompleksnije, pa zahtijevaju suradnju velikog broja visoko specijaliziranih struka. Obzirom na fragmentiranost graditeljske industrije i na činjenicu da su sudionici graditeljskih projekata nerijetko na udaljenim lokacijama, ta je suradnja često otežana. Iako se danas teži što kraćoj realizaciji projekata, graditeljski projekti u pravilu traju po nekoliko mjeseci ili godina. Zbog toga često dolazi do promjena tokom građevinskih projekata. Nadalje, građevine troše velik udio ukupne svjetske energije i vodenih resursa, te u ozbiljnoj mjeri sudjeluju u emisiji stakleničkih plinova. Iz svega nabrojanoga, vidljiva je potreba da se graditeljstvo kao djelatnost unaprijedi, a to je moguće korištenjem modernih informatičkih tehnologija. U tom kontekstu, BIM pristup je samo logičan korak naprijed, u odnosu na sav tehnološki napredak koji je ostvaren do sada u ovoj djelatnosti. Zbog toga se ovaj diplomski rad u velikoj mjeri bavi temom BIM-a. Naime, u nastavku je generalno objašnjen BIM kao pojam, prikazane su mogućnosti praktične primjene BIM-a, prednosti koje ovaj pristup donosi, te je dan povijesni pregled kako se razvijao BIM. Također, objašnjeni su neki važni aspekti BIM-a, poput BIM softvera, formata za razmjenu podataka, itd. Naposljetku je objašnjena implementacija BIM-a na nivou organizacije i na nivou projekta. Dan je pregled nekih standardnih poteškoća koje otežavaju implementaciju BIM-a i strategija za njihovo otklanjanje. Također, objašnjen je postupak implementacije BIM-a u tvrtki Elektroprojekt d.d.

2. TEORIJSKI UVOD U PROJEKTNI MENADŽMENT

2.1. Definicija i opis pojma projekt

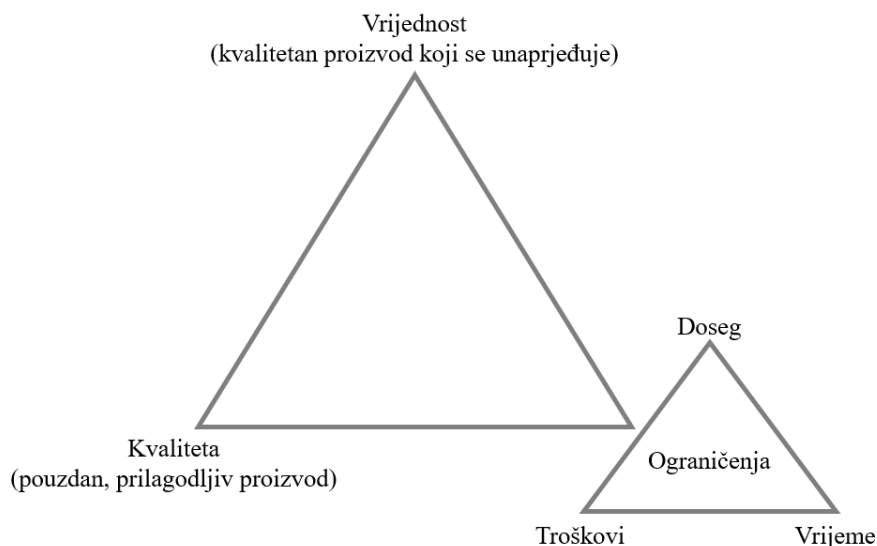
U cilju jasnog definiranja projektnog menadžmenta, potrebno je prvo objasniti neke temeljne pojmove koji ga čine, a projekt je svakako jedan od njih. Korijen riječi dolazi od latinskog izraza *proicere*, što u prijevodu znači - „baciti nešto unaprijed”. Već ova činjenica govori o temeljnoj ideji projekta. Njime se neki proizvod prvo osmišljava i planira, a potom se u stvarnom vremenu i prostoru, pomoću određenih resursa, ta ideja realizira. Međutim, u sadašnjem vremenu kojeg obilježavaju brzi napredak i sve veća primjena informatičkih alata, sve veća dostupnost i protok informacija, velika tržišna konkurentnost, potreba za inovativnošću i kreativnošću; projekt je postao glavno sredstvo kojim neke organizacije provode svoje strategije i ostvaruju poslovne ciljeve. Pomoću njih tvrtke odgovaraju na zahtjeve tržišta, te stvaraju nove proizvode ili dodaju novu vrijednost postojećima. U tom postupku stvaranja dodatne vrijednosti i same tvrtke uče, te tako šire svoju bazu znanja.

Puno autora i međunarodnih organizacija se bavila i bavi se ovom temom, pa tako postoje i razne definicije projekta, a u nastavku će se navesti neke od njih. Vodeća svjetska organizacija za temu projektnog menadžmenta, Institut za projektni menadžment (eng. *Project Management Institute - PMI*), opisuje projekt kao poduhvat koji je vremenski ograničen, a za cilj ima stvaranje unikatnog proizvoda, rezultata ili usluge [1]. Autor Marin Buble u svom udžbeniku navodi da je projekt bilo koji jednokratni i usmjereni ljudski poduhvat sa jasnim ciljem razvoja proizvoda ili usluge, koji se po fazama provodi u zadanom vremenskom roku, korištenjem velikog broja (najčešće ograničenih) resursa. Proizvodi ili usluge koje nastaju, potom se neko vrijeme eksploatiraju [2]. Autori Newman, Warren i McGill opisuju projekt kao skupinu do neke mjere samostalnih i razvidno definiranih aktivnosti, sa jasnom misijom i određenom točkom završetka [3]. Međunarodno udruženje projektnog menadžmenta (IPMA) definira projekt kao svaki privremeni, organizirani, jedinstveni i multidisciplinarni poduhvat, kojem je osnovni cilj realizacija dogovorene isporuke (proizvod, rezultat ili usluga), unutar prethodno evidentiranih zahtjeva i ograničenja [4].

Može se reći da je svaki projekt unaprijed zamišljen i razrađen skup privremeno povezanih aktivnosti (projektnih zadataka), koje rezultiraju najčešće jedinstvenim proizvodom, uslugom ili rezultatom. Kako bi se ostvarili ciljevi svih tih povezanih aktivnosti, potrebno je koristiti materijalne (novac/budžet, oprema, materijali) i nematerijalne (potrebna znanja i vještine, ljudi, informacije o projektu) resurse. Projektima upravljaju ljudi unutar zadanog vremenskog i

prostornog okvira. Iz svega navedenog mogu se definirati neka opća obilježja projekata, a to su: više ili manje složene i mnogobrojne aktivnosti, međuovisnost projektnih aktivnosti, jedinstven cilj (proizvod, rezultat ili usluga), opseg projekta, vremensko i prostorno ograničenje, troškovna ograničenja, projektni rizici, postojanje projektnih faza, uključuje velik broj ljudi na različitim pozicijama i sa različitim znanjima.

Kod tradicionalnog poimanja projekta, glavni parametri su bili opseg, vrijeme, trošak i kvaliteta. Opsegom projekta se definiraju njegove granice, odnosno definiraju se ciljevi i očekivanja po završetku istoga. Vrijeme neki autori ističu i kao najvažniji resurs jer znatno utječe na sve ostale parametre, a može uzrokovati i veliko povećanje troškova. Trošak projekta ustvari predstavlja budžet koji je određen za taj projekt, uvijek se gleda da ukupni troškovi budu manji od planiranih. Prethodno opisana tri parametra utječu na kvalitetu projekta, a njihova međuovisnost se može i grafički prikazati pomoću tzv. „željeznog trokuta”. Zbog sve veće potrebe za prilagodbom parametara tokom projekta, američki stručnjak za agilne metodologije, Jim Highsmith, primijetio je da se korištenjem tradicionalnog „željeznog trokuta” ne može postići zadovoljstvo kupaca, pa ga je odlučio redizajnirati. Agilni trokut projektnih parametara prikazuje Slika 2.1. [43]



Slika 2.1 Agilni trokut projektnih parametara [5]

Može se primijetiti da je agilni trokut ubiti proširenje tradicionalnog, jer parametri tradicionalnog trokuta (ograničenja) postaju jedan od tri parametra agilnog trokuta (uz vrijednost i kvalitetu). Vrijednost se odnosi na proizvod koji se stvara za kupca, a kvaliteta se odnosi na kontinuiranu isporuku i poboljšanje tih proizvoda.

Većina projekata da bi bila uspješna mora ispuniti tri glavna cilja, a to su: ograničenja troškova, vremenska ograničenja i karakteristike proizvoda. Troškovi se odnose na radnu snagu, materijale, opremu, te usluge koje pružaju podršku. Obično se na početku projekta dodijeli njemu raspoloživ budžet, a troškovi moraju biti unutar tog budžeta. Vremenska ograničenja se također definiraju na početku projekta i njima se definiraju kontrolni međuciljevi i rok završetka projekta. Vremenska ograničenja i budžet su često u konfliktu. Karakteristike proizvoda su iz aspekta kupca najvažniji parametar i snažno utječu na uspješnost samog projekta. Njih je ponekad teško definirati i često dolazi do promjena zahtjeva na karakteristike tokom projekta, pa samim time dolazi i do promjena u vremenskom ograničenju i budžetu. Kako bi ciljevi bili ispravno postavljeni, oni trebaju biti mjerljivi, ostvarivi, realistični, specifični i vremenski određeni (eng. *SMART – measurable, achievable, realistic, specific, time*). Specifičan cilj znači da je jasan za sve projektne suradnike, mjerljiv znači da se kvantitativno može odrediti u kojoj mjeri je ispunjen.

Projektan pristup poslovanju tvrtke ima širok spektar primjene, pa tako postoje i razni kriteriji na temelju kojih se projekti klasificiraju. Nekoliko kriterija podjele i same vrste projekata prikazuje Slika 2.2. Osim navedenih podjela postoje i one prema kompleksnosti, riziku, profitabilnosti, učestalosti pojavljivanja projekta u ukupnom sustavu i razne druge.

podjela prema GEOGRAFSKOM OBUHVATU PROJEKTA:

- LOKALNI PROJEKTI
- REGIONALNI PROJEKTI
- NACIONALNI PROJEKTI
- MEĐUNARODNI PROJEKTI
- GLOBALNI PROJEKTI

podjela prema PODRUČJU U KOJEM SE PROJEKT IZVODI :

- TEHNIČKI PROJEKTI
- EKONOMSKI PROJEKTI
- PRIVREDNI PROJEKTI
- DRUŠTVENO-POLITIČKI PROJEKTI
- KULTURNI PROJEKTI
- PROJEKTI KRIZNOG ZNAČENJA

podjela prema CILJU PROJEKTA :

- PROIZVODNI PROJEKTI
- USLUŽNI PROJEKTI
- PROJEKTI STALNOG POBOLJŠANJA



podjela prema EKSPLOATACIJI koju projekt omogućava :

- projekti s neposrednom ekonomskom efikasnošću
- projekti s posrednom ekonomskom efikasnošću

podjela prema PREDMETU PROJEKTA :

- FIZIČKI PROJEKTI
- APSTRAKTNI PROJEKTI

podjela prema BROJU SUDIONIKA :

- INDIVIDUALNI PROJEKTI
- GRUPNI PROJEKTI

podjela prema NAČINU PLANIRANJA I NAČINU IZVEDBE

- DETERMINIRANI PROJEKTI
- STOHAŠTIČKI PROJEKTI

Slika 2.2 Klasifikacija projekata [3]

Autori J. K. Pinto i D. P. Slevin anketirali su 1987. godine preko 600 članova PMI-a i dobili 418 odgovora. Tema je bila uspješnost projekata i na temelju odgovora razvili su teoriju prema kojoj postoji deset kritičnih faktora uspjeha projekta, a njihov pregled dan je u nastavku [6]:

- misija/vizija projekta – jasno definirani ciljevi koji su mjerljivi i u skladu sa smjerom djelovanja organizacije,
- podrška vrhovnog menadžmenta – želja i posvećenost vrhovnog menadžmenta osiguravanju potrebnih resursa i autoriteta za uspjeh projekta,
- raspored i terminsko planiranje – definiranje svih potrebnih aktivnosti, te potrebnog vremena za njihovo izvođenje,
- konzultacije s klijentom – stalna komunikacija i praćenje želja/potreba klijenta,
- zaposlenici koji rade na projektu – zapošljavanje, selekcija i trening potrebnih zaposlenika,
- tehnički zadaci – osiguravanje potrebne tehnologije i znanja (stručnjaka),
- prihvaćanje od strane klijenta – prodaja konačnog proizvoda kupcima,
- praćenje i povratne informacije – pravodobno pružanje kontrolnih informacija i sveobuhvatna kontrola,
- komunikacija – odgovarajuća komunikacijska povezanost svih bitnih sudionika i pravodobno pružanje bitnih informacija projektnim sudionicima,
- rješavanje problema – rješavanje neočekivanih kriza i variranja od prvotnog plana.

Kako bi se projekt uspješno priveo kraju potrebno je mjeriti određene stavke i uspoređivati ih s očekivanjima i standardnim praksama. Stavke koje se mjere nazivaju se metrike. Ovisno o tipu projekta, načinu njegova vođenja, primijenjenim alatima i računalnim programima, primjenjuju se razne metrike. Nakon što se odabere prikladna metrika, mjerenja je potrebno provoditi tokom projekta i po završetku istoga. Pregled deset najčešće korištenih metrika (prema njihovoj prirodi mjerenja) i nekih karakterističnih statističkih veličina ili metoda daje Slika 2.3. Zadovoljstvo kupaca je glavna mjera koja pokazuje koliko je projekt uspješan, odnosno koliko su ispunjena očekivanja kupaca. Da bi se ta očekivanja ispunila, proizvod mora biti prikladan za uporabu i mora biti usklađen sa zahtjevima. Produktivnost se generalno može definirati kao omjer izlaznih jedinica i ulaznih jedinica. Ulazne jedinice su pretežno povezane s ljudima, a izlazne jedinice sa proizvodom koji nastaje projektom. Performanse troškova mjere troškovnu učinkovitost. Određivanje ovih metrika može pomoći organizaciji da smanji financijske rizike, smanji troškove kapitala i da odredi eventualna prekoračenja budžeta. Povrat

investicije je odlična metrika za evaluaciju ulaganja u projekt i upravljanja istim. Dobije se dijeljenjem neto koristi sa troškovima, a pokazuje s kolikim ponderom se svaka uložena kuna, nakon određenog vremena vraća. Troškovi kvalitete predstavljaju novac koji organizacija gubi jer njezin proizvod/usluga nije u potpunosti dovršena i/ili trošak koji nastaje zbog osiguravanja adekvatne kvalitete i sticanja povjerenja u nju. Performanse rasporeda se koriste za praćenje prvotnog, a i naknadnih rasporeda. Pomažu zadovoljiti tržišno određeno vrijeme. Vrijeme ciklusa su metrike koje prate vrijeme projektnog ciklusa i procesnog ciklusa. Omogućuje usporedbu potrebnog vremena ciklusa za slične projekte i određivanje standardnog trajanja projekta. Performanse zahtjeva mjere prikladnost proizvoda ili usluge, odnosno u kojoj mjeri rezultati projekta odgovaraju traženim zahtjevima. Zahtjevi mogu biti funkcionalni ili nefunkcionalni. Zadovoljstvo zaposlenika mjeri razinu morala zaposlenika, odnosno razinu zadovoljstva zaposlenika. Na nju utječu plaća, mogućnost napredovanja, razina stresa na poslu, stopa izostanaka, stopa pritužbi, ergonomija, povjerenje, otvorenost komunikacije, itd. Usklađenost sa strateškim poslovnim ciljevima pomaže utvrditi radi li organizacija na pravom projektu. Ova metrika mjeri usklađenost projekata sa strateškim ciljevima tvrtke [7].

METRIKE ZA PRAĆENJE USPJEŠNOSTI PROJEKTA	
PERFORMANSE ZAHTJEVA: <ul style="list-style-type: none"> Indeks uspješnosti zahtjeva 	ZADOVOLJSTVO ZAPOSLENIKA: <ul style="list-style-type: none"> Indeks zadovoljstva zaposlenika (eng. <i>Employee Satisfaction Index – ESI</i>)
TROŠKOVI KVALITETE: <ul style="list-style-type: none"> Trošak kvalitete (eng. <i>Cost of Quality</i>) Pokazatelj strukture troškova kvalitete (PTK) 	VRIJEME CIKLUSA: <ul style="list-style-type: none"> Vrijeme projektnog ciklusa Vrijeme procesnog ciklusa
PERFORMANSE RASPOREDA: <ul style="list-style-type: none"> Indeks performansi rasporeda (eng. <i>Schedule Performance Index – SPI</i>) SPI standardne devijacije Odstupanje rasporeda (eng. <i>Schedule Variance – SV</i>) 	PERFORMANSE TROŠKOVA: <ul style="list-style-type: none"> Indeks performansi troškova (eng. <i>Cost Performance Index – CPI</i>) Standardno odstupanje CPI-a Troškovno odstupanje (eng. <i>Cost Variance – CV</i>)
PRODUKTIVNOST: <ul style="list-style-type: none"> prihod po zaposleniku prosječni omjer produktivnosti po zaposleniku broj završenih projekata po zaposleniku broj linija koda po zaposleniku 	USKLAĐENOST SA STRATEŠKIM POSLOVNIM CILJEVIMA: <ul style="list-style-type: none"> Likertova ljestvica
ZADOVOLJSTVO KUPACA: <ul style="list-style-type: none"> Indeks zadovoljstva kupaca (eng. <i>Customer Satisfaction Index – CSI</i>) 	POVRAT INVESTICIJE (eng. <i>Return on investment – ROI</i>):

Slika 2.3 Metrike za praćenje uspješnosti projekata [7]

2.2. Definicija i opis pojma projektni menadžment

U današnje vrijeme poduzeća u sve većoj mjeri redizajniraju tradicionalne organizacijske strukture i uspostavljaju projektnu organizacijsku strukturu. Samim time projekti postaju instrumenti za ostvarivanje prednosti nad tržišnim konkurentima i za opstanak poduzeća. Zbog toga je potrebno kvalitetno upravljati projektima, a time se u najkraćim crtama bavi projektni menadžment. U literaturi postoje mnoge definicije ovog pojma, stoga će se navesti u nastavku neke od njih. Ipak, prvo će se reći nešto o povijesnom razvoju projektnog menadžmenta.

Upravljanje projektima je prisutno još od najranijih doba ljudske civilizacije. Egipatske piramide i hramovi, grčki hramovi i građevine, rimske ceste, Kineski zid; sve su to primjeri velikih i kompleksnih projekata koji se ne bi mogli ostvariti bez temeljitog planiranja. Prve korake u razvoju projektnog menadžmenta kao znanstvene discipline napravili su F. W. Taylor i H. Gantt početkom 20. stoljeća. Taylor je objavio članak *Načela znanstvenog upravljanja* (1911. godine), gdje je rekao da se rad može proučavati i poboljšati ako se podijeli na njegove elementarne sastavnice. Nedugo potom (1917. godine), Gantt je razvio dijagram kojim se može utvrditi redoslijed i trajanje svih projektnih zadataka. Sam dijagram je dobio ime po svom izumitelju (gantogram) i ostao je u primjeni do današnjeg dana [8]. Projektni menadžment se značajnije počeo razvijati kao znanstvena disciplina tek sredinom 20. stoljeća. U suradnji tvrtki DuPont i Remington Rand, 1957. godine, nastala je *Metoda kritičnog puta* (eng. *Critical path method – CPM*). Ovu metodu su koristili na projektu izgradnje kemijskog postrojenja (Kentucky, SAD), za predviđanje trajanja projekta. Pod utjecajem NASA-e i Ministarstva obrane SAD-a, 1958. godine, nastaje *Tehnika pregleda evaluacije programa* (eng. *Program evaluation review technique – PERT*), koja se koristi za vremensko planiranje. Primijenjena je na projektu američke mornarice „Polaris” i NASA-inom projektu „Apollo”, Slika 2.4 [8], [9].



Slika 2.4 Lansiranje rakete Apollo-11 (lijevo) i raketa iz projekta „Polaris” (desno)

Također, zbog potreba projekta „Polaris” je nastala metoda *Raščlambe strukture rada* (eng. *Work Breakdown Structure – WBS*). Ova metoda se i danas koristi, a daje prikaz cjelovite hijerarhijske strukture projektnih zadataka i rezultata [8].

Iduće bitno razdoblje za razvoj projektnog menadžmenta odnosi se na period od 1980. godine do 1994. godine. Rapidan razvoj informatičkih tehnologija, računalnih programa za upravljanje projektima i Interneta, najviše je zaslužan za to. *Teorija ograničenja* (eng. *Theory of Constraints – TOC*) nastala je 1984. godine i predstavljala je sveukupnu filozofiju upravljanja, koja je usmjerena na pomoć organizacijama u kontinuiranom postizanju njihovih ciljeva. Njezin autor je E. M. Goldratt. Nadalje, J. Sutherland i K. Schwaber su u tom periodu predstavili *Scrum model* za upravljanje projektima. On je u početku stavljao naglasak na razvoj informatičkih programa, a zbog jako dobrih principa i tehnika, ovaj model ubrzo nalazi i širu primjenu [39]. Također, vlada Velike Britanije je 1989. godine predstavila svoj standard za vođenje projekata pod nazivom *Projekti u kontroliranim okruženjima* (eng. *Projects in Controlled Environments – PRINCE*). Cilj standarda je bio smanjenje troškova i zadovoljavanje terminskih rokova. 1996. godine je taj standard revidiran, pa je tako nastao PRINCE2, a naknadno su nastajale i novije inačice ovog standarda. U razdoblju od 1995. godine pa do danas, najveći utjecaj na razvoj projektnog menadžmenta ostavio je razvoj Interneta. On je omogućio, između ostalog, povezivanje informatičkih programa za upravljanje projektima. Na temeljima *Teorije ograničenja*, isti autor je 1997. godine predstavio novu metodu za učinkovito vođenje projekata. Metoda je nazvana *Upravljanje kritičnim lancem projekta* (eng. *Critical Chain Project Management – CCPM*) i služi za održavanje ravnomjernog opterećenja resursa, te terminsko planiranje projekta [8]. U zadnjih pedeset godina su se razvile i druge bitne metode upravljanja projektima, no više o njima će se reći u zasebnom poglavlju.

Velik doprinos razvoju, promidžbi i standardizaciji projektnog menadžmenta dale su i međunarodne udruge koje se bave ovom temom. Ima ih više, a neke od najznačajnijih su:

- Institut za projektni menadžment (eng. *Project Management Institution – PMI*),
- Međunarodno udruženje projektnog menadžmenta (eng. *International Project Management Association – IPMA*),
- Australški institut za projektni menadžment (eng. *Australian Institute for Project Management – AIPM*),
- Japansko udruženje projektnog menadžmenta (eng. *Project Management Association of Japan – PMAJ*).

Republika Hrvatska je od 2005. godine punopravna članica PMI-a, preko udruge PMI Hrvatska. Također je i punopravna članica IPMA-e, preko organizacije IPMA Hrvatska.

PMI definira projektni menadžment kao uporabu specifičnih vještina, znanja, tehnika i alata u svrhu provedbe projektnih aktivnosti (procesa), sa ciljem da se udovolji zahtjevima svih projektnih sudionika. Uključuje procese planiranja, organizacije, praćenja, kontrole, te motiviranje svih sudionika kako bi se postigli zacrtani ciljevi projekta [1]. IPMA na sličan način definira upravljanje projektima. Naime, ona kaže da se upravljanje projektima svodi na primjenu metoda, tehnika, alata i kompetencija na projektu; u svrhu ostvarenja ciljeva. Provodi se pomoću procesa, te uključuje integriranje svih faza životnog ciklusa projekta [4]. Autori D. I. Cleland i L. R. Ireland opisuju projektni menadžment nizom aktivnosti koje se izvode u svim fazama projekta, u cilju zadovoljavanja terminskih, troškovnih i tehničkih ograničenja projekta. Aktivnosti provode projektni timovi u suradnji s drugim sudionicima [3]. Autori D. Dvir i T. Lechler opisuju projektni menadžment kao službeni proces definiranja svrhe i ciljeva projekta, te svih potrebnih resursa za provedbu istoga. Određuje se početak i završetak projekta, te sve međufaze. Na taj način se definira kako bi se projekt trebao kretati kroz sve faze životnog ciklusa i uspješno privesti kraju. Također, navode da je faza planiranja najvažnija u cijelom životnom vijeku projekta jer se tada donose odluke vezane za ciljeve i opći pristup projektu, sve potrebne resurse, terminske planove izvršenja i naposljetku, metode evaluacije projekta [11]. Skupina autora, na čelu sa M. Radujkovićem, daje malo drugačiji pogled na definiciju projektnog menadžmenta. Naime, oni ga opisuju kao održavanje sklada između projektnog sadržaja i ciljeva s jedne strane, te promjena, ograničenja i projektnih rizika s druge strane [12]. Iz svega navedenog se može kazati da je projektni menadžment orijentiran na ispunjenje ciljeva projekta, a kako bi se oni ostvarili, potrebno je kvalitetno upravljati svim projektnim resursima, ograničenjima, promjenama i rizicima. Projektni menadžment dijeli projekt u međufaze, unutar kojih se traži da svi projektni sudionici primjenjuju znanja, vještine, tehnike i alate; kako bi se projekt uspješno priveo kraju, po unaprijed definiranim kontrolnim točkama. Karakteriziraju ga standardizirani procesi (inicijacija, planiranje, izvršavanje, kontrola i zatvaranje projekta) koji zahtijevaju suradnju stručnjaka iz raznih područja ljudskog djelovanja. Općenito, procesi su skupovi međusobno povezanih radnji i aktivnosti, koji se provode kako bi se realizirali unaprijed definirani proizvod, rezultat ili usluga. Postoje dvije temeljne kategorije procesa, a to su procesi upravljanja projektom i procesi koji su usmjereni na stvaranje samog proizvoda. Oni su često u interakciji i ovisni su jedni o drugima, što naglašava potrebu za interdisciplinarnošću i suradnjom među projektnim sudionicima.

U cilju što boljeg razumijevanja procesa projektnog menadžmenta, PMI je u svom priručniku definirao 9 ključnih područja znanja kojima je potrebno ovladati [1]:

1. *Upravljanje integracijom* - područje se odnosi na definiranje procesa koji osiguravaju dobru integraciju i koordinaciju projekta. Fokusirano je na projektni plan, odnosno na njegov nastanak, razvoj, provedbu i kontrolu. Uključuje izradu povelje projekta i plana upravljanja projektom, upravljanje izvršavanjem projekta, nadzor i kontrolu rada, itd.
2. *Upravljanje opsegom* - opseg projekta je jedno od temeljnih ograničenja. Njime se definiraju ciljevi projekta, a na temelju njih se mogu odrediti sve potrebe aktivnosti za njegovu provedbu. Ovo područje je usmjereno na definiranje samo onih aktivnosti i zadataka koji su neophodni za provedbu projekta, kako bi se izbacio sav suvišan rad.
3. *Upravljanje vremenom* – za uspješno upravljanje projektom, mora se ispuniti rok završetka projekta, ali se moraju poštivati i rokovi zadanih kontrolnih točaka. Ovo područje je usmjereno na ispunjavanje svih vremenskih ograničenja i rokova projekta. Uključuje izradu i praćenje rasporeda, definira međuovisnost, trajanje i slijed procesa; definira primarne i sekundarne procese, definira kontrolne točke, itd.
4. *Upravljanje kvalitetom* – PMI definira kvalitetan proizvod kao onaj koji je usklađen s potrebama i spreman za uporabu, stoga je ovo područje usmjereno na uvjet da proizvod mora udovoljiti svim zahtjevima koji su definirani na početku projekta. Uključuje procese planiranja, osiguravanja i kontrole kvalitete. Te procese može izvoditi jedna osoba na manjim projektima, a na većima projektima je ponekad dodijeljen i cijeli odjel.
5. *Upravljanje troškovima* – na početku svakog projekta, tvrtka dodijeli okvirni budžet koji je na raspolaganju za taj projekt. Temeljna zadaća ovog područja je da osigura održavanje ukupnih troškova koje generira projekt, manjima od predviđenog budžeta. Uključuje planiranje resursa, procjenu i kontrolu troškova, raspodjelu budžeta, itd.
6. *Upravljanje ljudskim resursima* – mnogi autori ističu da su ljudi u današnje vrijeme najbitniji resurs svake tvrtke, a ovo područje nastoji osigurati da se te resurse (ljude) koristi na najefikasniji način unutar svakog projekta. Uključuje procese zapošljavanja i razvoja zaposlenika, stvaranja projektnog tima, rješavanja konflikata i motiviranja.
7. *Upravljanje komunikacijom u projektu* – kvalitetna komunikacija je od presudne važnosti za uspjeh projekta. Ovo područje nastoji omogućiti pravovremeno i pogodno stvaranje, prikupljanje, razmjenu, pohranu i raspoloživost svih bitnih projektnih informacija. Uključuje planiranje komuniciranja (unutar i van timova), distribuciju informacija, izvještavanje o trenutnom stanju projekta, arhiviranje dokumentacije, itd.

8. *Upravljanje projektnim rizicima* – rizik se može definirati kao nesiguran budući događaj koji može imati pozitivni ili negativni utjecaj na projektne ciljeve. Rizici sa mogućim negativnim ishodom su prijetnje, a oni sa mogućim pozitivnim ishodom su prilike. Područje upravljanja rizicima je usmjereno na minimiziranje vjerojatnosti nastupanja i utjecaja prijetnji, odnosno na maksimiziranje vjerojatnosti nastupanja i utjecaja prilika. Uključuje procese planiranja upravljanja rizicima, identifikacije rizika, analize rizika, reakcije na rizike, te procese kontrole i nadzora rizika.
9. *Upravljanje nabavom* – svaki projekt zahtijeva određene resurse za njegovo izvođenje. Ovo područje je usmjereno na pravovremeno osiguravanje svih dobara i usluga (koje su potrebne tvrtki za provođenje projekta) od dobavljača. Uključuje procese planiranja nabave, planiranja ugovaranja, prikupljanja ponuda, izbora dobavljača, te ugovaranja.

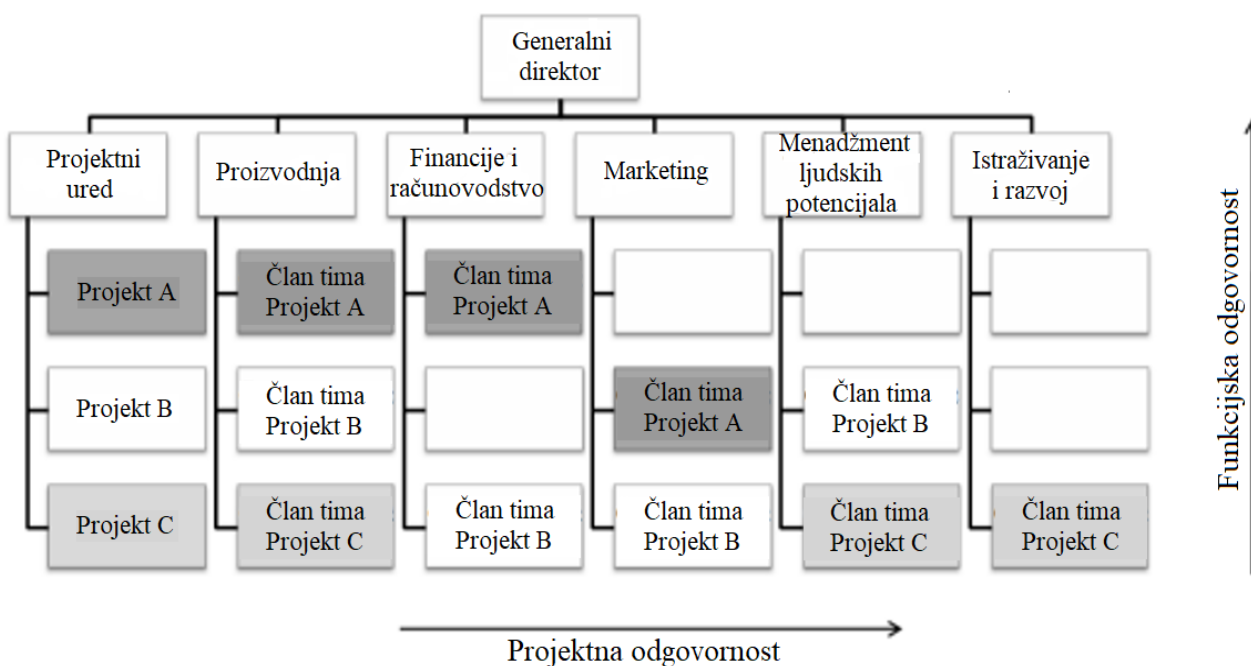
Može se zaključiti da projektni menadžment utječe na mnoge aspekte poslovanja neke tvrtke. Stoga, ako se pravilno provodi, ostvaruje i brojne prednosti za tvrtku, projektne menadžere, članove tima i kupce. Poduzeću omogućuje definiranje vremenskog okvira za projekt i sve njegove procese, mjerenje ostvarenih ciljeva i usporedbu sa očekivanjima, rano otkrivanje potencijalnih problema i predlaganje korektivnih radnji, bolju mogućnost planiranja, realniju predodžbu o planiranim ciljevima, povećanje produktivnosti i konkurentnosti, povećanje profita, lakšu integraciju projekta, itd. Projektnim menadžerima se općenito olakšava komunikacija sa ostalim sudionicima, te im je osigurana dostupnost pravih informacija u pravo vrijeme. Članovi projektnog tima će biti zadovoljniji poslom, imat će više samopouzdanja i veću želju za razvojem. Naposljetku, kupac će dobiti proizvod sa zajamčenom kvalitetom, po pristupačnoj cijeni (jer su troškovi svedeni na minimum), u dogovoreno vrijeme.

Ipak, kako su proizvodi na kojima se koristi projektni pristup vrlo šaroliki, tako je i sa praktičnom primjenom projektnog menadžmenta. Kako bi se ostvarile sve prethodno navedene, a i mnoge druge koristi, potrebno je razmišljati o slijedećim kriterijima za primjenu projektnog menadžmenta tokom izvođenja određenih aktivnosti [3]:

- veličina projekta,
- kompleksnost i neovisnost projektnih aktivnosti,
- upoznatost sa problemima koje poduzeće ne rješava na svakodnevnoj bazi,
- tržišni uvjeti,
- raspodjela i korištenje zajedničkih resursa,
- važnost projekta,

- ugled poduzeća.

Ranije je spomenuto u tekstu, da je za provedbu projekta potrebno uspostaviti projektnu organizacijsku strukturu unutar poduzeća. To znači uspostavljanje takve hijerarhije i odnosa među ljudima i resursima poduzeća, kojima će se najefikasnije ostvariti ciljevi projekta. Takva struktura je privremena (traje sve do završetka određenog projekta) i ona se mora dobro uklopiti u postojeću organizacijsku strukturu poduzeća. Tri su vrste organizacijskih struktura usmjerenih na projekt, a to su: individualna, utjecajna i čista projektna organizacija. Koju strukturu će neko poduzeće odabrati i uklopiti u već postojeću, ovisi o brojnim faktorima. Neki od faktora su: veličina i složenost projekta, brojnost projekata, učestalost ponavljanja projekata, eksterni i interni uvjeti poslovanja, karakteristike i specifičnosti poduzeća, itd. Danas se najčešće čista projektna organizacijska struktura kombinira sa tradicionalnom funkcijskom organizacijskom strukturom, što rezultira matričnom organizacijskom strukturom koja je prikazana na Slika 2.5.



Slika 2.5 Matrična organizacijska struktura [13]

Glavna karakteristika ove strukture je dvostruki lanac zapovijedi. Odnosno, svaki član tima je odgovoran voditelju projekta na kojem je aktivan i funkcionalnom menadžeru. Prednosti ove organizacijske strukture su brojne, a neke su: veća motiviranost i predanost članova tima, fleksibilnost, brži odgovor na potrebe klijenata, podiže kvalitetu proizvoda, bolji je tijek informacija unutar poduzeća, bolja iskoristivost dostupnih resursa, itd.

2.3. Životni ciklus projekta

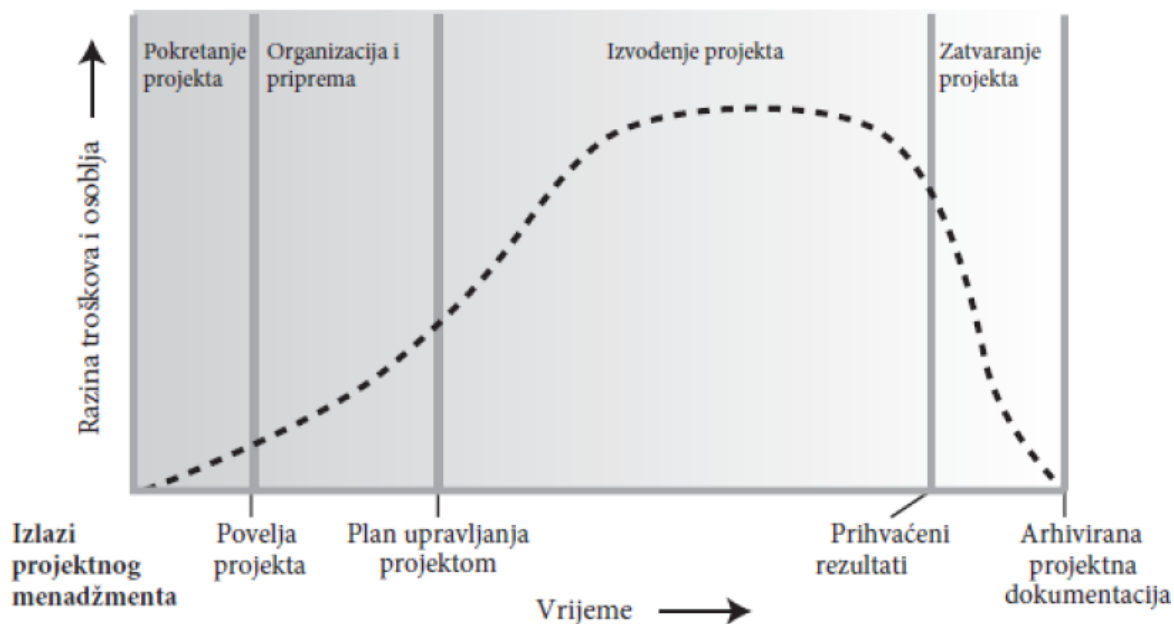
Definicija pojma projekt kaže da je on vremenski ograničen, odnosno ima svoj životni ciklus. U cilju lakšeg planiranja tijeka projekta, boljeg provođenja i bolje kontrole uspješnosti projekta; životni ciklus se dijeli u karakteristične faze. Faze slijede jedna drugu, ali obično nisu sekvencijalne. To znači da jedna faza može započeti prije završetka prethodne faze. Ipak, kada je tok faza sekvencijalan, završetak neke faze rezultira nastajanjem radnog proizvoda. Taj radni proizvod se predaje idućoj fazi i služi kao kontrolna točka za provjeru obavljenog rada. To je izuzetno bitno, ako se u obzir uzme činjenica da je nemoguće uspješno provesti neku fazu, ako i faza koja joj je prethodila, nije bila uspješna. Sve faze su podjednako važne za uspješnu provedbu projekta. Projekti mogu biti manje ili više kompleksni, ovisno o tome mogu imati manje ili više faza. Zbog toga se u literaturi mogu naći razne podjele životnog ciklusa projekta na faze (tri do šest faza). U okviru ovog diplomskog rada, prihvatit će se podjela koju je napravio PMI jer je takva podjela kompaktna i primjenjiva na širok spektar projekata. Naime, PMI dijeli životni ciklus projekta u četiri faze, a to su [1]:

- pokretanje projekta,
- organiziranje i priprema projekta,
- izvođenje projekta,
- zatvaranje projekta.

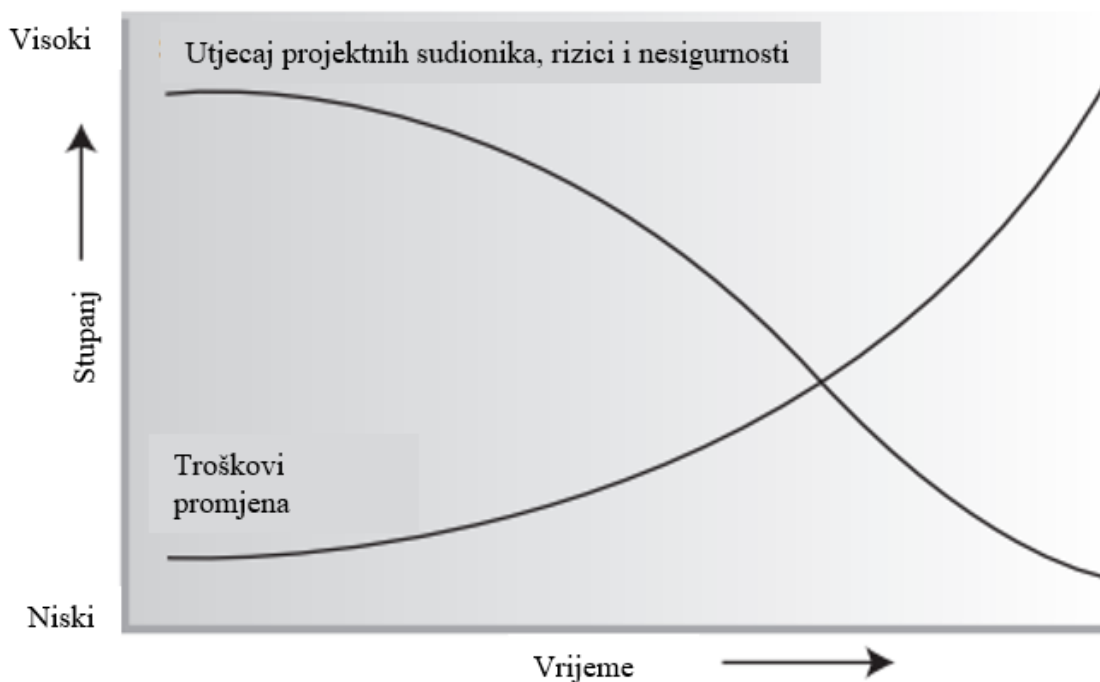
U fazi pokretanja nastaje ideja, definira se potreba za provođenjem nekog projekta i određuju se ciljevi projekta. Na temelju analize postojeće situacije i preliminarnih istraživanja, definiraju se problemi koji se trebaju riješiti i daje se preliminarna predodžba o potrebnim resursima. U fazi organiziranja i pripreme se definira strategija, načini rješavanja definiranih problema, te se detaljno razrađuje i opisuje projekt (ograničenja u vidu vremena, novca i opsega). U fazi izvođenja se projekt realizira prema prethodno dogovorenim pravilima. Potrebno je kontrolirati ovu fazu, kako bi se detektirala odstupanja od prvotnog plana. Ako dolazi do odstupanja, potrebno je ažurirati strategiju i prvotne planove. U posljednjoj fazi se projekt zatvara i napušta [3].

Neovisno o broju faza, životni ciklusi raznih projekata dijele određene zajedničke osobine. Potreba za ljudskim resursima i troškovi su niski na početku projekta, u fazi izvođenja rastu i dostižu svoj maksimum, te se u fazi zatvaranja projekta naglo smanjuju. Utjecaj projektnih sudionika, te projektnih rizika i nesigurnosti najveći je na početku projekta, a kako vrijeme odmiče, njihov se utjecaj smanjuje. Troškovi uzrokovani promjenama na projektu su najniži na

početku projekta, te kako vrijeme odmiče, svaka promjena generira sve veće troškove. Vjerojatnost uspjeha projekta najniža je na početku projekta, a najviša pri kraju projekta. Neke od ovih značajki prikazuju Slika 2.6 i Slika 2.7 [1].



Slika 2.6 Potreba za ljudskim resursima i troškovi u fazama životnog ciklusa projekta [1]

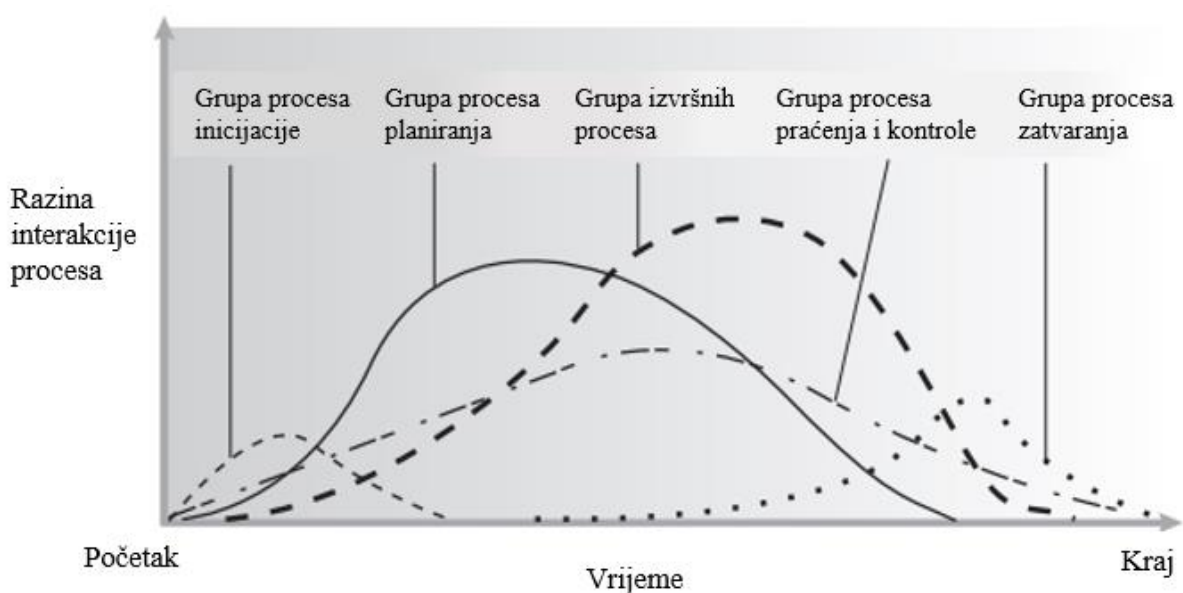


Slika 2.7 Troškovi uzrokovani promjenama te utjecaj sudionika, rizika i nesigurnosti tokom vremena [1]

Svaka od prethodno opisanih faza, sastoji se od niza logički povezanih aktivnosti, čiji je ishod unaprijed dogovoreni proizvod, usluga ili rezultat, a definiraju se kao projektni procesi. Osim podjele na dvije temeljne grupe procesa, PMI dijeli procese u pet kategorija, tzv. grupe procesa projektnog menadžmenta. Ova podjela i kratki opisi svake kategorije dani su u nastavku [1]:

- *Grupa procesa inicijacije* – uključuje prepoznavanje važnosti projekta, definiranje opsega i ciljeva, identifikaciju zainteresiranih strana, izbor projektnog menadžera.
- *Grupa procesa planiranja* – uključuje detaljnije definiranje opsega i ciljeva, planiranje potrebnih aktivnosti, definiranje potrebnih resursa, izradu cjelokupne dokumentacije.
- *Grupa izvršnih procesa* – uključuje provedbu svih planiranih aktivnosti.
- *Grupa procesa kontrole i praćenja* – ovi procesi kontinuirano mjere napredak projekta kako bi se utvrdila odstupanja od prvotnog plana i poduzele korektivne mjere.
- *Grupa procesa zatvaranja projekta* – uključuje formalno prihvaćanje projekta, prestanak odvijanja svih aktivnosti i evaluaciju čitavog projekta.

Projekti su općenito opisani kao kratkotrajni i jedinstveni, naprotiv, procesi se izvode svakodnevno u organizacijama i oni su svaki put praktički isti. Svaki proces karakteriziraju određeni ulazni i izlazni parametri; te znanja, vještine, tehnike i alati koji se koriste da bi se od ulaznih parametara dobili izlazni. Kao i same faze životnog ciklusa, procesi se često preklapaju ili su u interakciji. Također, unutar jedne faze može djelovati jedna ili više grupa procesa. Interakciju grupa procesa projektnog menadžmenta prikazuje Slika 2.8.



Slika 2.8 Interakcija grupa procesa projektnog menadžmenta [1]

2.4. Projektni sudionici (*eng. stakeholders*)

Koliko god se neka ideja činila dobrom, isplativom i korisnom; teško će se ona realizirati, ako u postupak provedbe nisu uključeni ljudi sa potrebnim iskustvom, znanjima i vještinama. Također, bitno je pravilno dodijeliti tim ljudima uloge, te sa njima povezane zadatke, ovlaštenja i odgovornosti. Zbog toga je ovo poglavlje posvećeno opisu socijalne dimenzije projekta. Odnosno opisu i definiranju nekih standardnih uloga koje ljudi zauzimaju unutar projekta. Bitno je napomenuti da ne moraju svi projekti imati sve projektne sudionike koji će biti u nastavku navedeni. Neki, poput projektnog tima ili projektnog menadžera, su ipak karakteristični za sve projekte. Također, zadaci i odgovornosti svih projektnih sudionika se mogu bitno razlikovati od projekta do projekta.

Pojam projektni sudionici se odnosi na sve organizacije i pojedince, koji su intenzivno uključeni u projekt ili na koje projekt ostavlja pozitivan, odnosno negativan utjecaj. Najjednostavnija podjela projektnih sudionika je na primarne i sekundarne. Primarni projektni sudionici imaju zakonsku i/ili ugovornu, pravno važeću, obvezu prema projektu. Oni utječu na organizacijsku strukturu, upravljaju projektnim resursima, prate tijek projekta i ostvarenje postavljenih ciljeva, posjeduju odgovornost i autoritet za donošenje bitnih projektnih odluka, itd. Sekundarni projektni sudionici nemaju pravno važeću obvezu prema projektu, ali oni mogu utjecati na projekt i/ili projekt može utjecati na njih. Njihov utjecaj može biti pozitivan (ako podržavaju projekt) ili negativan (ako ga pokušavaju sabotirati). Sekundarni projektni sudionici mogu koristiti razne tehnike kako bi negativno utjecali na projekt, npr. utjecaj na medije ili građanski otpor. Ipak, njihov utjecaj većinom nije toliko jak da bi izazvao prekid projekta, ali može izazvati određene prilagodbe projekta. Tablica 2.1 daje popis nekih projektnih sudionika [14].

Tablica 2.1 Primarni i sekundarni projektni sudionici [3]

Primarni projektni sudionici	Sekundarni projektni sudionici
Vlasnici projekata i sponzori	Društvene, političke i druge organizacije
Generalni/projektni/funkcijski menadžeri	Različite institucije (npr. škole ili bolnice)
Članovi projektnih timova	Specijalne interesne skupine
Dobavljači i izvođači	Mediji, turisti, privatne osobe
Kupci i potrošači	Konkurenti
Kreditori, dioničari, sindikati	Lokalne zajednice

Primarni projektni sudionici koje svaki projekt mora sadržavati su: vlasnik/sponzor projekta, projektni menadžer, članovi projektnog tima, te kupci/potrošači. Vlasnik/sponzor projekta je osoba ili organizacija koja najviše utječe na definiranje ciljeva projekta, a zadaća mu je da osigura financiranje istoga. Kupci su pojedinci i/ili organizacije koje koriste rezultat projekta. Projektni tim se može definirati kao skupina ljudi, odabrana prema nužnim kriterijima (znanje, iskustvo, ljudske osobine, kompetencije, stručnost), koja treba međusobno surađivati i usmjeravati svoj rad ka ostvarenju projektnih ciljeva. Projektni timovi se obično formiraju u fazi pokretanja projekta (grupa procesa inicijacije), a njihovi članovi mogu biti pojedinci koje je tvrtka ciljano angažirala, zaposlenici te tvrtke ili zaposlenici neke tvrtke koja je suradnik na projektu. Generalno govoreći, proizvodi, a samim time i projekti koji stvaraju te proizvode, su danas sve kompleksniji. Uzrok povećanja kompleksnosti su tehnološki napredak, te primjena i kombiniranje tih novih tehnologija. Posljedično, to znači da se za realizaciju projekta trebaju uključiti stručnjaci iz različitih i specijaliziranih područja, odnosno to naglašava potrebu za interdisciplinarnošću projektnih timova. Nadalje, veličinu tima definira veličina i kompleksnost projekta, te svih zadataka i ciljeva koje on mora ispuniti. Osim što bi članovi trebali imati različita znanja i vještine, unutar tima oni imaju i različite uloge, a neke od njih su kreativac, koordinator, stručnjak, pokretač, itd. Uz sve različitosti, dobar projektni tim mora biti povezan zajedničkom vizijom/misijom, te mora biti usmjeren na ostvarenje ciljeva, postizanje kvalitete i na zadovoljstvo kupaca/potrošača. Komunikacija unutar tima mora biti otvorena i omogućena svima, jer će tako članovi osjećati veću pripadnost timu i biti zadovoljniji, kreativniji i efikasniji. Također, projektni tim mora imati sposobnost prilagodbe promjenama na projektu. Uz sve navedeno, još neke poželjne karakteristike su: inovativnost, izražena potreba za postignućima, minimalna oslonjenost na procedure, podjela rizika, visoka razina odgovornosti, upravljanje sukobima [14].

Projektni menadžer (voditelj projekta) je osoba imenovana od strane vlasnika/sponzora, uglavnom na početku projekta, koja nosi najveću odgovornost za ostvarivanje svih ciljeva. On je glavni odgovoran za planiranje projekta, organizaciju, komunikaciju sa ostalim sudionicima, provedbu, praćenje i kontrolu, te redovito izvještavanje i dokumentiranje. Već je rečeno da se zadaci projektnog menadžera mogu razlikovati od jednog do drugog projekta. Međutim, neki tipični zadaci su slijedeći: definiranje ciljeva i mjerljivih pokazatelja uspjeha, odabir projektnog tima, kreiranje strategije provedbe projekta, određivanje budžeta, definiranje projektnih aktivnosti i potrebnog vremena za njihovo izvođenje, analiza i upravljanje rizicima, podjela područja odgovornosti i područja upravljanja (radni paketi), koordiniranje projektnog tima, itd.

Za realizaciju svih nabrojanih, ali i puno drugih zadataka, projektni menadžer mora imati velik paket vještina i znanja iz različitih područja, odnosno struka. On mora imati temeljna znanja iz područja financijskog menadžmenta, računovodstva, nabave, prodaje i marketinga, administracije, informatike, zaštite na radu, kontrole i nadzora, te iz tehničkih struka vezanih za projekt [1]. Poželjno je da ima određeno iskustvo u upravljanju projektima, te da dobro poznaje organizaciju za koju radi i njezinu okolinu, kako bi mogao pravovremeno predvidjeti nadolazeće promjene i uspješno odgovoriti na njih. Također, neke prednosti su još dobre organizacijske sposobnosti, stručnost, emocionalna inteligencija, itd. Osim navedenih znanja, mora posjedovati i određene vještine koje autor Marin Buble dijeli u četiri skupine [15]:

- konceptualne vještine – sposobnost koordinacije i zajedničke integracije procesa (aktivnosti) koji se odvijaju unutar organizacije,
- vještine rada s ljudima – sposobnost menadžera da vodi, motivira, pomaže, koordinira, utječe, pregovara, te komunicira i rješava konflikte,
- tehničke vještine – poznavanje praktičnih zadataka, tehnologije i uloga u poduzeću,
- vještine oblikovanja – sposobnost da se rješenja poslovnih problema oblikuju na način da tvrtka od njih ima najveću moguću korist.

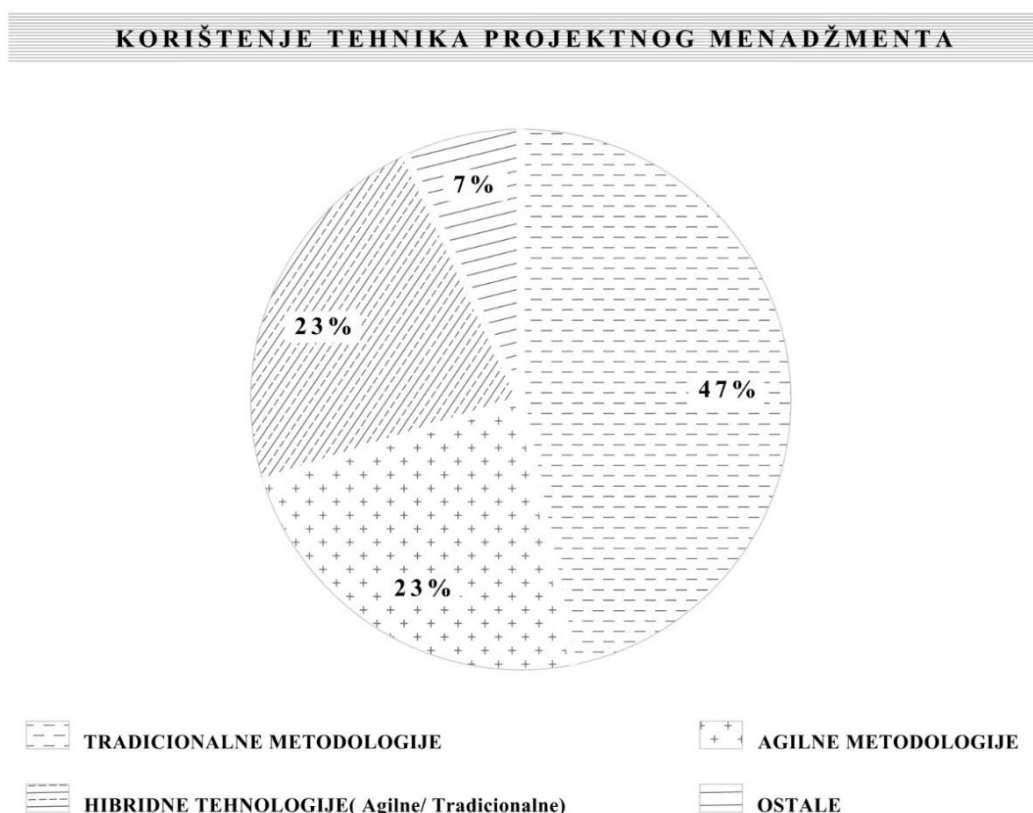
Valja napomenuti da certifikaciju projektnih menadžera u Republici Hrvatskoj provode hrvatski ogranci međunarodnih organizacija IPMA i PMI. Postoji više vrsta certifikata od strane obje organizacije. Njima projektni menadžeri dokazuju da su osposobljeni za kvalitetno upravljanje projektima i tako ostvaruju konkurentsku prednost na tržištu rada.

Iako projektni menadžer ima najveću odgovornost za uspjeh projekta, najveći dio posla ipak odrađuje projektni tim. Zbog toga je važan način na koji će projektni menadžer voditi svoj tim, a tako i projekt. Vođenje se može opisati kao sposobnost utjecaja na zaposlenike kako bi oni efikasno i efektivno ostvarili organizacijske ciljeve. Danas postoji mnogo stilova vođenja koji se mogu dobiti interpolacijom dva osnovna, a to su vođenje orijentirano na ljude i vođenje orijentirano na zadatke. Vođenje orijentirano na ljude je demokratičnije, smatra se participativnim i dvosmjernim. Njime se potiče timski rad i pozitivno utječe na atmosferu u timu, ali nema pozitivan utjecaj na produktivnost. Vođenje orijentirano na zadatke je više strukturirano, autokratsko i restriktivno. Omogućuje rast produktivnosti, ali može negativno utjecati na zadovoljstvo svih članova projektnih timova. Većina istraživanja, koja su provedena na temu vođenja posljednjih godina, pokazuju da je danas ipak bolje imati stil vođenja koji je više orijentiran na ljude. U današnje vrijeme se projektni menadžer mora prilagoditi karakternim i kulturološkim osobinama članova tima da bi se održao sklad i ostvarili ciljevi [3].

2.5. Metode upravljanja projektima

Svaki projekt karakteriziraju osnovna ograničenja (opseg, novac, vrijeme) i raspoloživi resursi. U cilju povećanja šansi za uspješnu provedbu projekta, te boljeg planiranja, praćenja i kontrole navedenih ograničenja i resursa, nastale su brojne metode upravljanja projektima. Sve nastale metode se mogu podijeliti u tri temeljne grupe, a to su: tradicionalne metode, agilne metode i alternativna metoda *Održivog upravljanja projektima utemeljena na načelima* (eng. *Projects integrating Sustainable Methods – PRiSM*). Prilikom izbora optimalne metode, treba se voditi idućim kriterijima: veličina i karakteristike projektnog tima, geografska lokacija projekta, veličina projekta, kompleksnost korištenih digitalnih alata, tip projekta, poslovna strategija tvrtke, podložnost promjenama, potrebni resursi, itd.

PMI je 2018. godine proveo istraživanje na 4,455 ljudi koji su uključeni u projektni menadžment, kako bi utvrdio koje metode upravljanja projektima su najviše korištene u zadnjih dvanaest mjeseci. Rezultati su pokazali da tradicionalne metode koristi 47% ispitanika, agilne 23% ispitanika, isti postotak koristi kombinaciju agilnih i tradicionalnih metoda, dok samo 7% koristi neke druge metode. Rezultati su prikazani dijagramom na Slika 2.9 [16].



Slika 2.9 Korištenje metoda upravljanja projektima [16]

Tradicionalne metode upravljanja projektom temelje se na procesnim grupama, onako kako ih opisuje PMI (inicijacija, planiranje, izvršavanje, kontrola i praćenje, zatvaranje). Kod ovih metoda, procesi se izvršavaju slijedno i nema povratka na prethodni proces. Ove metode su jasno strukturirane i nisu prilagodljive. Kod njih je opseg projekta poznat i nije podložan promjenama, a isto je i sa fazama i sa procesima. Resursi su definirani i otprije poznati. Budžet je također definiran, a ljudi su upoznati sa aktivnostima i alatima. Termini rokovi su jasno postavljeni, a rizici su poznati i nemaju značajan utjecaj na projekt. Ovdje vrijedi izdvojiti vodopadni model (iz kojeg su nastale sve ostale), Gantogram, Metodu kritičnog puta (CPM), Tehniku pregleda evaluacije programa (PERT) i PRINCE2 metodu.

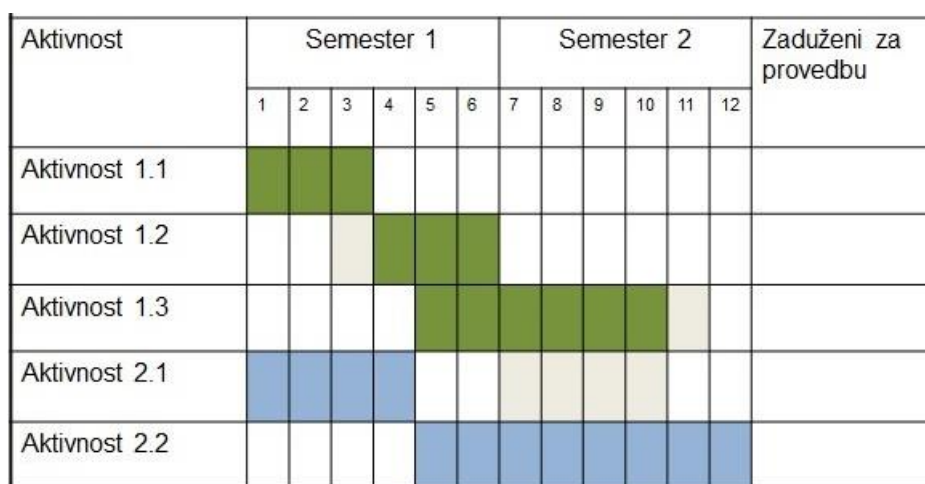
Zbog sve učestalijih promjena u okolini projekta i rasta njihove kompleksnosti, tradicionalne metode upravljanja projektima, koje su rigidne i fokusirane na procese, postale su neefikasne. Ovaj problem se posebno isticao u IT industriji, zbog čega je 2001. godine sedamnaest voditelja IT projekata sastavila *Agilni manifest*. To je dokument koji je označio početak razvoja agilnih metoda upravljanja projektom. U njemu su autori definirali dvanaest temeljnih principa budućih agilnih metoda za upravljanje projektima. Principi su sljedeći: najvažnije je zadovoljstvo kupca, promjene zahtjeva na proizvod se spremno prihvaćaju u svim fazama, isporučivanje upotrebljivog proizvoda (manjeg rješenja projekta) u što kraćim razmacima, svakodnevna interakcija razvojnih inženjera i drugih sudionika projekta, ostvarivanje projekata se oslanja na motivirane pojedince, razgovor uživo kao najučinkovitiji način prijenosa informacija, upotrebljiv programski proizvod kao bazično mjerilo uspjeha, ove metode moraju poticati održivi razvoj, zadržavanje jednakog tempa rada, naglasak na tehničku izvrsnost i dobrom dizajnu, jednostavnost, samoorganizirajući timovi i konstantna težnja projektnog tima da postane efikasniji [17]. Može se reći da su agilne metode upravljanja projektima temeljene na odnosu sa kupcima i iterativnom pristupu. Klijenti opisuju korištenje krajnjeg proizvoda i probleme koje on rješava. Nakon toga projektni tim pokreće procese planiranja, izvršavanja i evaluacije. Izrađuje se rješenje manjeg dijela projekta koje se šalje klijentu kako bi ga on testirao. Klijent ili prihvaća prijedlog rješenja ili utvrđuje greške i potrebne preinake. Nakon toga se iteracija ponavlja dok se ne zadovolje zahtjevi klijenta, a projekt je svakom iteracijom bogatiji i napredniji zbog neke prethodno razvijene funkcionalnosti [18]. Neke najučestalije agilne metode su: Ekstremno programiranje (*eng. Extreme Programming – XP*), Scrum model, Razvoj pokretan funkcionalnostima (*eng. Feature-Driven Development – FDD*) i Razvojna metoda za dinamični sustav (*eng. Dynamic System Development Method – DSDM*).

PRiSM metodologija je objavljena 2013. godine od strane tvrtke Green Project Management, kako bi se proces upravljanja projektom učinio održivim. Imperativ stavlja na održivost proizvoda i samih procesa. Koristi postojeće organizacijske strukture u tvrtkama, a u strateški fokus tvrtke stavlja projekte, kako bi se ostvarile koristi za sam projektni tim i za sve funkcijske odjele unutar tvrtke. Načela na kojima se temelji ova metodologija maksimiziraju vrijednost i integriraju održivost u cjelokupnom životnom ciklusu projekta. Metodologija je nastala na temeljima P5 standarda (P5 – projekt, proces, ljudi, planet i prosperitet). Njome se može proširiti spektar koristi koje tvrtka dobiva ostvarenjem projekta, te se mogu smanjiti ekološki, ekonomski i društveni rizici. Metodologija je najprikladnija za infrastrukturne projekte. U odnosu na tradicionalne metode upravljanja projektima, PRiSM se ističe sa četiri glavne karakteristike: ukorijenjeni ekološki i društveni ciljevi projekta, definirani plan upravljanja održivošću, provođenje analize utjecaja rezultata projekta na P5, usklađenost vanjskih dobavljača i suradnika sa strategijom održivosti. Šest temeljnih načela PRiSM metodologije su [19]:

- predanost i odgovornost – pravo na siguran, čist i zdrav okoliš; pravednu naknadu, jednake mogućnosti i etičku opskrbu,
- etika i sposobnost odlučivanja – podržavanje organizacijske etike i donošenje odluka sukladno općim načelima kroz detekciju, ublažavanje i zaustavljanje negativnih utjecaja na okoliš i društvo,
- integracija i transparentnost – promicanje međuovisnosti gospodarskog razvoja, društvenog integriteta, te zaštite okoliša,
- društvena i ekološka ravnopravnost – procjena ljudske ugroženosti u ekološki problematičnim područjima,
- ekonomski prosperitet – uspostavljanje financijskih strategija i ciljeva koji uravnotežuju potrebe dionika s trenutnim i dugoročnim potrebama budućih generacija,
- razvoj resursa - očuvanje i poboljšanje prirodnih resursa boljim razvojem i korištenjem tehnologije i resursa.

U nastavku će se još opisati detaljnije neke tradicionalne i agilne metode upravljanja projektom. Gantogram je jedna od prvih razvijenih metoda za planiranje, odnosno upravljanje projektima. Ova metoda spada u grafičke, linijske metode, a služi za prikazivanje vremenskog trajanja aktivnosti i preliminarnu procjenu troškova. Sam dijagram ima oblik tablice, gdje su projektne aktivnosti navedene unutar jednog stupca na lijevoj strani, prema njihovom redoslijedu od vrha

prema dnu. Ostali stupci označavaju terminske jedinice za odvijanje projekta, što mogu biti dani, tjedni, mjeseci ili godine. Navedenim aktivnostima se dodjeljuje njihovo trajanje u obliku međusobno ovisnih horizontalnih redaka. Bitno je označiti lanac povezanih radnji koji označava minimalno vrijeme potrebno za provedbu projekta (tzv. kritični put). Gantogram olakšava upravljanje projektnim aktivnostima, jednostavno se čita i logičan je. Nedostaci su što je sadržaj ovakvih dijagrama ograničen i nije najbolje rješenje za kompleksne projekte sa velikim brojem međuovisnih aktivnosti. Gantogram prikazuje Slika 2.10 [13].



Slika 2.10 Gantogram [20]

Metoda vodopada se često navodi kao izvorište većine tradicionalnih metoda, a ovaj model je prvi put formalno opisao W. W. Royce 1970. godine. Metoda je također linearna. Sekvencijalna je, odnosno dijeli projekt na određene grupe faza, a kada se jedna faza dovrši, prelazi se na iduću i nema više povratka na prošlu. Ovakav, strukturiran i rigidan pristup projektu, vremenom je postao neučinkovit. Stoga se ovaj model sve manje koristi u praksi. Primjer vodopadnog modela daje Slika 2.11 [40].



Slika 2.11 Primjer vodopadnog modela za razvoj računalnog programa

Metoda kritičnog puta (CPM) spada u grafičke metode mrežnog planiranja projekta. Koristi se za vremensko planiranje projekta i predviđanje troškova. Karakteristično za ovu metodu je da se prvo provodi analiza strukture projektnih aktivnosti, a potom analiza potrebnog vremena za provedbu istih. Takvim analizama dobije se teorijski najraniji i najkasniji datum početka, odnosno završetka projektnih aktivnosti, a time i samog projekta, neovisno o ograničenjima. Tako se dobiju vremenski periodi unutar kojih je moguće izvesti neku aktivnost, a da ona ne utječe na izvođenje drugih aktivnosti. Svaki period ima svoju vremensku rezervu, odnosno vrijeme između najranijeg i najkasnije početka/kraja neke aktivnosti. Ako je vremenska rezerva za neku aktivnost jednaka nuli, ona postaje kritična. Više takvih, povezanih aktivnosti tvore kritični put, odnosno, najduži put u mrežnom dijagramu [1]. Neke prednosti ove metode su što definira ovisnosti među projektnim aktivnostima, organizira velike i kompleksne projekte, pruža mogućnost izračuna vremena svake aktivnosti, potiče projektnog menadžera da ubrza realizaciju projekta, pojačano prikazuje utjecaj promjena rasporeda na odvijanje projekta, itd. Neki nedostaci su što za velike i kompleksne projekte traži obavezno korištenje računalnih programa i daje ponekad teško čitljive mrežne dijagrame, zbog nedostatka prilagodljivosti nije primjenjiva na sve projekte i ne daje podlogu projektnom menadžeru za distribuciju raspoloživih resursa na projektne aktivnosti [9].

Scrum metodologija je prvi puta službeno predstavljena 1995. godine, iako njeni korijeni sežu iz još ranijih godina prošlog stoljeća. Kako je već rečeno, spada u agilne metode za upravljanje projektima. U početku se ova metoda koristila najviše u IT industriji, a danas nalazi primjenu i u drugim industrijama. Metodologija je zbog sličnosti dobila ime prema jednoj situaciji iz ragbija. Naime, u ragbiju pojam „Scrum” označava situaciju nakon prekida, gdje se lopta vraća u igru, a protivnički timovi se bore za nju. Svakim prekidom tim zauzima novu poziciju i približava se cilju. Kao i sve ostale agilne metode, ova metodologija je iterativne prirode. Tako ona dijeli projekt u niz iteracija, koje se u ovom okviru nazivaju sprintevi. Cilj je svakom iteracijom dovršiti određene zadatke i tako se postepeno približiti završetku projekta. Pritom ova metodologija stavlja najveći naglasak na timski rad, odnosno na to kako bi projektni timovi trebali djelovati da bi se postigla fleksibilnost i da bi se provele sve promjene koje kupac zahtjeva tokom razvoja proizvoda. Temeljni pojam je Scrum proces, a to je skup aktivnosti koje se ponavljaju u određenim vremenskim razmacima, prema potrebama i kapacitetima projektnog tima. Taj proces je određen pravilima, kojih se svi pridržavaju. Na početku procesa, klijent iznosi svoju ideju, želje i ciljeve. Vlasnik proizvoda tada izrađuje popis elemenata, nužnih da taj proizvod bude smisljena cjelina i ispunji funkcionalne zahtjeve kupca (*eng. Product Backlog*).

Nakon toga počinje planiranje sprinta, gdje vlasnik proizvoda (projektni menadžer) u suradnji sa razvojnim timom (projektnim timom) sastavlja popis zadataka, izabranih prema prioritetima, koji trebaju biti izvršeni u tom sprintu (*eng. Sprint Backlog*). Nakon što se definiraju zadaci, pristupa se jednoj iteraciji (sprintu). Tokom sprinta se izrađuje proizvod koji je rješenje manjeg dijela projekta. Također, tokom jednog sprinta, koji obično traje 1-4 tjedna, svaki dan se vode kratki, dnevni sastanci (*eng. Daily Scrum*). Na njima se raspravlja o obavljenom poslu i onomu koji se tek treba obaviti unutar tog sprinta. Po završetku sprinta moraju svi definirani zadaci biti izvršeni, a funkcionalnosti koji su ugrađene u proizvod razvijene, ispitane, arhivirane i pripravne za isporuku. Naposljetku se obavljeni sprint analizira i evaluira (*eng. Sprint Retrospective*). Sprintevi se iterativno ponavljaju dok se ne dođe do konačnog proizvoda [21]. Neke prednosti Scrum metode su: jednostavno uočavanje i otklanjanje pogrešaka, olakšana kontrola projekta, veća kvaliteta proizvoda, veće zadovoljstvo kupaca, olakšano je provođenje promjena, transparentnost, brža realizacija projekta, itd. Naprotiv, Scrum metodologija ima i određene mane, a to su: slabo definiran opseg projekta može uzrokovati krivu procjenu troškova i potrebnog vremena za realizaciju projekta, zahtijeva potpunu predanost projektnog tima i iskustvo od svih članova, primjenjiva je za manje projektne timove (samim time i manje projekte), itd. [10]. Usporedbu agilnih metoda daje Tablica 2.2.

Tablica 2.2 Usporedba općih karakteristika agilnih metoda upravljanja projektom [41]

Metoda	Ključne točke	Posebности	Nedostaci
DSDM	Kontrola istraživanja i razvoja, korištenje vremenskih okvira, ovlaštenje timova	Prva prava agilna metoda za razvoj softvera, koristi prototipove, koristi uloge: savjetnik, vizionar, ambasador	Dostupna za korištenje, ali samo članovi udruženja posjeduju pristup dokumentu koji pojašnjava korištenje metode
XP	Razvoj vođen kupcima, dnevne varijante, mali timovi	Stalno revidiranje proizvoda da bi se poboljšale performanse i moć odgovaranja na promjene	Pojedinačne prakse primjenjive u mnogim situacijama, manje pažnje dano općenitom pogledu i praksi menadžmenta
Scrum	Neovisni, mali i samoorganizirajući razvojni timovi, razvojni ciklus do 30 dana	Podržava promjenu vizije od „određenog i ponavljajućeg” ka „Scrum pogled na novi razvoj proizvoda”	Detaljno opisano upravljanje 30-dnevnim razvojnim ciklusom, testovi za prihvaćanje i integraciju slabo opisani
FDD	Proces ima 5 koraka, objektno usmjeren razvoj funkcionalnosti (komponenti)	Jednostavna metoda, objektno modeliranje, dizajniranje i implementacija proizvoda prema funkcionalnostima	Metoda koja je usmjerena samo na implementaciju i dizajn

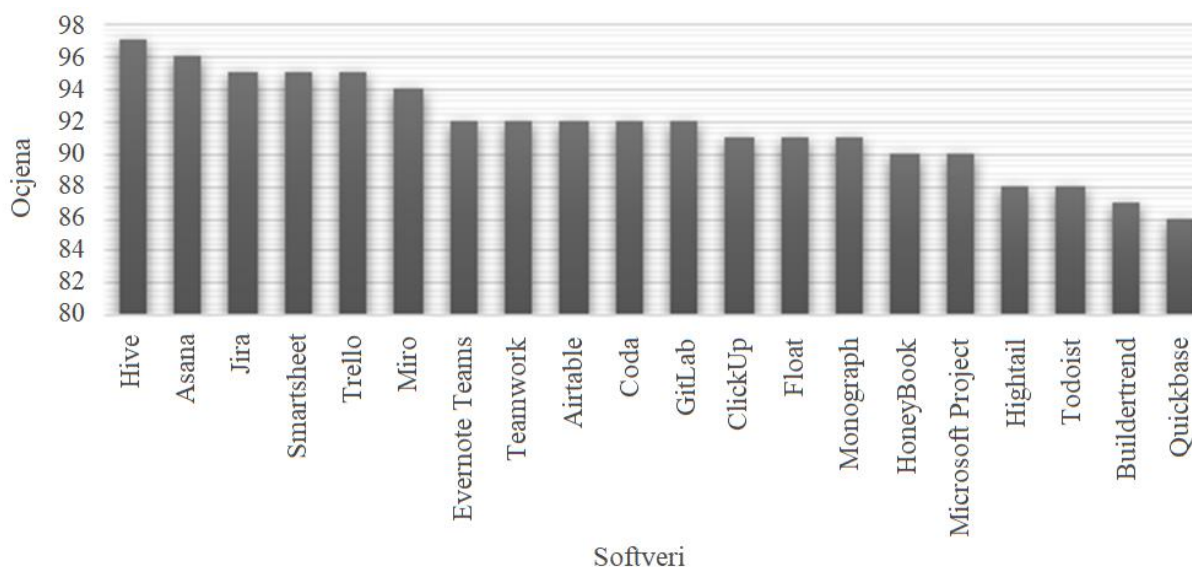
2.6. Primjena i utjecaj IT-a na projektni menadžment

IT (*eng. Information Technology*) je danas jedna od najbrže rastućih industrija. Svakim danom se razvija sve više, privlači sve više ljudi (radnika) i ima sve veći utjecaj na sve sfere ljudskog života (posao, obrazovanje, privatni međuljudski odnosi, itd.). Ni projektni menadžment nije ostao imun na ovaj trend, pa se tako proizvodi IT industrije sve više koriste za upravljanje projektima. Ne samo da se koriste, već kako je rečeno, od 1980. godine pa nadalje, IT industrija je stvorila okvir za ogroman razvoj i napredak na području upravljanja projektima. Značajno je ubrzala i olakšala rješavanje zadataka poput crtanja gantograma i mrežnih dijagrama, izrade različitih izvještaja, izrade bilo kakvih grafova i dijagrama, provedbu različitih analiza, itd. Tako je projektnim timovima, projektnim menadžerima i ostalim sudionicima ostalo više vremena za razmišljanje o projektu, izradu strategije i planova, praćenje i kontrolu projekta, unaprjeđenje načina rada, osobni razvoj, itd. Uz to što je pomogla ljudima da brže i sa manje napora rješavaju zadatke koje su nekad oni rješavali, omogućila je obradu velike količine podataka. To je dovelo do razvoja nekih novih metoda za vođenje projekata i ponudilo nove, dodatne parametre po kojima se može pratiti i kontrolirati projekt. Također, olakšala je i ubrzala komunikaciju između svih projektnih sudionika. Jedan od posljednjih trendova je mogućnost međusobnog povezivanja računalnih programa za upravljanje projektima. Na taj način se programi mogu međusobno povezati (što obično zahtjeva samo korištenje Interneta) i tako stvoriti velika baza podataka koja je dostupna bilo kojem projektnom sudioniku, u bilo kojem trenutku i na bilo kojoj lokaciji (preduvjet je postojanje Internet veze). Iako računalni programi pružaju velik spektar mogućnosti svim projektnim sudionicima, oni su tek alat u rukama ljudi. I dalje su ljudi oni koji donose odluke i upravljaju realizacijom projekta.

Danas postoji pregršt prethodno opisanih programa, a klasificirati se mogu prema dva kriterija. Obzirom na cijenu postoje komercijalni i besplatni računalni programi. Komercijalni nude više mogućnosti, robusniji su i kvalitetniji, ali je zato potrebno kupiti licencu da bi se oni mogli koristiti. Obzirom na tehnologiju, dijele se na klasične i online softvere. Klasični se instaliraju lokalno na računalima u organizaciji i za njihovo održavanje su odgovorni IT zaposlenici tvrtke. Online softveri rade uz pristup Internetu i nisu instalirani lokalno. Kod njih su podaci pohranjeni u „oblaku”, a za njihovo održavanje je odgovorna IT tvrtka koja je razvila taj program [22].

Kako bi se odabrao pravi programski paket koji je najbolje prilagođen poslovanju tvrtke, podršku može pružiti portal Capterra. To je jedan od posjećivanijih portala, koji analizira softverska rješenja za razne primjene. Između ostalih opcija, na ovom portalu se može naći popis dvadeset najboljih softvera za upravljanje projektom, prema broju korisnika i prema

ocjenama tih korisnika. Portal ih rangira na skali od nula do sto, gdje 50% ocjene čini broj korisnika, a ostalih 50% čini ocjena korisnika. Pregled dvadeset najboljih softvera za upravljanje projektima daje Slika 2.12 [23].



Slika 2.12 Najbolji softveri za upravljanje projektima

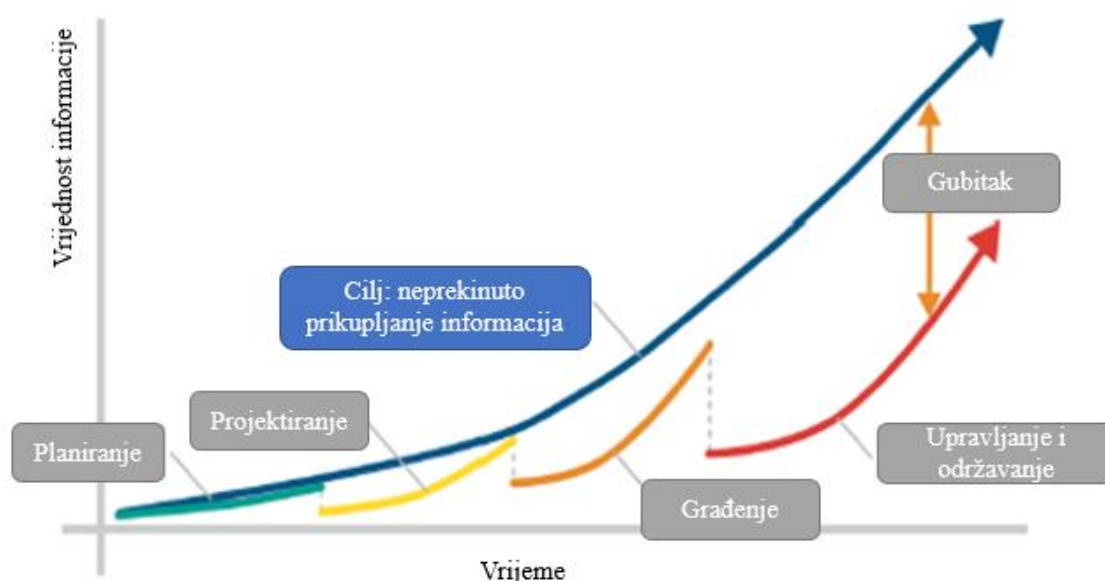
Ukupan broj softvera za projektni menadžment, koji su opisani na portalu Capterra je 1419. Premda oni dijele neke zajedničke karakteristike i mogućnosti, imaju i određene razlike. Da bi se u tom moru softvera izabrao najprikladniji, potrebno je uzeti u obzir iduća tri kriterija [13]:

- operacijski kriterij – fokusira se na izvedbu i mogućnosti softvera, odnosno na funkcije koje on uključuje, npr. budžetiranje, kontrola, izrada izvještaja, procjena troškova, itd.,
- kriterij procjene informacijskog sustava – uključuje zahtjeve hardvera, integriranost softvera, kompatibilnost sa trenutnim informacijskim i komunikacijskim sustavima u tvrtki, sigurnost unesenih podataka, podršku proizvođača i prodavača, itd.,
- kriterij životnog ciklusa troškova – vrijednost softvera usporedno sa vrijednosti projekta, odnosi se na troškove nabave, instaliranja, korištenja i održavanja softvera.

3. BIM (eng. *Building Information Model/Modeling/Management*)

3.1. Općenito o BIM pristupu

Za graditeljstvo se može reći da je jedna od najstarijih organiziranih ljudskih djelatnosti. Korijeni graditeljstva vežu se uz napuštanje nomadskog načina života i prihvaćanje sjedilačkog načina. Naime, ljudi su se tada počeli baviti poljoprivrednom, pa su prepoznali potrebu za izgradnjom objekata koji bi im služili za skladištenje uzgojene hrane, ali i za druge aspekte života. Tokom povijesti se mijenjala namjena graditeljskih objekata, a tako i zahtjevi nad njima. Posljedično, i graditeljstvo je kao djelatnost napredovala. Međutim, unatoč svim promjenama, graditeljstvo je bilo i ostalo, bitan dio svjetske ekonomije. Kao i u drugim industrijama, proizvodi građevinske industrije danas postaju sve kompleksniji. Uz to, ljudi su sve više svjesni negativnih posljedica koje graditeljstvo ostavlja na svoju okolinu. Naime, prema istraživanjima provedenim početkom ovog stoljeća, građevine troše 40% ukupne svjetske energije, sa istim postotkom sudjeluju u emisiji stakleničkih plinova, te troše preko 30% ukupnih vodenih resursa [24]. Osim potrebe za rješavanjem navedenih ekoloških problema, teži se što manjim troškovima kroz cjeloživotni ciklus građevine i samoodrživosti. Graditeljstvo je fragmentirana djelatnost, odnosno dijeli se na faze planiranja, projektiranja, građenja i naposljetku korištenja. Uz to zahtijeva suradnju velikog broja stručnjaka i/ili organizacija iz različitih područja, a često su ti stručnjaci i/ili organizacije na različitim lokacijama, što im otežava komunikaciju. Zbog toga često dolazi do gubitka bitnih informacija pri prelasku sa jedna na drugu fazu (Slika 3.1).



Slika 3.1 Gubitak projektnih informacija među fazama građevinskog objekta [25]

Također, za graditeljske projekte je karakteristično da traju po nekoliko mjeseci ili godina. Obzirom na dugo trajanje, sve češće dolazi do promjena u svim prethodno nabrojanim fazama građevinskog objekta. Sve češće promjene koje investitor zahtijeva mogu uzrokovati značajno prekoračenje planiranih troškova. Također, često se događa i da građevinski projekti prekorače planirano trajanje projekta. Iz razno-raznih razloga, projektna dokumentacija koja nastaje u fazi projektiranja, ponekad nije zadovoljavajuće kvalitete. To uzrokuje probleme prilikom građenja i korištenja, što može rezultirati lošom kvalitetom izvedenih radova. Još neki problemi s kojima se susreće građevinska industrija su jedinstvenost projekata i opasni uvjeti rada na gradilištu. Iz svega navedenog, može se zaključiti da graditeljstvo ima još puno prostora za napredak. Sveprisutni razvoj i uporaba informatičkih tehnologija stvorila je okvir za unaprjeđenje postojećih procesa i poslova u graditeljstvu. Naime, razvijen je BIM (*eng. Building Information Model/Modeling/Management*) pristup, koji bi u narednim godinama u Republici Hrvatskoj, trebao značajno promijeniti i poboljšati građevinarstvo kao cjelinu.

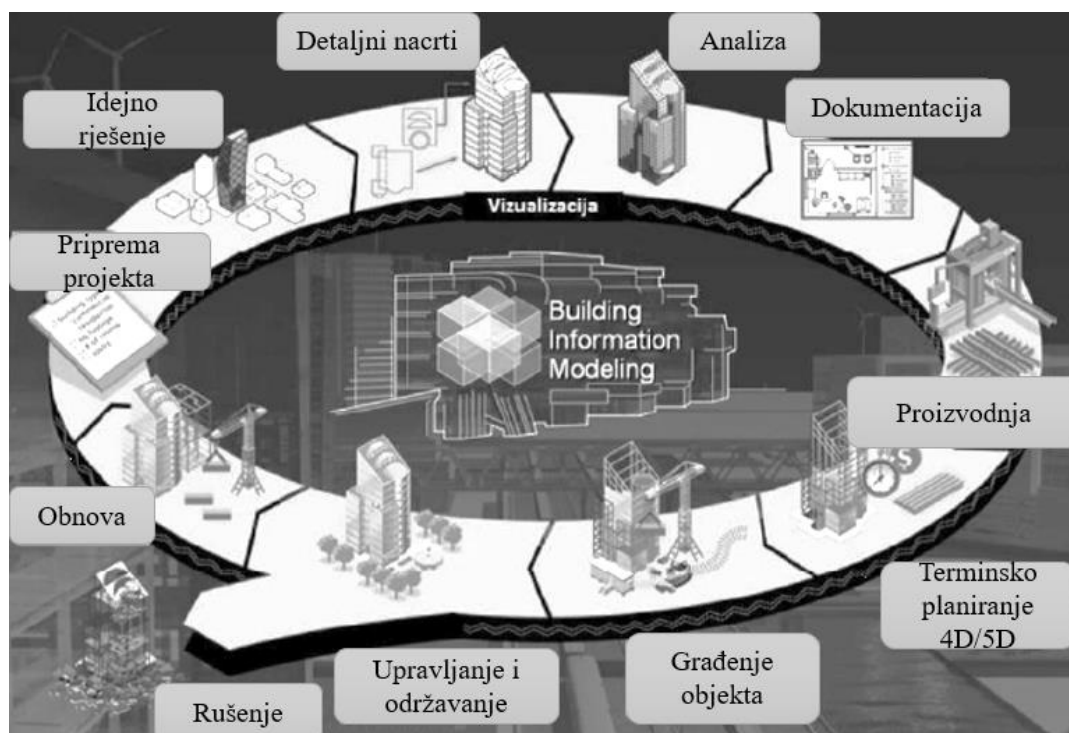
Za početak, postavlja se pitanje što je to BIM? Već iz naslova ovog poglavlja je vidljivo da nije moguće jednoznačno odrediti BIM. Naime, taj akronim ima nekoliko značenja, a to su:

- Building Information Model – odnosi se na informacijski model građevine,
- Building Information Modeling – odnosi se na aktivnosti pri kreiranju tog modela,
- Building Information Management – odnosi se na upravljanje informacijama o građevini i upravljanje graditeljskim procesima.

U literaturi se mogu pronaći razne definicije BIM pristupa, pa će se u nastavku navesti neke od njih. Autor Y. Arayici, definira BIM kao pristup kojem je cilj integracija procesa u graditeljstvu. Pritom se naglasak stavlja na kreiranje i ponovno korištenje digitalnog informacijskog modela od strane svih projektnih sudionika, tokom cjeloživotnog ciklusa građevine. Također, uključuje metodologiju baziranu na suradnji projektnih sudionika, kroz izmjenu bitnih informacija, korištenjem komunikacijskih i informatičkih tehnologija [26]. Američki nacionalni BIM standard (NBIMS-US) u svom izvješću definira BIM kao virtualnu prezentaciju funkcionalnih i fizičkih karakteristika građevine. Tako BIM stvara pouzdanu bazu znanja o projektu, na temelju koje se donose odluke tijekom svih faza životnog ciklusa građevine [27]. Norma PAS 1192-2:2013 definira BIM kao postupak projektiranja, građenja te naposljetku korištenja i održavanja građevine, koji koristi informacije o prethodno izgrađenoj virtualnoj građevini [28]. Nadalje, norma ISO 29481-1:2016 opisuje BIM kao uporabu zajedničkog virtualnog prikaza građevine, u cilju olakšanja procesa projektiranja, izgradnje i rada građevine; te u cilju stvaranja pouzdane baze podataka za donošenje odluka. Osim što označava prikaz građevine, označuje i

prikaz funkcionalnih i fizičkih karakteristika svih građevinskih radova [29]. Naposljetku se može navesti još definicija BIM-a koja se može pronaći u knjizi *Opće smjernice za BIM pristup u graditeljstvu*. Tamo se BIM opisuje kao pojam koji ima dvojako značenje (tehnologija i metodologija). Kao tehnologija, BIM se odnosi na virtualni prikaz funkcijskih i fizičkih značajki građevine. Kao metodologija se odnosi na učinkovitu suradnju i dijeljenje informacija među svim projektnim sudionicima, u svim fazama životnog ciklusa građevine [25].

Iako su sve prethodne definicije različite, svaka od njih koristi neke ključne pojmove, a to su: virtualni model građevine, informacija, suradnja projektnih sudionika, baza znanja o građevini i cjeloživotni ciklus građevine. BIM pristup se temelji na izgradnji multidisciplinarnog, virtualnog, 3D informacijskog modela građevine, koja se tek treba izgraditi ili je već izgrađena. Opisani modeli se sastoje od parametarski definiranih objekata. To znači da su objekti definirani prema određenim pravilima i algoritmima, te da se mogu automatski ažurirati. Modeli osim što predstavljaju vizualni prikaz građevine, sadrže i sve bitne projektne informacije, te tako predstavljaju sveobuhvatnu bazu podataka o tom projektu. Takav BIM model može biti osnova za donošenje odluka svim projektnim sudionicima, tijekom cijelog životnog ciklusa građevine (planiranje, projektiranje, građenje, upravljanje i održavanje). Također, takvim BIM modelom se olakšava i potiče komunikacija i dijeljenje bitnih informacija među svim projektnim sudionicima. Uporabu BIM pristupa u cjeloživotnom ciklusu građevine prikazuje Slika 3.2.



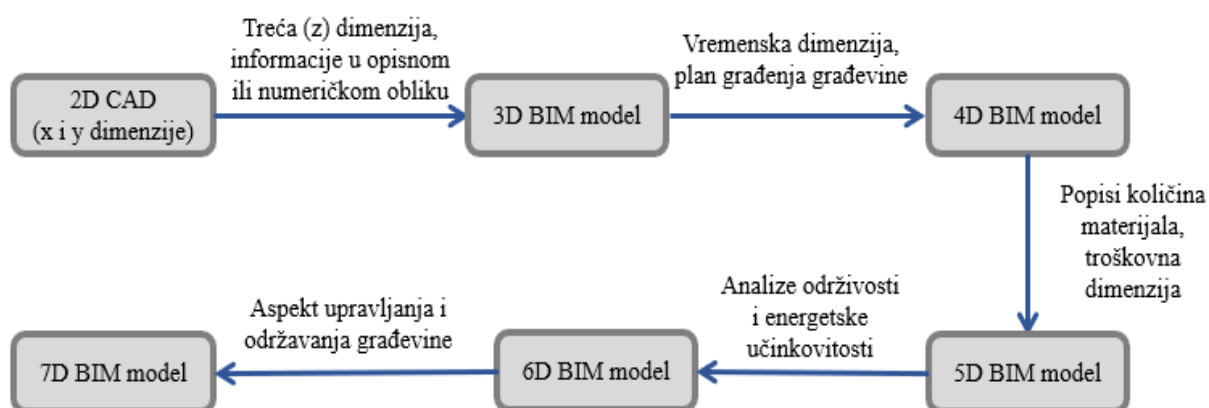
Slika 3.2 Uporaba BIM pristupa u cjeloživotnom ciklusu građevine [30]

Da bi se u potpunosti iskoristile sve prednosti BIM pristupa, nužno ga je koristiti kako prikazuje Slika 3.2, odnosno u svim fazama životnog ciklusa građevine. Takva primjena BIM pristupa omogućuje [25], [27], [42]:

- pomoć pri donošenju bitnih odluka o projektu,
- rano uočavanje pogrešaka na projektu,
- detaljne analize (npr. analiza troškova koje generira projekt),
- jednostavnije upravljanje i brže provođenje promjena,
- jasnije shvaćanje ciljeva projekta i odnosa (komunikacije) sa projektnim sudionicima,
- vizualizaciju projektnih rješenja,
- unaprjeđenje projektiranja i koordinacije projekta,
- osiguravanje veće kvalitete građevine i svih građevinskih procesa,
- učinkovitost procesa u fazi građenja, povećanje produktivnosti i transparentnosti,
- povećanje sigurnosti u svim fazama životnog ciklusa građevine,
- bržu isporuku projekta uz manji utrošak energije i smanjenje otpada.

Kako je u prethodnom poglavlju detaljnije opisan pojam projektnog menadžmenta, postavlja se pitanje povezanosti BIM pristupa i projektnog menadžmenta. Ta povezanost se najbolje očituje kroz sličnost devet područja znanja projektnog menadžmenta sa mogućnostima cjelovitog BIM pristupa. Naime, BIM pristupom se integriraju modeli i informacije različitih struka (arhitektura, građevinarstvo, strojarstvo, elektrotehnika, itd.) u jedan model, što odgovara području upravljanja integracijom. Unutar BIM modela moguće je kategorizirati i grupirati različite elemente građevine, što može biti pomoć pri upravljanju opsegom projekta. Upravljanje vremenom i troškovima se može ostvariti pomoću 4D i 5D BIM modela i njima pripadajućih simulacija (o čemu će se više reći u nastavku). Rano uočavanje pogrešaka na projektu (npr. kolizije) će povećati kvalitetu projekta, što se odnosi na područje upravljanja kvalitetom. Suradnja je jedan od ključnih pojmova BIM pristupa, a to se može poistovjetiti sa područjem upravljanja ljudskim resursima. Jedan od temeljnih ciljeva BIM pristupa je također olakšanje i poboljšanje komunikacije među projektnim sudionicima, a to odgovara području upravljanja komunikacijom. Također, pomoću 4D i 5D simulacija, moguće je vizualizirati potencijalne probleme prilikom građenja građevine, što je sigurno pomoć pri upravljanju projektnim rizicima. Naposljetku, prilikom upravljanja nabavom, pomoć mogu pružiti iskazi količina koje je moguće automatski generirati iz prikladnih BIM modela [27].

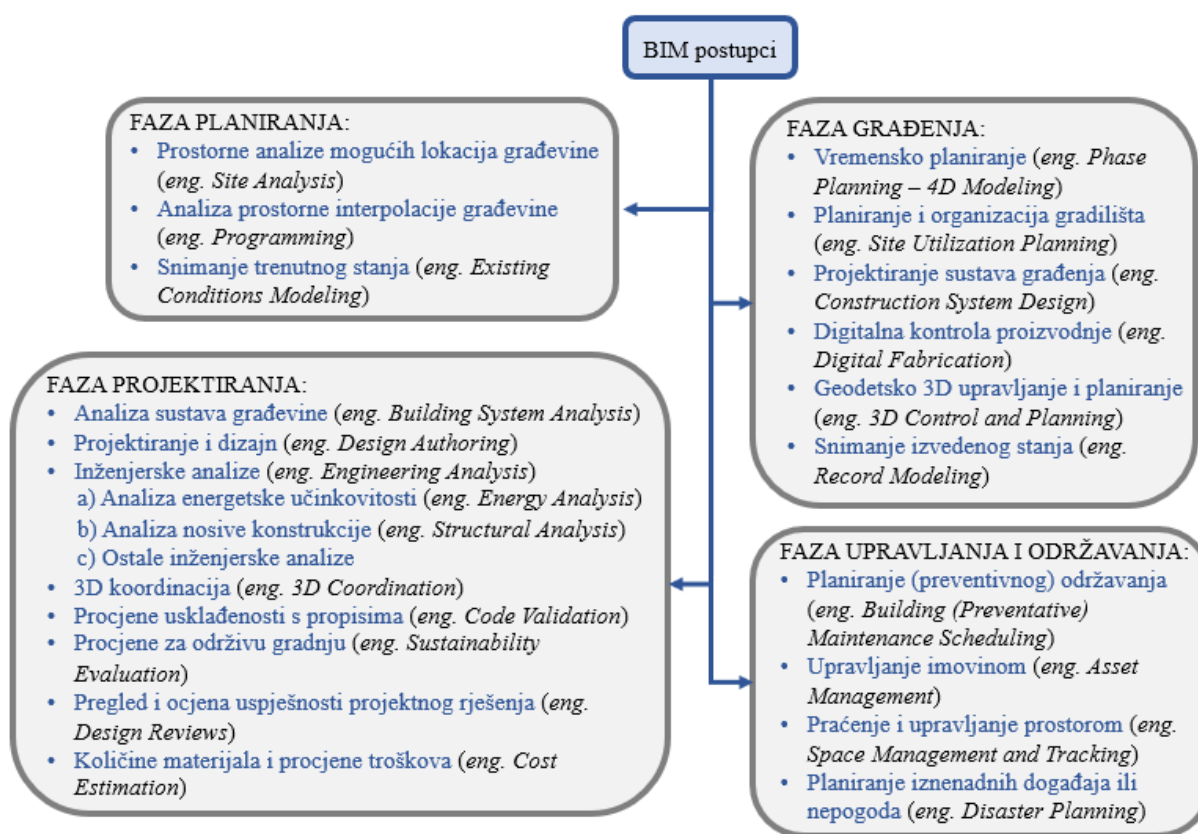
Već je rečeno da je BIM pristup namijenjen uporabi u svim fazama životnog ciklusa građevine (Slika 3.2). Pritom, ako se BIM pristup koristi kako treba, BIM model se razvija i u svakoj od tih faza se u model ugrađuju informacije koje su tada bitne ili će biti bitne u idućoj fazi. Tako su nastali BIM modeli različitih dimenzija (Slika 3.3). Osnova za razvoj BIM modela, bili su 2D CAD (*eng. Computer-aided design*) modeli. Dodavanjem treće dimenzije (x, y i z) 2D CAD prelazi u 3D CAD, a napretkom tehnologije se CAD zamjenjuje sa BIM-om. 3D BIM modeli su omogućili ranu detekciju grešaka i nepravilnosti (npr. kolizije), bolju suradnju projektnim sudionicima, smanjili potrebu za promjenama u fazama nakon projektiranja, olakšali i ubrzali izradu projektne dokumentacije, smanjili potrebu za izvještajima zbog mogućnosti vizualizacije projektnih rješenja, itd. Dodavanjem vremenske komponente 3D BIM modelima, nastali su 4D BIM modeli. Ovi modeli omogućili su vizualizaciju i vremensku simulaciju faze građenja, te lakšu i pouzdaniju izradu i kontrolu vremenskih rasporeda. Također, vizualizacijom graditeljskih radova, omogućili su bolju suradnju i komunikaciju među projektnim sudionicima. Nova dimenzija, odnosno 5D BIM modeli, nastali su dodavanjem količine materijala i komponente troška na 4D BIM modele. To je omogućilo brže i jednostavnije popisivanje količina materijala i procjenu troškova, te kreiranje pouzdanih troškovnika u svim fazama životnog ciklusa građevine. U cilju povećanja održivosti građevine i smanjenja potrošnje energije, na 5D BIM modele su dodane razne analize za procjenu održivosti, energetske učinkovitosti i analize za procjenu utjecaja na okoliš. Tako su nastali 6D BIM modeli. Naposljetku, 7D BIM modeli su nastali za potrebe upravljanja građevinom i održavanja građevine. Oni su omogućili jednostavniju izradu plana održavanja, te služe kao osnova za bilo kakve buduće radove na građevini [25].



Slika 3.3 Razvoj BIM modela

3.2. Praktična primjena BIM pristupa

Mogućnosti praktične primjene BIM pristupa odnose se na sve faze životnog ciklusa građevine. Svaka od tih primjena predstavlja jedinstveni zadatak, proceduru ili radnju koja donosi neku konkretnu korist, te se nazivaju još BIM postupci. Podjela ovih postupaka vrši se prema fazama životnog ciklusa građevine. Međutim, ovdje je važno napomenuti da se jedan postupak može provoditi i u više od jedne faze [25], [32]. Slika 3.4 prikazuje podjelu i vrste BIM postupaka. Obzirom da će se u eksperimentalnom dijelu rada detaljnije opisati implementacija BIM pristupa u fazi projektiranja, u nastavku će se detaljnije opisati samo BIM postupci koji se odnose na fazu projektiranja.



Slika 3.4 Praktična primjena BIM pristupa (BIM postupci) [25]

3.2.1. Analiza sustava građevine (eng. *Building System Analysis*)

Radi se o BIM postupku koji analizira i ocjenjuje ponašanje građevine ovisno o njezinom dizajnu. Ovdje se mogu analizirati obilježja strojarских instalacija, količina utrošene energije, unutarnje i vanjsko protjecanje zraka, prirodno i umjetno osvjetljenje, ali i razne druge komponente građevine [25], [32].

Ovim postupcima se može osigurati da građevina zadovoljava zahtjeve održivosti i sve ostale projektne zahtjeve, te se mogu identificirati potrebne promjene u cilju postizanja bolje efikasnosti. Za provedbu ovakvih analiza potreban je prikladan softverski alat. Također, osobe koje provode ovakve analize moraju razumjeti inženjersku praksu i zakonsku regulativu vezanu za određenu analizu; moraju znati vješto koristiti, upravljati i uređivati BIM model; te moraju poznavati primjenu različitih građevnih sustava [25].

3.2.2. Projektiranje i dizajn (eng. Design Authoring)

Radi se o BIM postupku tokom kojega se koristi BIM softver za razvijanje BIM modela, na temelju kriterija koji su bitni za dizajn građevine. Pritom se korišteni BIM softveri za projektiranje dijele u dvije grupe, a to su: softveri za projektiranje, te softveri za analizu i kontrolu. Softverima za projektiranje se stvaraju BIM modeli, dok druga grupa softvera služi za proučavanje tog istog modela i eventualno njegovo obogaćivanje dodatnim informacijama. Ipak, softveri za projektiranje predstavljaju osnovu za izradu kvalitetnog BIM modela jer se njima 3D model građevine povezuje sa bazom podataka o projektu (svojstva, količina materijala, troškovi, itd.) [25].

Ovim postupkom se mogu dobiti detaljne vizualizacije dizajna, koje omogućavaju jasniju prezentaciju projektnih rješenja svim sudionicima. Također, stječe se bolja kontrola nad kvalitetom projekta, te vremenskim i troškovnim ograničenjima. Pritom je potreban prikladan softverski alat za BIM projektiranje. Nadalje, projektanti bi se trebali moći vješto služiti BIM modelom, trebali bi poznavati građevinska sredstva i metode rada, te je poželjno da imaju određeno iskustvo u građenju i projektiranju [25], [32].

3.2.3. Inženjerske analize (eng. Engineering Analysis)

U ovom BIM postupku prikladni softverski alat za inženjerske analize koristi BIM model za određivanje najučinkovitije inženjerske metode koja je usklađena sa projektnim zahtjevima. Rezultati ovih analiza temelj su za daljnji razvoj pojedinih sustava građevine, pa tako i građevine u cijelosti. Tako se tokom projektiranja (a i drugih faza) mogu donositi kvalitetnije odluke, što će rezultirati većom kvalitetom građevine [25], [32].

Prednosti koje je moguće ostvariti ovim BIM postupkom su sljedeće: povećanje kvalitete građevine, manje ponavljajućeg rada, odabir optimalnog projektnog rješenja na temelju strogih analiza, uštede na vremenu i troškovima, itd. Pritom je potreban softverski alata za BIM projektiranje i softverski alat za određenu inženjersku analizu. Što se tiče osoblja, uz sve navedene karakteristike iz prethodnog BIM postupka, poželjno je da ima određenu vještinu i iskustvo u ocjeni modela pomoću alata za inženjerske analize [25].

3.2.4. 3D koordinacija (eng. 3D Coordination)

U ovom BIM postupku se korištenjem prikladnog softverskog alata spajaju BIM modeli pojedinih struka u jedan agregatni model. Analiziraju se moguće kolizije i nepravilnosti među modelima pojedinih struka, a na temelju rezultata se dalje koordinira rad struka [25], [32].

Na taj način se smanjuje broj mogućih kolizija na gradilištu, a samim time i broj naknadnih promjena. Skraćuje se vrijeme potrebno za fazu građenja, smanjuju se troškovi, povećava se produktivnost, a projektna dokumentacija postaje točnija [32]. Uz softverski alat za BIM projektiranje, potreban je i softverski alat za analizu kolizija. Pritom se od projektnog tima traži poznavanje građevinskih sustava i postupaka osvježavanja BIM modela građevine. Također, traži se da vješto koriste BIM modele, da imaju dobre socijalne vještine i da mogu upravljati projektnim rizicima [25].

3.2.5. Procjene usklađenosti s propisima (eng. Code Validation)

U ovom BIM postupku se, korištenjem prikladnog softverskog alata, provjerava usklađenost parametara BIM modela sa relevantnim propisima, pravilnicima, standardima i ostalom zakonskom regulativom. Ovaj BIM postupak je još u ranoj fazi razvoja, pa nije široko primijenjen u svijetu, a pogotovo na manjim tržištima kao što je Republika Hrvatska [25], [32]. Korištenjem ovog BIM postupka u ranoj fazi projektiranja smanjuje se broj pogrešaka i propusta na projektu. Tako se mogu izbjeći skupe izmjene u kasnijim fazama, a sama faza projektiranja postaje efikasnija. Također, skraćuje se vrijeme potrebno za pregled i potvrđivanje projektne dokumentacije. Za ovaj postupak je potreban softverski alat koji može izvršiti procjenu usklađenosti s propisima, a od osoblja se traži da znaju koristiti taj alat i da su upoznati sa relevantnim normama, propisima, pravilnicima i ostalom zakonskom regulativom [25].

3.2.6. Procjene za održivu gradnju (eng. Sustainability Evaluation)

U ovom BIM postupku se projekt ocjenjuje pomoću certifikacijskih programa za održivu gradnju. Preporuka je da se ovaj postupak koristi u svim fazama životnog ciklusa građevine, a pogotovo u fazi planiranja i projektiranja jer se tako izbjegavaju potencijalno skupe promjene, uz postizanje karakteristika održive gradnje. Postupak uključuje provedbu raznih proračuna, provjera i energetske simulacije, kojima (ukoliko daju pozitivne rezultate) se onda stječu certifikati održive gradnje [25].

Tako se skraćuje faza projektiranja, podiže se kvaliteta građevine i smanjuju se troškovi u fazi upravljanja građevinom. Također, vrlo rano se mogu ponuditi alternativna projektna rješenja, poboljšava se suradnja i koordinacija članova projektnog tima, smanjuje se opseg potrebne

projektne dokumentacije, itd. Za provedbu ovog postupka potreban je prikladan softverski alat za BIM projektiranje. Pritom se od osoblja koje provodi ovaj postupak traži da znaju izrađivati i pregledavati BIM model, da su upoznati sa certifikacijskim programima održive gradnje, da imaju dobre organizacijske vještine i da su sposobni upravljati bazama podataka [25].

3.2.7. Pregled i ocjena uspješnosti projektnog rješenja (eng. Design Reviews)

Tokom ovog BIM postupka, interesno-utjecajni sudionici pregledavaju BIM model i daju povratne informacije u vidu mogućih poboljšanja. Poboljšanja se mogu odnositi na rješenja projektnih zadataka, estetiku prostora, raspored, ergonomiju, sigurnost, akustiku, osvjetljenje, itd. Ovaj BIM postupak se može provoditi pomoću nekog softverskog alata, primjenom virtualne stvarnosti (eng. *Virtual Reality – VR*) ili primjenom dopunjene stvarnosti (eng. *Augmented Reality – AR*) [25].

Na taj način moguće je izbjeći izradu maketa građevine, a pregled i ocjenjivanje projektnog rješenja je brže i efikasnije. Moguće je relativno brzo i jednostavno izraditi nekoliko alternativnih projektnih rješenja, a komunikacija tih rješenja prema drugim sudionicima i njihova prezentacija je znatno olakšana. Za provedbu ovog postupka potreban je prikladan softverski alat i njemu odgovarajući hardver. Pritom se od projektnog tima traži vješto korištenje BIM modela, vještina izrade vizualizacija, razumijevanje odgovornosti i dužnosti članova projektnog tima, sposobnost koordinacije, itd. [25], [32].

3.2.8. Količine materijala i procjene troškova (eng. Cost Estimation)

U ovom BIM postupku se korištenjem BIM modela dobivaju egzaktno količine svih elemenata koji će biti ugrađeni u građevinu, a samim time i svih potrebnih materijala za njihovu izradu. Na temelju tih količina može se dati precizna procjena troškova. Na troškove se najviše može utjecati u ranijim fazama projekta pa je preporuka da se procjene troškova rade u svim fazama projekta [25], [32].

Osim što ovaj postupak omogućuje brzo i precizno određivanje količina materijala i troškova, služi kao pomoć pri donošenju odluka, pokazuje utjecaj različitih projektnih rješenja na troškove, te poboljšava vizualnu prezentaciju projekta. Da bi se proveo ovaj postupak potreban je softverski alat za BIM projektiranje i procjenu količina, BIM model mora biti precizan i ispravno modeliran, te su potrebni podaci o cijenama i planiranom radu [25].

3.3. Povijesni razvoj i primjena BIM pristupa u praksi

Razvoj BIM pristupa nalazi svoje korijene u razvoju i primjeni CAD tehnologije. Prva znanstvena istraživanja na temu primjene CAD-a u građevinarstvu, a potom i prvi CAD alati, nastali su u drugoj polovici 20. stoljeća. 80-ih i 90-ih godina prošlog stoljeća se CAD tehnologija počela uvoditi u praksu, a u tim godinama se paralelno počeo razvijati BIM pristup kroz istraživačke i znanstvene radove [33].

Naime, C. Eastman, profesor na *Georgia Tech School of Architecture*, zaključio je da su 2D crteži nedovoljni za kvalitetan prikaz i razumijevanje infrastrukturnih projekata. Zato je 1975. godine predstavio tzv. *Sustavi opisa zgrade* (eng. *Building Description Systems – BDS*). BDS se može opisati kao baza podataka koja može pružiti pomoć pri opisivanju građevina u fazi projektiranja. Zbog ograničenja tadašnje tehnologije, BDS baza podataka nije našla široku primjenu. Međutim, isti autor je nastavio razvijati BIM pristup, pa je tako 1977. godine predstavio tzv. *Grafički jezik za interaktivni dizajn* (eng. *Graphical Language for Interactive Design – GLIDE*). GLIDE je omogućio opis nekih dijelova građevine koji se nisu mogli opisati BDS bazom podataka. Također, GLIDE je postao pomoćni alat pri procjeni troškova i evaluaciji dizajna građevine, a i uzrokovao je stvaranje dosljednije i točnije 2D dokumentacije. Međutim, GLIDE i BDS su u primjeni većinom bili ograničeni na fazu projektiranja. Kako bi se poboljšala faza građenja, 1989. godine je predstavljen novi program pod nazivom *Model građevinskog proizvoda* (eng. *Building Product Model – BPM*). BPM je predstavljao bazu podataka o projektu, od najranijih faza planiranja i projektiranja, pa sve do završetka faze građenja. Tim programom je poboljšana suradnja projektnih sudionika, poboljšana je faza građenja, te razne procjene i ocjene dizajna građevine. Međutim, svi navedeni koncepti nisu uzimali u obzir i fazu održavanja i upravljanja građevinom. Zbog toga je 1995. godine, na temeljima BDS-a, nastao tzv. *Generički model gradnje* (eng. *Generic Building Model – GBM*). GBM je integrirao informacije koje su bile bitne u fazi upravljanja i održavanja građevine, što je posljedično poboljšalo kolaboraciju na projektu. Vremenom je građevinska industrija postala još kompleksnija, pa je i GBM standard postao neučinkovit. Početkom 21. stoljeća pojavilo se *Modeliranje informacija o građevinama* (eng. *Building Information Modeling – BIM*). Naime, prethodno navedeni pojam je prvi puta korišten 2002. godine, od strane autora F.P. Tolman i G.A. van Nederveen, te se odnosio na proces digitalnog projektiranja, izvođenja i upravljanja građevinom [27], [34].

Vremenom je evolvirala prvotna ideja o BIM-u, pa su se razvile nove mogućnosti/primjene BIM-a. Tokom idućih godina, BIM je prihvaćen kao nova metodologija koja olakšava

upravljanje i podiže kvalitetu projekta, kroz efikasniju komunikaciju i timski rad. Osim toga, sastoji se od 3D informacijskog modela i koristi se u svim fazama životnog ciklusa građevine. Također, početkom 21. stoljeća, počela je primjena BIM pristupa u praksi. Neki projekti iz tog razdoblja na kojima je usvojen BIM pristup su: *Sutter Medical Centre* (Kalifornija, SAD), *Crussel Bridge* (Helsinki, Finska), *National Cancer Institute* (Putrajaya, Malezija), itd. [34].

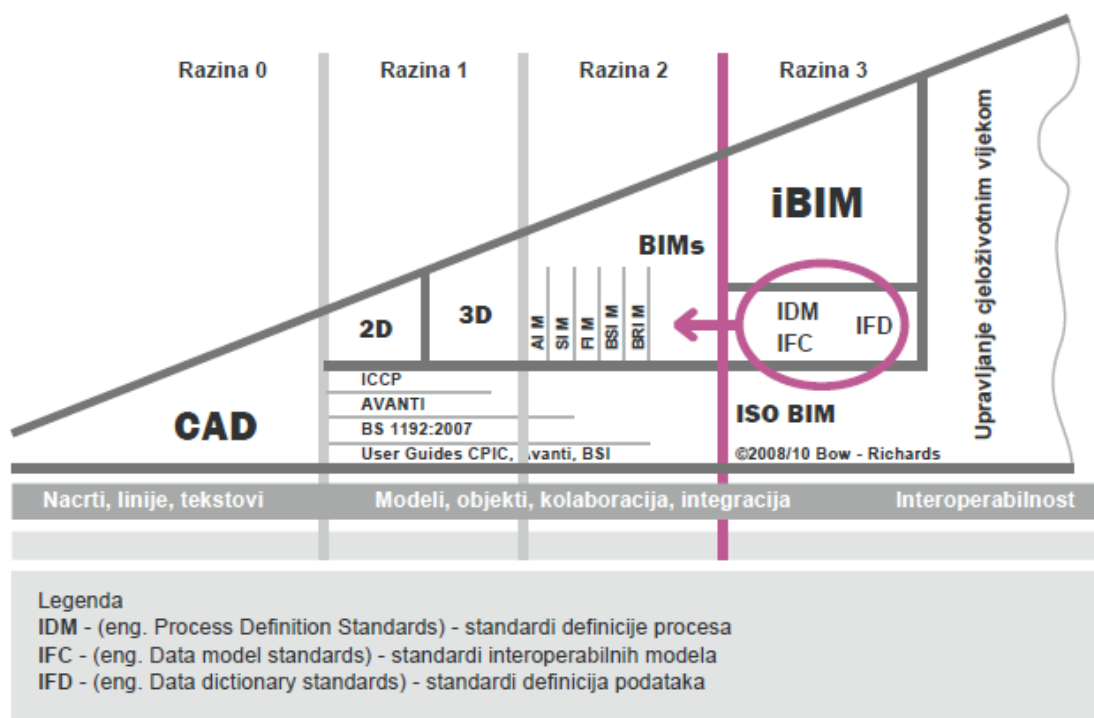
Velik doprinos razvoju i popularizaciji BIM pristupa, dala je vlada Velike Britanije. Naime, 2011. godine je vlada VB izdala *Državna strategija izgradnje* (eng. *Government Construction Strategy – GCS*). U njoj je prihvaćen model o BIM razinama zrelosti (razine 0-3) kojeg su razvili M. Richards i M. Bew [35]. Također, ovom strategijom je propisano da se svi projekti na području VB, koji su financirani javnim novcem, moraju provoditi pomoću BIM 2 razine zrelosti, najkasnije do 2016. godine. BIM razine zrelosti (Slika 3.5) definiraju potrebne standarde, alate i razinu razmjene informacija među projektnim sudionicima. Tako se organizacije mogu lako pozicionirati na određenoj razini, a također su im prezentirani zahtjevi da bi ostvarili iduću razinu. Opis svake BIM razine zrelosti dan je u nastavku [25].

BIM 0 razina zrelosti se odnosi na tradicionalni način rada. Ovdje se projektna dokumentacija izrađuje pomoću 2D CAD alata. Razina suradnje je niska, a sama komunikacija se ostvaruje putem elektroničke pošte ili papirnatih dokumenata.

BIM 1 razina zrelosti koristi 3D CAD alate za vizualizaciju projekta (građevine) i 2D CAD alate za izradu projektne dokumentacije. Pritom svaka struka generira svoj vlastiti model, ali ne postoji prava suradnja, odnosno svaka struka zadržava informacije za sebe. Na temelju generirane dokumentacije se dobivaju potrebne dozvole za građevinu. Komunikacija se provodi elektroničkim putem, korištenjem tzv. *Okoline za razmjenu podataka* (eng. *Common Data Environment – CDE*).

BIM 2 razina zrelosti označava potpunu BIM suradnju. Ovdje svaka struka koristi prikladni računalni program (softver) i pritom stvara vlastite 3D BIM modele. Svaki od tih softvera mora imati mogućnost izvoza podataka u nekom formatu (IFC, COBie, itd.), što omogućava prijenos podataka i spajanje modela različitih struka, te stvaranje zajedničkog, agregatnog modela. Također, organizacijama je omogućeno da izmjenjuju modele sa drugim projektnim sudionicima (organizacijama) i tako koriste suradničke podatke za obavljanje svog dijela posla. Ovakav oblik suradnje rezultira boljim upravljanjem i održavanjem građevine. Na ovoj razini je najveći naglasak na formatu za razmjenu podataka, pa se mora osigurati da svi projektni sudionici koriste prikladne formate. Većina organizacija ili koristi ovu BIM razinu zrelosti ili stremlje ka tome da pređe sa BIM 1 razine zrelosti na BIM 2 razinu zrelosti.

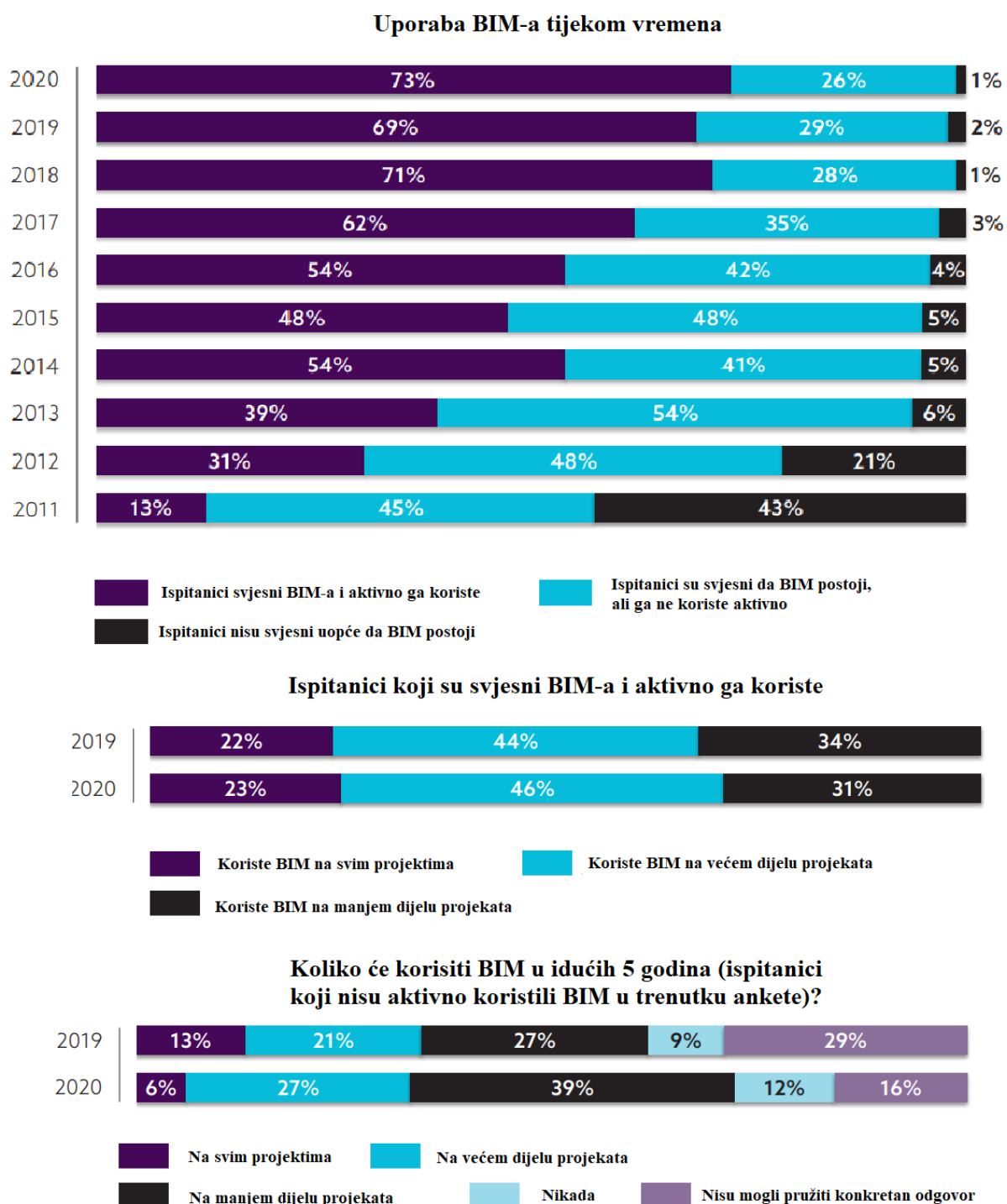
BIM 3 razina zrelosti trenutno se smatra vizionarskom, iako su neke države (Velika Britanija i SAD) donijele strategije za njezinu implementaciju. Glavna ideja ove razine jest da se ne stvaraju zasebni modeli pojedinih struka, već da postoji jedan zajednički model na centralnom repozitoriju. Na taj način svi projektni sudionici, u bilo kojem trenutku mogu pristupiti tom modelu i uređivati ga, pa se stoga ova razina naziva i *Open BIM*. Kao glavna prednost ove razine ističe se uklanjanje konflikata među informacijama. Trenutno su prisutna dva glavna problema koja sprječavaju implementaciju ove razine. Prvi razlog je prihvaćanje ovakvog, integralnog pristupa projektiranju. Drugi se odnosi na standardizaciju formata za razmjenu podataka i interoperabilnost BIM softvera.



Slika 3.5 BIM razine zrelosti [25]

Od 2010. godine pa nadalje, organizacija *Nationwide Building Society – NBS*, provodi ankete na temu BIM-a. Iako se radi o britanskoj organizaciji, anketom se ispituju članovi građevinske zajednice iz cijelog svijeta. Za 2020. godinu, u anketi je sudjelovalo preko tisuću ispitanika, a rezultati su pokazali sljedeće. Tada je 73% ispitanika čulo za BIM i aktivno su ga koristili, 26% ispitanika je čulo za BIM ali ga nisu aktivno koristili, a samo 1% ispitanika nije niti čulo za BIM. Također, od 73% ispitanika koji aktivno koriste BIM, njih 23% ga koriste na svim projektima, 46% ispitanika koristi BIM na većini projekata, a 31% ispitanika koristi BIM na manjem dijelu projekata. Od preostalih 27% ispitanika koji nisu koristili BIM u trenutku ankete,

njih 6% je reklo da će u idućih 5 godina krenuti koristiti BIM na svim projektima, 27% je reklo da će krenuti koristiti BIM na većem dijelu projekata, 39% je reklo da će koristiti BIM na manjem dijelu projekata, 12% je reklo da nikada neće koristiti BIM, a 16% nije moglo pružiti konkretan odgovor. Rezultati navedene ankete, i njihova usporedba sa prijašnjim godinama, su prikazani na Slika 3.6 [36].



Slika 3.6 Rezultati NBS-ove ankete za 2020. i neke ranije godine [36]

Što se tiče Republike Hrvatske, posljednja istraživanja na temu primjene BIM-a, provedena su 2016. i 2017. godine. U anketi iz 2016. godine, sudjelovalo je 96 ispitanika, a u anketi provedenoj 2017. godine, sudjelovalo je 493 ispitanika. Među ispitanicima su bili pripadnici raznih struka koje sudjeluju u infrastrukturnim projektima. Također, različita poduzeća (prema veličini i prihodu) su bila uključena u anketu, različite razine menadžmenta i različiti sudionici u gradnji. Rezultati za 2016. godinu su pokazali sljedeće: 39% ispitanika nije koristilo BIM u posljednjih godinu dana, 38% ispitanika je povremeno koristilo BIM unutar posljednjih godinu dana, 13% ispitanika je uglavnom koristilo BIM u zadnjih godinu dana, a 10% ispitanika je koristilo BIM većinu vremena u zadnjih godinu dana. Za 2017. godinu, rezultati ankete pokazuju sljedeće: 21% ispitanika primjenjuje BIM u poduzeću, 24% ispitanika uopće ne planira koristiti BIM, 31% ispitanika planira početi koristiti BIM u iduće dvije godine, 17% ispitanika planira početi koristiti BIM u idućih pet godina, 5% planira početi koristiti BIM u idućih deset godina, a samo 2% ispitanika planira početi koristiti BIM u idućih petnaest godina. Opisane rezultate prikazuje Slika 3.7 [37].

Rezultati ankete iz 2016. godine



Rezultati ankete iz 2017. godine



Slika 3.7 Primjena BIM pristupa na području Republike Hrvatske [37]

3.4. BIM projekt i njegovi sudionici

BIM projekt se može definirati kao svaki konvencionalni graditeljski projekt unutar kojeg je implementiran BIM pristup. Već je rečeno da se projektni sudionici mogu podijeliti na primarne i sekundarne. Međutim, kako bi se uspješno implementirao, a potom i koristio, BIM pristup zahtijeva uvođenje nekih novih uloga i njima pripadajućih odgovornosti u projektu. Nove uloge koje uključuje BIM projekt su: BIM menadžer, BIM koordinator, BIM inženjer, BIM tehničar i BIM konzultant. Njihov kratki opis dan je u nastavku, a na Slika 3.8 prikazana je usporedba uloga na BIM projektu i uloga na tradicionalnom graditeljskom projektu [25].

BIM menadžer se određuje na početku projekta i on definira ciljeve projekta, zahtjeve na projekt i pravila koja se moraju poštovati. Također, on prikuplja i upravlja projektnim informacijama, te osigurava da su informacije u skladu sa ugovorenim pravilima u kontekstu sadržaja, oblika, vremena, vlasništva, privatnosti i sigurnosnih pitanja. Ova uloga se može usporediti sa ulogom glavnog projektanta ili voditelja projekta. Njegove uloge su brojne, a da bi ih mogao izvršavati, poželjno je da ima određeno iskustvo u upravljanju BIM projektima.

BIM koordinator se hijerarhijski nalazi odmah ispod BIM menadžera. On je vezan za pojedinu struku, odnosno za neki tehnički i/ili funkcionalni dio (sklop) građevine. BIM koordinator mora biti stručnjak za modeliranje u specifičnim softverima koje koristi njegova struka. Također, mora znati upravljati informacijama, odnosno znati koje informacije, u kojem obliku i u kojem trenutku treba zaprimiti od ostalih sudionika kako bi njegova struka obavila posao.

BIM inženjer je također vezan za određenu struku, odnosno za neki tehnički i/ili funkcionalni dio građevine. On mora znati koristiti BIM softvere koji su specifični za njegovu struku, kako bi razvijao BIM model i projektnu dokumentaciju. Također, mora pokazati znanje na području građevinske industrije, sudjeluje u određivanju zadataka zajedno s projektnim timom, mora biti sposoban za suradnju s različitim sudionicima i sudjelovati u stvaranju čvrste veze među njima.

BIM tehničar je hijerarhijski ispod BIM inženjera. On mora razumjeti projektne zahtjeve vezane za njegovu struku i mora imati razvijenu vještinu modeliranja u specifičnim softverima koje zahtijeva njegova struka. Također, mora surađivati sa ostalim strukama prilikom provođenja promjena, mora sudjelovati u kontroli projekta zajedno sa ostalim sudionicima, mora poštivati dogovore vezane za format kojim se razmjenjuju informacije, itd.

BIM konzultant je uloga koja može, ali i ne mora postojati na nekom BIM projektu. On je potreban kada tvrtka želi implementirati BIM pristup na projektu, ali postojeći kadrovi u tvrtki nemaju potrebna znanja i vještine za to. Postoje tri tipa BIM konzultanta, a to su: strateški, funkcijski i operativni konzultant.

3.5. BIM elementi

Već je rečeno na početku ovog poglavlja da se BIM modeli sastoje od parametarski definiranih objekata, odnosno od parametarskih BIM elemenata. Takav, parametarski pristup definiranju oblika (geometrije) građevine, osnovna je razlika između BIM modela i tradicionalnih 3D CAD modela. Naime, to znači da su dijelovi građevine (BIM elementi) definirani pomoću hijerarhijski složenih parametara i njima pripadajućih podataka, pravila i geometrijskih definicija. Na taj način se geometrija i svojstva BIM elemenata mijenjaju automatski kako se prilagođavaju parametri. Također, parametarska pravila definiraju i odnose BIM elemenata prema drugim elementima u 3D modelu, npr. paralelnost [38].

BIM elementi se mogu definirati kao 2D i 3D geometrijski prikazi stvarnih, fizičkih, komponenti građevine, koja se tek treba izgraditi ili je već izgrađena. Osim što su virtualni prikazi 2D i 3D geometrije, BIM elementi sadrže informacije poput informacija o proizvodu (cijena, proizvođač, itd.), zahtjeva za izvođenje i održavanje, tehničkih zahtjeva, vizualnih karakteristika (podrška pri renderiranju 3D modela, izradi vizualizacija i animacija) i razne druge informacije. Karakteristično za njih je da se razvijaju (postaju detaljniji i sadrže više informacija) kako se razvija i sam projekt. U današnje vrijeme proizvođači određenih dijelova građevine (stvarnih elemenata koji u ovom kontekstu postaju BIM elementi), sve češće sastavljaju digitalne kataloge proizvoda. Projektanti te proizvode mogu preuzeti sa njihovih web stranica i ugraditi ih u BIM model. Zbog toga, serija normi ISO 16757 predlaže minimalnu strukturu podataka za izradu BIM elemenata. Ta struktura se sastoji od: 3D geometrije, 2D detalja, zahtjeva za manipulativni prostor, materijala, logičkih spojeva BIM elementa i ostalih parametara. Također, pomoć pri izradi digitalnih kataloga proizvoda, može pružiti britanski nacionalni standard BIM elemenata (*eng. NBS BIM Object Standard*). U njemu je prema grupama zahtjeva (opći, informacijski, geometrijski, funkcionalni i zahtjevi metapodataka) prikazano što sve kvalitetan BIM element mora ispuniti [25].

BIM elementi se razvijaju kako graditeljski projekt napreduje kroz, zakonskim regulativama određene, razine razrade i namjene projekta (idejni projekt, glavni projekt, izvedbeni projekt). Međutim, problem može nastati kada se BIM elementi razvijaju različitom dinamikom. Odnosno kada BIM elementi različitih struka, u nekom trenutku projekta, nemaju ugrađenu jednaku količinu informacija i grafičkih detalja. To može dovesti do pretjeranog, odnosno nedostatnog modeliranja BIM elemenata određene struke. Što uzrokuje gubitak vremena, novca i ljudskih resursa; a u drugom slučaju probleme u daljnjim fazama projektiranja, gradnje, te upravljanja i održavanja građevine. Kako bi svakom projektnom sudioniku u fazi projektiranja

ili građenja bilo jasno koliko informacija i grafičkih detalja treba ugraditi u BIM element tokom razvoja BIM modela, ali i kako bi znali što očekivati od drugih projektnih sudionika, osmišljene su razine razvijenosti elemenata BIM modela (*eng. Level of Development – LOD*). Koncept LOD-a, prvi puta je predložila Američka udruga arhitekata (*eng. The American Institute of Architects – AIA*) 2008. godine. Tim konceptom su definirali sustav klasifikacije količine grafičkih detalja i informacija za razvoj BIM modela. Nadalje, 2011. godine je multidisciplinarni tim stručnjaka razvio detaljno ilustrirani vodič pod nazivom LOD specifikacije (*eng. LOD Specifications*). Naknadno su brojne konzultantske i projektantske tvrtke, te upravitelji/vlasnici građevina napravili svoje LOD specifikacije [25], [31], [32].

Razina razvijenosti elemenata BIM modela (LOD), može se definirati kao mjera koja opisuje pouzdanost informacija ugrađenih u BIM elemente, tokom razvoja BIM modela. LOD definira minimalni opseg grafičkih detalja i kvalitativnih/kvantitativnih informacija koje je potrebno ugraditi u BIM element, kako bi projektni sudionici mogli donositi kvalitetne odluke u svim fazama projekta. Kao koncept, LOD se sastoji od četiri aspekta, a to su: razina detalja (*eng. Level of Detail – LOD*), razina preciznosti (*eng. Level of accuracy – LOa*), razina informacija (*Level of information – LOi*), te razina koordinacije (*eng. Level of coordination – LOc*). Razina detalja definira razinu geometrijske preciznosti BIM elementa u odnosu na stvarni element, odnosno koliko geometrijskih detalja je ugrađeno u BIM element. Razina preciznosti govori koliko trenutno ugrađeni BIM element odgovara konačno odabranom elementu u smislu veličine. Razina informacija određuje količinu i kvalitetu tekstualnih informacija koje je potrebno ugraditi u BIM element, kao npr. cijena, tehničke specifikacije, itd. Razina koordinacije se odnosi na koordinaciju određenog BIM elementa sa drugim elementima modela. Važno je napomenuti da se LOD-ovi odnose isključivo na BIM elemente, nikako ne na cjelovite BIM modele. Također, LOD razine se ne mogu poistovjetiti sa razinom razrade i namjene projekta. Obično se definiraju minimalni LOD-ovi za pojedinu struku, na određenoj razini razrade projekta. Koja LOD razina će biti prikladna za određenu razinu razrade projekta, ovisi o planiranim BIM postupcima za koje će se koristiti BIM model. Trenutno postoji pet općeprihvaćenih razina razvijenosti elemenata BIM modela, a to su: LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 400, LOD 500. Zahtjevi svake razine su kumulativni. Također, ovakva podjela na razine ostavlja dovoljno prostora projektnim sudionicima za stvaranje neke međurazine, kao npr. LOD 350. Pregled temeljnih razina razvijenosti elemenata BIM modela na primjeru armiranobetonske grede daje Tablica 3.1 [25].

Tablica 3.1 Razine razvijenosti elemenata BIM modela na primjeru armiranobetonske grede

	LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
Prikaz armiranobetonske grede	Prikaz pomoću simbola (generički prikaz), a u ovom slučaju ne zna se li greda potrebna.	Za većinu elemenata u idejnim rješenjima i analizama.	Za većinu elemenata glavnog projekta.	Za elemente izvedbenog projekta.	Za elemente projekta izvedenog stanja.
Uobičajena uporaba	Općenito modeliranje masama, određivanje površina, visina, volumena, lokacije i orijentacije. 3D modeliranje ili predstavljeno simbolički ili na neki drugi način.	Elementi modelirani kao generalizirani sustavi, približne količine, veličine, oblici, položaji i orijentacija. Tekstualne informacije mogu biti pridružene elementima.	Elementi modelirani kao specifični sklopovi; precizne količine, veličine, oblici, položaji, orijentacija i odnos sa drugim elementima. Tekstualne informacije mogu biti pridružene.	Elementi modelirani kao specifični sklopovi; precizne količine, veličine, oblici, položaji i orijentacija. Potpuni prikaz za građenje (sklopovi i detalji) sa tekstualnim informacijama.	Elementi modelirani prema snimci izvedenog stanja; precizne količine, veličine, oblici, položaji i orijentacija. Tekstualne informacije mogu biti pridružene.
Zahijevi za sadržaj modela	Nije za građenje.	Nije za građenje.	Prikladan kao podloga za razradu izvedbenog projekta.	Elementi su virtualni prikaz svih potrebnih elemenata za građenje.	Ova razina se koristi tek nakon što je gotova faza građenja.
Građenje	Analize temeljem volumena, površina i orijentacije primjenom općih kriterija uspješnosti dodijeljenih pojedinim elementima modela.	Analize prema uspješnosti odabranog sustava na način da se reprezentativnim elementima pridruže opći kriteriji uspješnosti.	Analize prema uspješnosti odabranog sustava tako da se reprezentativnim elementima pridruže specifični kriteriji uspješnosti.	Moguće analize prema uspješnosti odabranog sustava na razini specifičnih elemenata modela.	Moguće je primjenjivati analize koje se koriste u fazi upravljanja i održavanja građevine.
Procjena troškova	Procjena troškova temeljem trenutnih površina, volumena ili sličnih tehnika inicijalnog određivanja troškova.	Procjena troškova temeljem približnih podataka koristeći se konceptualnim tehnikama procjene troškova.	Procjena troškova temeljem specifičnih podataka koristeći se općim tehnikama procjene troškova.	Procjena troškova temeljem trenutne (stvarne) cijene specifičnih elemenata na tržištu.	Procjena troškova prilikom postupaka održavanja i upravljanja građevinom.
Vremenski planovi	Model se može koristiti za određivanje faza projekta i sveukupno trajanje.	Model se može primijeniti za prikaz vremenskog redoslijeda građenja glavnih elemenata i sustava.	Model se može primijeniti za prikaz vremenskog redoslijeda građenja svih elemenata i sustava.	Model se može primijeniti za prikaz vremenskog redoslijeda građenja svih detaljnih elemenata i sustava, uključujući sredstva i metode građenja.	Model se može koristiti za prikaz vremenskog redoslijeda održavanja građevine.
Ostale dopuštene primjene	Ostale ugovorom dopuštene primjene modela razvijenog do razine 100.	Ostale ugovorom dopuštene primjene modela razvijenog do razine 200.	Ostale ugovorom dopuštene primjene modela razvijenog do razine 300.	Ostale ugovorom dopuštene primjene modela razvijenog do razine 400.	Model se koristi za upravljanje/održavanje i izmjene građevine ili kao ulazni podatak za projekt.

3.6. Okolina za razmjenu podataka (eng. *Common Data Environment - CDE*)

Suradnja projektnih sudionika, odnosno njihova komunikacija, jedan je od temeljnih pojmova kojima se općenito opisuje BIM pristup. Kako bi se osigurala zadovoljavajuća suradnja (u vidu stvaranja, razmjene i izdavanja informacija koje prate isporuku projekta), osmišljen je koncept tzv. *Okoline za razmjenu podataka* (eng. *Common Data Environment - CDE*). Važnost ovog koncepta je prepoznata od strane BIM stručnjaka, pa je CDE danas sastavni dio međunarodnih normi BS 1192, PAS 1192 i ISO 19650. Međutim, postavlja se pitanje što je to CDE?

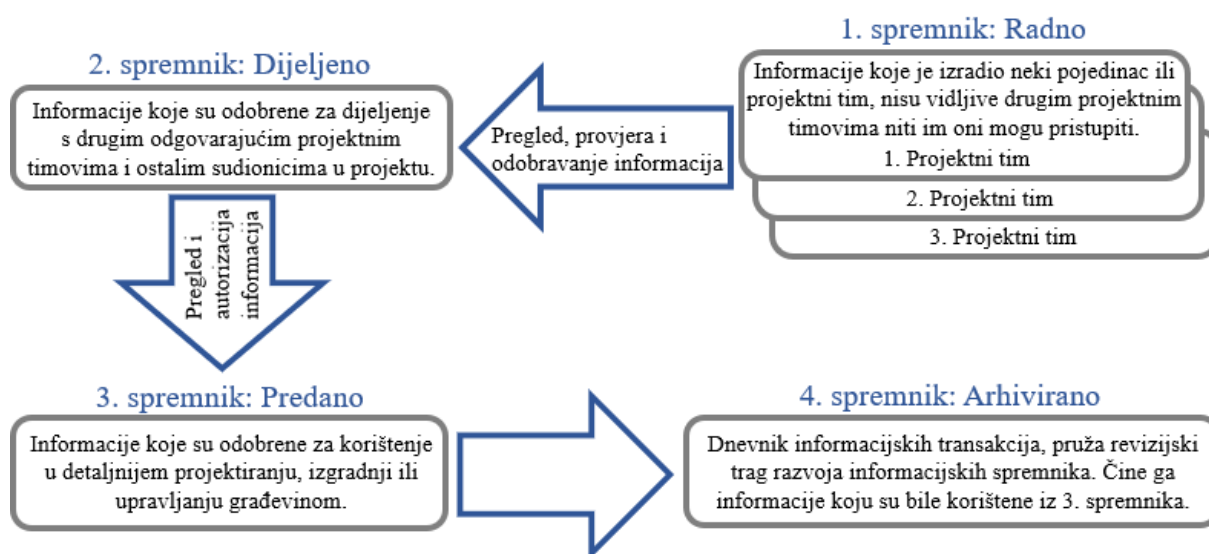
Norma ISO 19650-1:2018 definira CDE kao usuglašen izvor informacija nekog građevinskog projekta, među svim projektnim sudionicima. Služi za sakupljanje, upravljanje i distribuciju svih spremnika informacija kroz postupak upravljanja projektom. [44] Nadalje, NBS opisuje CDE kao centralni repozitorij koji sadrži sve relevantne informacije o građevinskom projektu. Pritom sadržaj CDE-a uključuje onaj sadržaj koji je kreiran u BIM okruženju (npr. BIM model građevine), ali i svu drugu dokumentaciju, te grafičke i ne-grafičke informacije. Uporaba ovakvog, jedinstvenog izvora informacija bi trebala poboljšati suradnju na projektu, te smanjiti pogreške i dupliciranje sadržaja [45]. Uz definiciju kakvu daje ISO standard, domaći autori navode da CDE platforma može biti ostvarena u obliku lokalnog, vanjskog ili internetskog servera; 'Cloud' sustava ili nekog drugog tehnološkog rješenja [25].

Prilikom odabira, implementacije i korištenja CDE platforme, potrebno je uzeti u obzir brojne parametre. Funkcionalna CDE platforma mora organizirati strukturu dokumenata i direktorija na smislen način. Trebala bi omogućiti da više korisnika na različitim lokacijama ima pristup dokumentima. Također, tim korisnicima bi CDE platforma trebala omogućiti rad sa zadnjim verzijama dokumenata, što se postiže usklađivanjem i praćenjem revizija dokumenata. Nadalje, mora postojati mogućnost automatskog generiranja arhive i upravljanja njome. Autorizacija dokumenata se mora provoditi na siguran način, te mora postojati mogućnost ograničavanja korisničkog pristupa. Također, CDE platforma mora omogućiti upravljanje vlasništvom i odgovornošću za dokumente, te promjenama na tim dokumentima. Razmjena informacija mora biti kronološki organizirana, te ne smije biti prekomjerna [25]. CDE platforma mora omogućiti učitavanje velikog broja dokumenata u različitim formatima, te mora imati mogućnost zadavanja zadataka članovima projektnih timova. Učitani dokumenti se moraju pohranjivati u, standardima definirane, spremnike informacija (radno, dijeljeno, predano, arhivirano) [32].

Ako se prethodno opisani koncept primjeni na pravilan način, on donosi određene prednosti organizaciji. Projektnim suradnicima je dostupan pregled svih verzija i revizija dokumenata, pa im je puno jasnije koje konkretne dokumente trebaju koristiti u radu, što uklanja potrebu za

nepotrebnom komunikacijom i olakšava koordinaciju rada pojedinih struka. Također, u arhivi CDE-a ostaje cjeloviti zapis svih revizija i promjena dokumenata. Pitanja vlasništva i odgovornosti nad dokumentima su puno jasnija, jer samo organizacija koja je stvorila određeni dokument, isti može naknadno i uređivati. Naposljetku, CDE platforma smanjuje troškove koje generira projekt, štedi vrijeme i olakšava ponovno korištenje projektnih informacija [32].

Na Sliku 3.9 je prikazan pojednostavljeni protok informacija unutar okoline za razmjenu podataka. Na početku rada, projektni tim koji je dobio određeni zadatak, razvija rješenje tog zadatka i te informacije objavljuje u prvi spremnik. Taj spremnik vidljiv je samo izvornom autoru i jedino ga on može uređivati. Nakon što je projektni tim razvio rješenje njegova zadatka, informacije iz prvog spremnika se pregledavaju i provjeravaju. Ukoliko su te informacije u skladu sa svim dogovorenim postupcima, standardima i metodama za generiranje informacija, one se objavljuju u drugom spremniku. Informacije iz drugog spremnika su odobrene i one se mogu dijeliti sa prikladnim projektnim sudionicima, koji ih koriste pri razvoju vlastitih rješenja projektnih zadataka. Pritom su informacije u drugom spremniku vidljive, ali se one ne mogu uređivati. Ako ih je potrebno uređivati, one se moraju vratiti u prvi spremnik. Iduća faza je pregled i autorizacija informacija iz drugog spremnika. U njoj naručitelj (ili njegov predstavnik) provjerava zadovoljavaju li informacije iz drugog spremnika sve dogovorene zahtjeve nad njima. Ako informacije zadovoljavaju sve zahtjeve, objavljuju se u treći spremnik. Ako pak ne zadovoljavaju, vraćaju se u prethodne spremnike. Informacije iz trećeg spremnika se mogu koristiti tokom detaljnijeg projektiranja, građenja ili upravljanja građevinom. Četvrti spremnik služi kao dnevnik transakcija spremnika informacija i pruža revizijski trag njihova razvoja [46].



Slika 3.9 Konceptualni način rada CDE platforme

3.7. BIM softver

Ukratko, temeljna ideja BIM pristupa je da se razvojem digitalnog, informacijskog modela građevine, poboljša rad u svim fazama životnog ciklusa građevine. Pritom, digitalni alati koji služe za razvoj tog modela nazivaju se BIM softveri. Oni moraju biti u stanju prikazati fizičke i funkcionalne karakteristike građevine koja će se izgraditi ili je već izgrađena. Taj prikaz je temeljen na parametarski definiranim objektima, koji su povezani sa bazom podataka o njima. Nadalje, korisnicima mora biti omogućen pregled i komunikacija s modelom u 2D i 3D prikazima. Pritom, BIM softver mora osigurati da se 2D prikazi prilagođavaju trenutnom stanju 3D modela, tokom razvoja istog [25].

Danas se najčešće koristi BIM pristup druge razine. To znači da se cjelokupni model građevine dobiva tako da se modeli pojedinih struka zasebno razvijaju, a potom se spajaju u integrirani model. Kako bi BIM softveri mogli isporučiti takav model, moraju imati sljedeća obilježja [25]:

- pristup modelu svim projektantskim strukama, vlasniku građevine i ostalim dionicima,
- primjenjivost u različitim fazama životnog ciklusa građevine,
- prostornost (3D),
- mogućnost uvoza ili izvoza modela uporabom standardiziranih protokola i formata za razmjenu podataka (npr. IFC format),
- udaljavanje od aplikacija koje se instaliraju lokalno na računalu u organizaciji i približavanje aplikacijama koje se baziraju na korištenju interneta,
- korištenje postavki i alata kojima se mogu izraditi i prikazati složeni detalji.

BIM softveri su osnova rada svih projektantskih struka. Pritom se jezici pojedinih struka i potrebne informacije za modeliranje razlikuju, kao i načini prikazivanja građevina. To dovodi do zaključka da svaka struka mora koristiti BIM softver koji je njoj prilagođen. Tako su nastali brojni softveri koji su prilagođeni arhitektonskoj (Archicad, Allplan, itd.), građevinskoj (Tekla Structures, Autodesk Revit Structure, itd.), strojarskoj (Autodesk Revit MEP, Aveva E3D Design, itd.) i drugim strukama. Također, graditeljstvo je tradicionalno poznato kao vrlo fragmentirana djelatnost. U svakoj od faza (planiranje, projektiranje, građenje i korištenje građevine) se koriste različiti BIM postupci, pa tako i BIM softveri moraju imati ugrađene različite funkcionalnosti, koje zahtijevaju korištenje različitih podataka. Obzirom na kompleksnost građevinskih projekata, trenutno nije moguće sve potrebne funkcionalnosti ugraditi u jedan softver. Tako su nastali brojni softveri za fazu projektiranja (Autodesk Revit, Allplan, itd.), građenja (Solibri, Navisworks, itd.) i održavanja (Archibus, Ecodomus, itd.).

Trenutno ne postoji softver koji integrira potrebe svih struka i faza građevinskog projekta. To se planira omogućiti uvođenjem BIM pristupa treće razine zrelosti. Zbog toga je potrebno na BIM projektima koristiti različite kombinacije BIM softvera. Osim BIM softvera, za potrebe različitih analiza i simulacija, potrebno je ponekad koristiti softvere koji nisu primarno dio BIM okruženja. Pritom, svi korišteni softveri moraju imati mogućnost međusobne komunikacije i dijeljenja potpunih i točnih informacija. Cilj je unutar BIM projekta osigurati što jednostavniju komunikaciju između BIM softvera, jer će to rezultirati sa manje gubitaka informacija, manje pogrešaka, te će se BIM postupci odvijati brže i jednostavnije. Zbog toga je izuzetno važna interoperabilnost BIM softvera, odnosno mogućnost jednostavne i brze razmjene dijelova projekta između različitih softvera, bez krivog interpretiranja ili gubitka relevantnih projektnih informacija [32]. Interoperabilnost se postiže korištenjem standardnih, otvorenih formata za razmjenu podataka, poput IFC formata. Osim otvorenih formata, proizvođači softvera često koriste formate koji su zatvorenog tipa, odnosno samo njihovi softveri ih koriste. Formati za razmjenu podataka će se detaljnije opisati u idućem poglavlju.

Organizacija buildingSmart International, između ostalog, bavi se i certifikacijom BIM softvera. Na njihovoj stranici se može naći popis certificiranih softvera i njima pripadajuće informacije o proizvođaču, vrsti i datumu certifikacije, mogućnostima, itd. [47]. Portal Capterra nudi pregled najbolje ocijenjenih i najčešće korištenih BIM softvera. Dodatno se mogu filtrirati softveri koji su predviđeni za određenu struku ili fazu životnog ciklusa građevine [48]. Pregled najčešće korištenih BIM softvera (prema fazama projekta) daje Tablica 3.2.

Tablica 3.2 Najčešće korišteni BIM softveri prema fazama građevinskog projekta [25]

Faze projekta	BIM softver (Proizvođač)													
	A360 (Autodesk)	Navisworks Manage (Autodesk)	Revit (Autodesk)	BIM360 (Autodesk)	BIM Vision (Datacomp)	GALA Construction Software (Gala)	ArchiCAD (Graphisoft)	Innovaya 4D Visual Simulation (Innovaya)	Allplan (Nemetschek)	Solibri Model Checker (Solibri)	Synchro Pro Scheduler (Synchro)	Tekla Structures (Tekla)	Vico software (5D Virtual Construction Software)	
Upravljanje projektom	+			+		+							+	
Projektiranje			+	+			+		+			+		
Planiranje	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	
Analiziranje		+	+	+		+	+	+	+	+	+		+	
Koordinacija i kontrola	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	
Gradenje	+	+	+	+				+			+		+	
Upravljanje i održavanje građevine			+	+					+					

Kako će se u istraživačkom dijelu rada koristiti BIM softveri Civil 3D i Revit, isti će se malo detaljnije objasniti u nastavku. Revit je, nakon što je predstavljen, bio namijenjen arhitektima za razvoj njihovih modela građevine. Ubrzo ga je otkupio Autodesk, koji je proširio područje primjene i omogućio da ga simultano mogu koristiti i inženjeri građevinarstva, strojarstva i elektrotehnike. Revit danas čine: Revit strojarstvo i elektrotehnika (*eng. Revit MEP*), Revit arhitektura (*eng. Revit Architecture*) i Revit statika (*eng. Revit Structure*). Revit-ov model građevine se sastoji od parametarski definiranih elemenata, odnosno familija elemenata. Iako Revit u sebi ima ugrađen velik broj različitih familija elemenata, korisnicima je omogućeno da mogu stvarati nove familije i da mogu promjenom određenih parametara stvarati velik broj različitih elemenata iste familije. Također, proizvođači opreme danas sve više izrađuju familije vlastitih proizvoda, koje se mogu preuzeti putem interneta. Revit podržava uvoz/izvoz podataka u IFC formatu, a bilo kakva lokalizirana promjena na modelu se automatski ažurira kroz cijeli projekt i projektnu dokumentaciju. Osim što Revit omogućuje 3D modeliranje građevine, on sadrži i brojne informacije o komponentama građevine, pa tako inženjeri svih struka mogu u njemu provoditi potrebne analize od najraniji faza projekta. Omogućena je i analiza kolizija što poboljšava koordinaciju i kvalitetu projekta, te štedi vrijeme i novčane resurse. Iako i Revit, i Civil 3D podržavaju uvoz/izvoz podataka pomoću IFC formata, valja napomenuti da im je izvorni format datoteke .rvt. To je zatvoreni format za razmjenu podataka kojeg koriste Autodesk-ovi softveri. [49].

Civil 3D je namijenjen uglavnom za glavne i izvedbene projekte [32]. Najčešće se koristi u niskogradnji, urbanizmu i geodeziji za generiranje projektne dokumentacije visoke kvalitete. Program omogućava generiranje raznih vrsta izvještaja, a između ostalog nudi mogućnost generiranja popisa količina materijala iz modela. Također, ima ugrađene cjenike materijala pa može pružiti pomoć pri sastavljanju troškovnika. Isto kao i Revit, Civil 3D koristi jedan model građevine, pa se promjene automatski ažuriraju kroz cijeli projekt. Osim brzog i jednostavnog provođenja promjena, pruža mogućnost raznih inženjerskih analiza, a moguće je i analizirati varijantna rješenja projekta. Također, u Civil 3D-u je moguće izraditi simulacije rada raznih sustava građevine. Program nudi mogućnost integracije GIS (*eng. Geographic Information System*) podataka, što može biti korisno u projektiranju, građenju, ali i održavanju građevine. Jedna od osnovnih karakteristika je projektiranje 3D modela terena, što je izuzetno važno u projektima niskogradnje. Prilikom rada u Civil 3D-u i Revit-u, jako su bitni stilovi prikaza. Oni određuju kako će određeni objekti biti prikazani. Između ostalog definiraju tip i debljinu linije, boju, sloj, lokaciju, veličinu i druge parametre [50].

3.8. Formati za razmjenu podataka

Već je u prethodnom poglavlju rečeno da trenutna primjena BIM pristupa zahtijeva korištenje kombinacije BIM softvera. Pritom je od neizmjerne važnosti da se podaci nastali u jednom softveru mogu u istom obliku koristiti i u nekom drugom softveru. To se omogućuje korištenjem prikladnih formata za razmjenu podataka. Ti formati su važni za vlasnika građevine jer mu omogućuju isporuku projektnih informacija tokom projekta i često vlasnici tokom ugovaranja projekta definiraju koji formati se moraju koristiti. Naravno, važni su i za projektante, izvođače i ostale sudioniku jer im omogućuju razmjenu informacija, te bolju kolaboraciju i koordinaciju njihova rada. Ako vlasnik građevine ne definira prikladne formate za razmjenu podataka, onda to mora učiniti BIM menadžer u suradnji sa BIM koordinatorima pojedinih struka. Obično se format datoteke bira ovisno o potrebnim informacijama i korištenim BIM softverima. Također, tokom razmjene podataka, knjiga *Opće smjernice za BIM pristup u graditeljstvu* preporuča korištenje sljedećih pravila [25]:

- kako bi se ostvarila optimalna suradnja, mora se razlikovati jednosmjerna od dvosmjerne komunikacije,
- način razmjene podataka mora biti što jednostavniji, kako bi se smanjio broj pogrešaka i suvišnog ponavljanja poslova,
- ako su tablice ili obični PDF (*eng. Portable Document Format*) dokumenti dovoljni za spremanje traženih informacija, nije potrebno izvoziti čitavi model građevine.

Postoje dva osnovna tipa formata za razmjenu podataka, a to su zatvoreni i otvoreni tip. Zatvoreni formati za razmjenu podataka su vlasništvo određene softverske kompanije i njima se postiže potpuna interoperabilnost samo između BIM softvera istoga proizvođača. Njihove specifikacije nisu javno dostupne i obično ih se ne može dodatno uređivati. Također, vlasništvo su određene kompanije, tako da ih one mogu mijenjati bilo kada u skladu sa svojom strategijom. Ova činjenica može dovesti do toga da revizijom određenog formata, podaci spremljeni u prošloj verziji mogu postati potpuno beskorisni. Također, proizvođač može prekinuti isporuku tog formata, što također arhivirane podatke čini beskorisnima. Primjer ovakvih formata su Autodesk-ovi formati za razmjenu podataka poput DWG, DXF, NWC i drugih formata [51]. Naprotiv, otvoreni formati za razmjenu podataka omogućavaju potpunu interoperabilnost između svih BIM softvera koji podržavaju taj format. Specifikacije takvih formata su javno dostupne i moguće ih je dodatno uređivati. Za njihovo održavanje i revidiranje obično su zadužene internacionalne BIM organizacije. Primjer jednog takvog formata je IFC format, a osim njega, u nastavku će se opisati i COBie standard, te BCF standard za razmjenu podataka.

3.8.1. IFC (eng. *Industry Foundation Classes*) format

IFC format je jedan od najčešće korištenih, otvorenih, formata za razmjenu podataka. Osim što je otvorenog tipa, format je dosta dobro dokumentiran i moguće ga je dodatno uređivati. O tome koliko je dokumentiran, govori i činjenica da je uvršten u ISO (eng. *International Organization for Standardization*) popis normi (ISO 16739-1:2018). Uglavnom predstavlja jednosmjerni oblik komunikacije, odnosno prvenstveno je namijenjen tome da se podaci mogu izvesti iz jednog softvera u drugi, te u njemu čitati. Mogućnosti uređivanja podataka u drugom softveru su ponekad ograničene. Prvu verziju ovog formata, izdala je organizacija buildingSmart International (tada pod imenom *Industry Alliance for Interoperability – IAI*) sredinom 90-ih godina prošlog stoljeća. Motivacija za to je bila razvoj opće strukture podataka, koja bi bila prikladna za razmjenu podataka između BIM softvera različitih proizvođača. Od prve verzije pa do sada, buildingSmart organizacija konstanto razvija format, pa su tako nastale i brojne verzije. Danas se najčešće koriste verzije IFC2x3, IFC4, te IFC 4x3[32], [52], [53].

IFC je objektno orijentiran format za razmjenu podataka. Osim što sadrži podatke koji se odnose na grafički prikaz pojedinih entiteta, sadrži i tekstualne podatke koji su ugrađeni u njih. Svaka IFC datoteka sastoji se od dva dijela, a to su: zaglavlje i tijelo dokumenta. U zaglavlju se nalaze podaci o samoj datoteci, a tijelo dokumenta definira sve entitete (elemente) koji čine određeni sustav. Svi ti grafički i ne-grafički podaci su zapisani u tekstualnom obliku kao običan ASCII (eng. *American Standard Code for Information Interchange*) kod. Međutim, taj zapis je visoko strukturiran i samom IFC shemom se on pretvara u 3D vizualne elemente sa pripadajućim informacijama koje ostaju u tekstualnom obliku. Sama IFC shema dijeli podatke u četiri sloja. Sloj domene sadrži definicije entiteta (elemenata) prema određenoj struci (disciplini) kojoj pripadaju (npr. arhitektura, elektrotehnika, zaštita od požara, itd.). Entiteti u ovom sloju su samostalni i na njih se ne može pozvati nijedan drugi sloj. Sloj dijeljenih elemenata pruža više specijalizirane definicije entiteta (elemenata) i odnosa između više domena. Sloj jezgre osigurava osnovnu strukturu, temeljne odnose i uobičajene koncepte za daljnje specijalizacije entiteta. Svi entiteti u ovom sloju imaju jedinstvenu identifikaciju, naziv, opis, itd. Sloj resursa čine prateće strukture podataka koje se koriste za definiranje entiteta. Obzirom da se IFC datoteka obično sastoji od velike količine podataka, u današnje vrijeme se često ovakve datoteke komprimiraju (alati poput 7-Zip ili WinRAR) prije same razmjene, čime se veličina datoteka znatno smanjuje. IFC formati datoteka se dosta koriste u fazama projektiranja i izvođenja građevine, gdje omogućavaju vizualizaciju dizajna, stvaranje agregatnog modela, analizu kolizija, itd. [25], [53], [54].

3.8.2. *BCF (eng. BIM Collaboration Format) standard*

BCF je vrsta otvorenog standarda za razmjenu podataka, za čiji je razvoj također zadužena organizacija buildingSmart International. Solibri i Tekla, u suradnji sa Institutom za primijenjenu građevinsku informatiku (München, Njemačka), počeli su razvijati ovaj standard 2009. godine. Njihova želja je bila da omogućе različitim BIM softverima međusobnu komunikaciju o projektnim problemima, korištenjem IFC modela građevine. BCF funkcionira prijenosom XML formatiranih podataka (kontekstualizirane informacije o problemu ili informacije o problemu koji se direktno poziva na neki 2D/3D prikaz građevine) iz jedne aplikacije u drugu. Konkretna primjena ovog standarda se može ostvariti na dva načina: razmjenom BCF datoteka između korisnika BIM softvera ili korištenjem web usluge (RESTful usluga). Prvi način korištenja je dosta jednostavan i nema potrebe opisivati ga. Drugi način korištenja zahtijeva implementaciju BCF poslužitelja, odnosno treće strane koja djeluje kao središte za komunikaciju. BCF poslužitelj pohranjuje sve BCF datoteke na jednom mjestu i tako omogućuje sudionicima komunikacije da sinkroniziraju stvaranje, uređivanje i upravljanje podacima [55], [56].

BCF standard se može koristiti u svim fazama životnog ciklusa građevine. U fazi projektiranja se može koristiti za otkrivanje i rješavanje kolizija sustava građevine, za označavanje opcija dizajna, opcija zamjena objekata i opcija odabira materijala; te za dokumentiranje podataka koji se odnose na provjeru/osiguranje kvalitete. U fazi nabave se može koristiti za informacije o troškovima i dobavljačima elemenata, sklopova ili sustava; te za koordinaciju procesa ugovaranja. U fazi građenja se može koristiti za praćenje dostupnosti artikala/materijala i koordinaciju izmjena, za prikupljanje informacija koje se isporučuju vlasniku kao dio COBie isporuke, ili za prikupljanje podataka o provjeri/osiguranju kvalitete. U fazi korištenja i održavanja građevine BCF standard se može koristiti za bilježenje potrebnih nadogradnji građevine, te promjena na građevini (i njenim elementima) koje nastaju u fazi korištenja [55].

Prednosti koje se ostvaraju korištenjem BCF standarda su sljedeće:

- pouzdana koordinacija i komunikacija zahvaljujući jasnim dogovorima i standardima,
- kraće vrijeme isporuke projekta i niži troškovi,
- predvidljivi tijek rada zahvaljujući dostupnoj povijesti komunikacije,
- transparentna komunikacija osigurava bolji pregled odgovornosti projektnih sudionika.

3.8.3. COBie (eng. *Construction Operations Building information exchange*) standard

COBie je međunarodno priznati standard za razmjenu informacija, koji je dio građevinske strategije vlade Velike Britanije. Uvršten je u BS popis normi (BS 1192-4:2014) i na području Velike Britanije je obavezan. Svrha ovog standarda je prikupljanje i razmjena projektnih informacija u svim fazama životnog ciklusa građevine, u standardiziranom, digitalnom formatu [58]. COBie format najčešće prikazuje informacije o građevini u obliku tablica (.xls datoteka), a može im se pristupiti pomoću Excel programa koji je standardni dio Microsoft Office paketa. Na taj način, strukturiranim informacijama o projektu se može pristupiti i van samog BIM modela, odnosno nije potrebno koristiti skupa softverska rješenja. Također, informacije o građevini mogu biti prikazane u obliku IFC ili XML datoteka. Informacije, nakon što su prikupljene i organizirane, razmjenjuju se sa vlasnikom/sponzorom građevine na prethodno definiranim prekretnicama projekta, koje obično prate faze projekta. Ove ključne razmjene informacija, u okviru COBie standarda, nazivaju se *Data Drops*. Broj isporuka informacija obično određuje vlasnik/sponzor projekta, ali postoje četiri isporuke koje su obavezne. Prva isporuka sadržava zahtjeve i ograničenja projekta, druga isporuka sadržava razrađena projekta rješenja, treća isporuka sadržava informacije koje su bitne za građenje, a četvrta isporuka sadržava informacije bitne za korištenje i održavanje građevine [25], [58].

COBie struktura podataka se sastoji od: komponenti, tipova, prostora, zona, građevina, katova/razina, sustava, poslova, resursa, rezervnih dijelova, kontakata, dokumenata i parametara. Komponente se odnose na opremu koja je ugrađena u građevinu, informacije o proizvođaču/dobavljaču, te informacije o održavanju. Tip se odnosi na kategoriju proizvoda, npr. vrata, prozori, itd. Prostori dijele građevinu na manje segmente, čime se olakšava pronalaženje opreme i upravljanje prostorom, energijom, najmom, itd. Zonama se prostori mogu dodatno podijeliti na manje segmente, kao npr. pristupne, ventilacijske i zone za iznajmljivanje. Građevina predstavlja jedan dio izgrađenog okoliša, a često se događa da u COBie modelu podataka postoji samo jedna. Katovi/razine su dijelovi prostorne strukture građevine i ne moraju nužno predstavljati jedan kat stvarne građevine. Sustavima se grupira oprema i povezuju dokumenti važni za upravljanje/održavanje. Posao, resursi i rezervni dijelovi su metapodaci kojima se dodatno definiraju komponente. Kontakti se odnose na ljude koji sudjeluju u isporuci proizvoda i kreiranju informacija. Dokumenti se najčešće referiraju na isporučenu opremu, ali mogu se odnositi i na primopredajna izvješća, fotografije izvedenog stanja, itd. Parametri se odnose na način označavanja prilagođenih podataka za neku vrstu stavke, npr. način BIM izvoza ili razmjena po potrebi prilagođenih podataka [25].

3.9. Tijek informacija unutar BIM projekata

Kako bi se objasnio tijek informacija unutar jednog standardnog BIM projekta, prvo će se detaljnije objasniti dokumenti koji su uključeni u taj tijek.

Specifikacija zahtjeva naručitelja (*eng. BIM Employer's Information Requirements – EIR*), temeljni je dokument svakog BIM projekta i njega se moraju pridržavati svi projektni sudionici. U njemu naručitelj projekta, u skladu sa potrebama, definira projektne zahtjeve. Odnosno definira kako trebaju izgledati BIM modeli u određenim fazama projekta, te koliko ne-grafičkih informacija i grafičkih detalja moraju sadržavati. Također, definiraju se načini isporuke tih modela i svih pratećih informacija. Svaki EIR mora opisati sljedeća tri područja projekta [32]:

- tehničko područje – softverske platforme, referentni koordinatni sustav, traženi LOD-ovi, formati za razmjenu datoteka, itd.,
- upravljačko područje – standardi, sudionici te njihove odgovornosti i uloge, suradnički procesi, načini koordinacije, procesi provjere kolizija, sigurnost i zaštita podataka, itd.,
- poslovno područje – rokovi i načini isporuke BIM modela i ostalih informacija, strateški ciljevi naručitelja, procjena BIM specifičnih kompetencija, itd.

BIM plan izvršenja prije ugovaranja (*eng. The Pre-Contract BIM Execution Plan – BEP*) je dokument kojim ponuditelj odgovara na EIR. U njemu ponuditelj prezentira svoj pristup projektu; te kapacitete, stručnost i kompetencije potrebne za realizaciju projekta. U uvodnom dijelu dokumenta se nalazi ime organizacije ponuditelja, te imena njihovih predstavnika i njima pripadajuće odgovornosti i dužnosti. Osim toga, BEP prije ugovaranja sastoji se od [25], [32]:

- projektnih informacija – naziv projekta, podaci o investitoru, adresa građevine, opis projekta i slične osnovne informacije,
- zahtjeva definiranih u EIR-u – ponuditelj ovdje odgovara na zahtjeve prema idućim točkama: koordinacija projekta, organizacija radnih procesa, suradnički procesi, sigurnost i zaštita, prijedlog plana usklađivanja projektnih sudionika,
- ciljeva suradnje i modeliranja informacija – ponuditelj daje prijedloge tehničkih rješenja za potencijalne probleme i daje popis ovlaštenih osoba za autorizaciju dokumenata,
- ključnih događaja projekta – pregled glavnih događaja tokom projekta, povezanih sa odgovarajućim isporukama projektnih informacija,
- strategije isporuke informacijskog modela projekta (*eng. Project Information Model – PIM*) – čine ju opisi isporuka, stupanj složenosti i preciznost projekta u svakoj fazi,

- plana implementacije projekta (*eng. Project Implementation Plan – PIP*).

Plan implementacije projekta (PIP), sastavni je dio BEP-a prije ugovaranja. Njime naručitelj procjenjuje iskustvo, kapacitet i sposobnost ponuditelja (uključujući cjelokupni lanac opskrbe) za provedbu projekta. PIP se sastoji od iduća tri dokumenta (ispunjavaju ih sve organizacije u opskrbnom lancu, svaka za sebe) [25]:

- obrazac za ocjenu BIM znanja i vještina – njime organizacije pokazuju razumijevanje BIM-a i svoje ključne kompetencije. Daje odgovore na pitanja vezana za razmjenu podataka na projektu, primjenjive BIM analize na tom projektu, iskustvo organizacije na BIM projektima, BIM sposobnosti organizacije, itd.,
- obrazac za ocjenu IT sposobnosti - njime organizacija pokazuje svoju IT zrelost i sposobnosti razmjene informacija. Čine ga općenite informacije o IT sposobnostima organizacije, politici organizacije u vidu procesa razmjene informacija, te tehničke informacije o BIM softverima i sustavima organizacije,
- obrazac za ocjenu resursa – njime se procjenjuju trenutne sposobnosti kapaciteta i resursa organizacije.

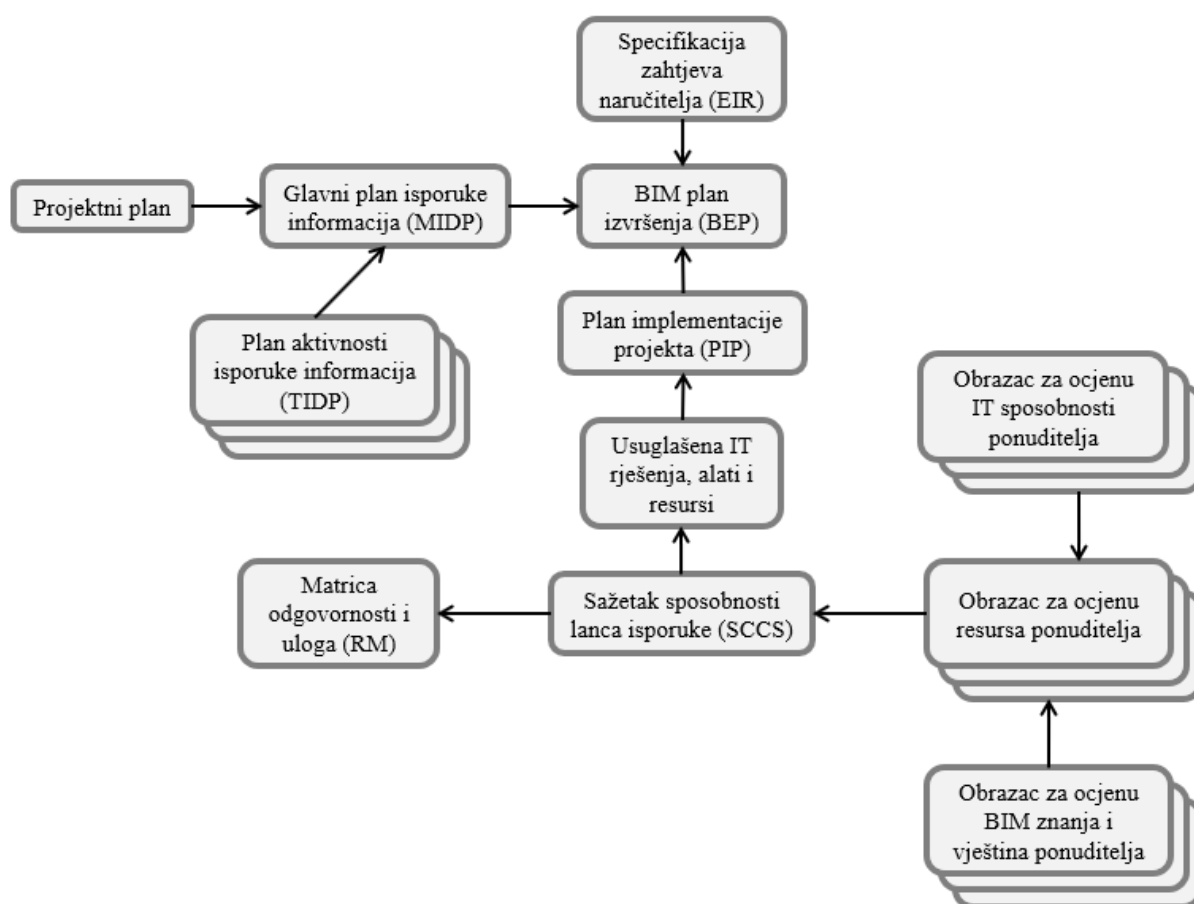
BIM plan izvršenja nakon ugovaranja (*eng. The Post Contract Award BIM Execution Plan – BEP*) prikazuje uloge projektnih sudionika i njihove odgovornosti, formate i metode razmjene informacija, isporuke s definiranim rokovima i formatima, te sustav predaje projekta naručitelju. Uz odgovore na zahtjeve definirane u EIR-u, sadrži [25], [32]:

- projektne informacije,
- informacije o menadžmentu - ključni projektni događaji, strategija isporuke PIM-a, proces autorizacije PIM-a, odgovornosti i uloge projektnih sudionika itd.,
- informacije o planiranju i dokumentiranju - Matrica odgovornosti i uloga, Glavni plan isporuke informacija, revidirani PIP, Plan aktivnosti isporuke informacija, itd.,
- informacije o metodama i procedurama - referentni koordinatni sustav, dogovorene tolerancije za sve struke, konvencija imenovanja, predlošci nacрта, itd.,
- te informacije o IT rješenjima - formati za razmjenu, verzije softvera, itd.

Plan aktivnosti isporuke informacija (*eng. Task Information Delivery Plan – TIDP*) izrađuje svaki projektni tim određene struke za svaki, njima dodijeljen, projektni zadatak. Njime se definiraju informacijske isporuke za svaku projektnu aktivnost. Sadrži informacije o odgovornostima članovima tima, datumu isporuke i formatu isporuke [25].

Glavni plan isporuke informacija (eng. *Master Information Delivery Plan – MIDP*) razvija se u suradnji sa svim projektnim sudionicima, na temelju svih TIDP-ova. Njime se određuje kada, kako i tko će pripremiti određene projektne informacije. Također, određuju se protokoli i procedure koje će se pritom koristiti [25].

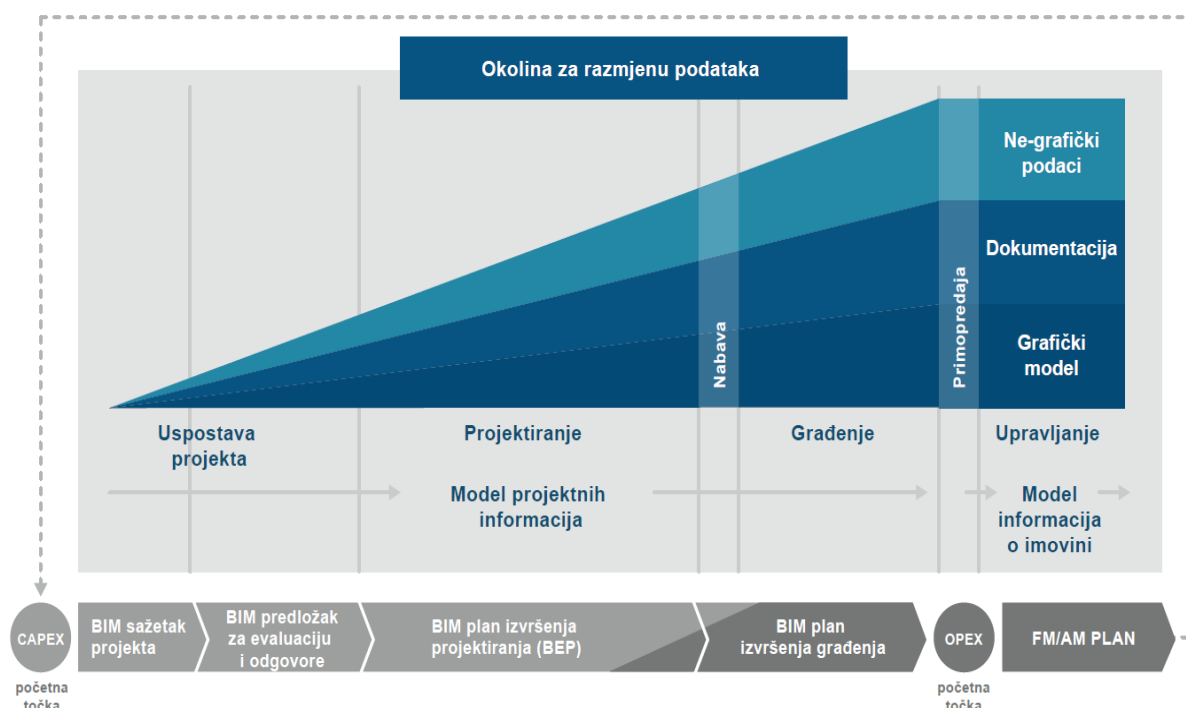
Matrica odgovornosti i uloga (eng. *Responsibility Matrix – RM*) definira odnose između procesa stvaranja informacija i projektnih disciplina, odnosno projektnih zadataka. Na taj način se jasno definira tko je za što odgovoran i izbjegavaju se zbunjujuće situacije. Shematski prikaz odnosa između opisanih dokumenata daje Slika 3.10.



Slika 3.10 Shematski prikaz odnosa između dokumenata uključenih u tijek informacija

Svaki graditeljski projekt može imati dvije početne točke. Isto tako, isporuka projektnih informacija može imati dvije početne točke. Za nove građevine, projekt kreće sa potrebom vlasnika/investitora za tom građevinom. Odnosno projekt kreće u CAPEX točki (eng. *Capital Expenditure*). Ako se pak graditeljski projekt provodi na već postojećoj građevini, onda projekt kreće sa procjenom postojećeg stanja, gdje se potrebne informacije uzimaju iz informacijskog

modela građevine (eng. *Asset Information Model – AIM*). Odnosno projekt kreće u OPEX točki (eng. *Operational Expenditure*). Neovisno o kojem od ova dva tipa projekta se radi, na početku projekta naručitelj sastavlja EIR. Taj je dokument namijenjen izvođačima i projektantima, on predstavlja dio natječajne dokumentacije i u njemu naručitelj definira projektne zahtjeve. Prije samog ugovaranja projekta, odnosno u fazi nabave, ponuditelj odgovara na EIR sa BEP-om. Njime ponuditelj prezentira svoj pristup projektu, a na temelju tog odgovora naručitelj bira kome će dodijeliti projekt. Nakon što je projekt ugovoren, ponuditelj dostavlja naručitelju (u ime cijelog opskrbnog lanca) revidirani BEP, odnosno BEP nakon ugovaranja. U tom dokumentu moraju biti dogovoreni svi aspekti kojima će se osigurati pravovremena i točna isporuka projektnih informacija. Nakon toga slijedi faza mobilizacije, gdje se provjerava usuglašenost svih dokumenata, smjernica i normi sa ugovorenim procesima razmjene informacija. Također, ako je potrebno, provodi se dodatna edukacija projektnih timova i provjerava se jesu li odabrana tehnološka rješenja prikladna. Nakon toga kreće faza proizvodnje gdje članovi projektnog tima progresivno razvijaju i dostavljaju naručitelju informacijski model projekta (eng. *Project Information Model – PIM*). On se sastoji od svih grafičkih i ne-grafičkih informacija važnih za građenje i projektiranje građevine. Nakon što je građevina izgrađena, naručitelju se dostavlja AIM koji predstavlja centralni repozitorij svih potrebnih informacija u fazi korištenja i održavanja. Ciklus isporuke informacija prikazuje Slika 3.11 [25].



Slika 3.11 Ciklus isporuke informacija unutar BIM projekta [25]

4. OPĆENITO O IMPLEMENTACIJI BIM PRISTUPA

Implementacija BIM pristupa u nekom stvarnom poduzeću nije jednostavan postupak. Naprotiv, radi se o složenom i poprilično opsežnom postupku, koji ako se ne provodi na adekvatan način, može uzeti dosta vremena. Potpuno je krivo razmišljanje da se implementacija ove nove tehnologije svodi na kupnju i korištenje nekog novog programskog paketa, jer uvođenje novih digitalnih alata mijenja i ustaljenje načine rada. Naravno, dolazi i do određenih promjena u načinu komunikacije između projektnih sudionika [59]. Osim što se mijenjaju radni postupci, BIM je potrebno uklopiti u postojeću organizacijsku strukturu poduzeća, pa su potrebne i neke organizacijske promjene. Obzirom na promjene u mnogim aspektima poduzeća, BIM mora biti dio dugoročne strategije i vizije [60].

Kada je riječ o implementaciji BIM-a na razini neke organizacije, bitno je da se BIM implementira unutar cijele organizacije, a ne samo unutar pojedinih odjela. Također, važno je i da poduzeća koja su partneri, prihvate ovaj novi način rada. Kao i kod uvođenja nekih drugih tehnoloških inovacija koje mijenjaju način poslovanja i radne postupke, bitno je da se ta novina na prikladan način prezentira. Potrebno je sve zaposlenike i odjele unutar organizacije upoznati sa razlozima i ciljevima implementacije, te benefitima koje ona donosi. Na taj način će se stvoriti kolektivna svijest unutar organizacije kako je ta promjena nužna, a i zaposlenici će biti motiviraniji jer će shvatiti prednosti koje će se ostvariti implementacijom BIM-a. Ipak, za očekivati je da neće svi zaposlenici biti jednako zainteresirani za ovu temu i da razina njihova predznanja neće biti jednaka. Zato se preporuča da se postupak implementacije provodi postepeno. Potrebno je odrediti zaposlenike koji su visoko motivirani i skloni prihvaćanju tehnoloških inovacija, te sam postupak implementacije treba krenuti od njih. Nakon nekog vremena će oni stasati u stručnjake koji će postati nositelji znanja unutar organizacije i bit će od velike pomoći idućim grupama zaposlenika. Kako uporaba BIM-a podrazumijeva korištenje novih digitalnih alata, važno je osigurati i potrebnu edukaciju svim zaposlenicima. Preporuka je da se edukacije ne organiziraju za sve zaposlenike odmah na početku implementacije, već da se one organiziraju netom prije početka projekta na kojem će se koristiti BIM. Na taj način zaposlenici neće zaboraviti sadržaj edukacija i bit će manje ovisni o pomoći drugih kolega i osoba koje su provodile edukacije [32].

Pomoć prilikom implementacije mogu pružiti različiti nacionalni standardi, norme, priručnici, predlošci i slični dokumenti. Međutim, navedeni dokumenti su većinom općenito sastavljeni i široko primjenjivi. Zbog toga ih je potrebno prilagoditi potrebama organizacije. Ako pak ne postoje standardi na razini države, preporuka je da organizacija kroz postupak implementacije

razvije vlastite standarde i predloške. Također, načini komunikacije (u pismenom ili usmenom obliku) se moraju prilagoditi poduzeću unutar kojeg se implementira BIM. Neki od faktora koji utječu na oblik i formu komunikacije su: organizacijska struktura poduzeća i njegova veličina, djelatnost kojom se bavi, geografska lokacija, dugoročna vizija i strategija, IT infrastruktura poduzeća, stav zaposlenika prema opisanim promjenama, itd.

Kada je riječ o organizacijskim promjenama, preporuča se formiranje BIM odjela. To može biti novoformirani odjel unutar organizacije ili neka vanjska organizacija koja je uže specijalizirana za implementaciju, nadzor i pomoć prilikom uvođenja BIM-a. Ako se organizacija odluči za angažiranje neke vanjske tvrtke, preporuka je da se unutar matične organizacije odredi jedan ili više BIM menadžera koji će biti spona između matične organizacije i one koja je zadužena za implementaciju BIM-a. Oni će sakupljati pitanja svojih kolega i odgovore na njih na jednom mjestu, te će vanjskoj tvrtki dostaviti interne standarde i podatke koji će pomoći u prilagodbi BIM pristupa za matičnu organizaciju. Neki zadaci BIM odjela su [32]:

- provođenje plana implementacije prema određenim koracima, priprema i kontrola komunikacije, te mjerenje rezultata implementacije,
- prilagodba i provođenje odabranih BIM standarda i radnih postupaka,
- izrada BEP-a koji je u skladu sa EIR-om,
- rješavanje svih pitanja i problema koji će se pojaviti tokom implementacije,
- podrška članovima projektnih timova osiguravanjem edukacije, prilagodbom određenih normi, predložaka i radnih postupaka; definiranjem oblika komunikacije i stvaranjem centralne baze znanja,
- dokumentiranje znanja, pogrešaka, prednosti, nedostataka i specifičnih situacija na projektu; što će služiti kao pomoć na budućim projektima.

Još jedan preduvjet uspješne BIM implementacije na razini organizacije jest uključivanje BIM-a u dugoročnu strategiju i stvaranje zajedničke vizije. Obzirom da BIM uvelike mijenja poslovanje tvrtke, odluka o implementaciji ovog pristupa treba doći od vrhovnog menadžmenta ili vlasnika organizacije. Naime, preporuka je da se sastavi poslovni plan implementacije, prije nego što se krene sa istom. U taj poslovni plan trebaju biti uključeni svi zaposlenici kako bi se predvidjele sve prednosti i nedostaci postupka implementacije. Poslovni plan implementacije bi trebao sadržavati analizu postojećih organizacijskih resursa, analizu tržišta, analizu konkurencije, analizu BIM programa i financijskog plana, očekivane ciljeve implementacije, te smjernice i plan provođenja [32].

Što se tiče vizije, ona mora ocrtavati smjer u kojem se organizacija želi razvijati u budućnosti. Također, mora sadržavati i temeljne vrijednosti na kojima se zasniva organizacija. Autodesk, kao jedan od vodećih proizvođača BIM softvera i promotora BIM pristupa, navodi neke ključne elemente za stvaranje učinkovite BIM vizije [61]:

- Vizija mora biti dalekosežna i motivirajuća kako bi ujedinila različite elemente organizacije. Također, mora definirati korake kojima će se BIM postepeno uvoditi u organizaciju,
- Mora biti kratka i jasna, te odgovoriti na pitanja: „Tko?“, „Što?“, „Gdje?“, „Kada?“ i „Zašto?“,
- Vizija mora definirati ključne događaje (*eng. Milestones*) koji predstavljaju kratkoročne ciljeve. Ostvarenje tih ciljeva, dat će zaposlenicima osjećaj pobjede i novu energiju da budu ustrajni u implementaciji BIM pristupa.

Kada je riječ o implementaciji BIM pristupa na razini projekta, važno je da se sva pravila usuglase sa svim projektnim sudionicima prije početka projekta i da su opisana unutar jednog dokumenta. Taj dokumenta je najčešće post-ugovorni BEP, a njegov sadržaj je već prethodno opisan. Zbog jedinstvenosti građevinskih projekata, pravila je potrebno prilagoditi svakom projektu posebno. Nakon što su dogovorena pravila, tokom projekta je izuzetno važna komunikacija projektnih sudionika. U cilju poboljšanja suradnje, bitno je organizirati sastanke članova projektnog tima na kojima se raspravlja o idućim temama [32]:

- uspješnost implementacije BIM-a kod pojedinih članova,
- tehnički i ne-tehnički problemi koji se javljaju tokom implementacije i koji usporavaju projekt,
- načini korištenja BIM softvera u svakodnevnom radu i tehnološki problemi sa alatima,
- praćenje i analiza vremenskih rasporeda, te kvalitete planiranih isporuka.

Neovisno implementira li se BIM na razini organizacije ili na razini projekta, uvođenjem ove tehnologije utječe se na radne postupke, korištenu tehnologiju, ljude i organizacijsku strukturu poduzeća. Organizacija mora biti svjesna opsežnosti ovih promjena, mora ponuditi zaposlenicima jasnu viziju i mora biti ustrajna u tome da se implementacija uspješno privede kraju. Također, mora biti svjesna da će se tokom implementacije pojavljivati određene poteškoće, ali i činjenice da će organizacija ostvariti brojne pogodnosti nakon što otkloni te poteškoće. U nastavku će se navesti najčešće poteškoće koje koče usvajanje BIM-a i predložene strategije za otklanjanje istih.

4.1. Problemi koji koče implementaciju BIM-a i strategije za njihovo otklanjanje

Kako bi se identificirale glavne prepreke koje otežavaju implementaciju BIM-a u svijetu i kako bi se ponudila rješenja za iste, u nastavku će se opisati dva recentna istraživanja na ovu temu.

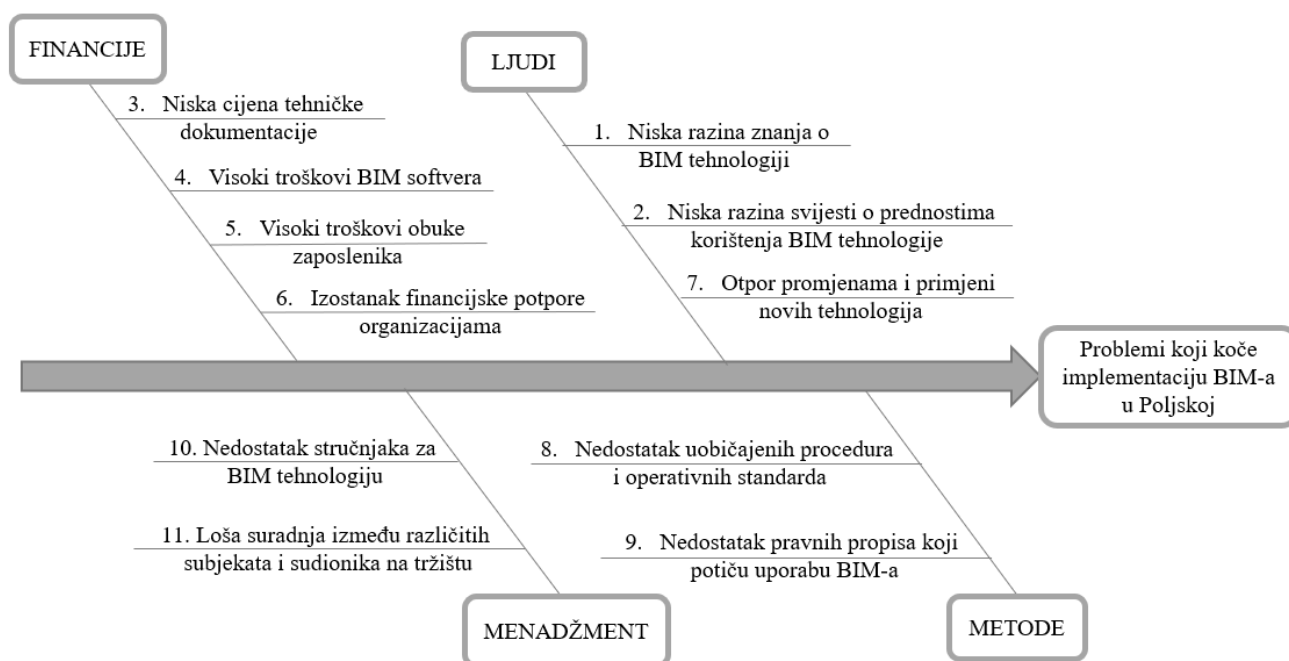
Prvo istraživanje koje će se opisati, provedeno je na području Poljske. Autore su zanimali razlozi niske implementacije BIM-a u poljskoj građevinskoj industriji, a uzročno-posljedična analiza provedena je pomoću Ishikawa dijagrama. Također, preliminarnom analizom dostupnih istraživanja, dan je pregled prepreka koje koče implementaciju BIM-a u svijetu. Rezultate preliminarne analize prikazuje Tablica 4.1 [62].

Tablica 4.1 Prepreke koje koče implementaciju BIM-a u svijetu [62]

Zemlja	Prepreke koje koče implementaciju BIM-a
Katar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nedostatak ponude i potražnje za BIM-om 2. Neadekvatno obrazovanje inženjera/vlasnici nisu svjesni pogodnosti koje donosi BIM 3. Nema organizacije koja bi pratila i motivirala građevinske tvrtke da implementiraju BIM
Malezija	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nedostatak obrazovanja i obuke 2. Zakonska regulativa 3. Fragmentiranost industrije i ograničenja interoperabilnosti
Hong Kong	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kulturološka barijera (otpor promjenama) 2. Organizacijska struktura koja ne podržava BIM 3. Nedovoljna interoperabilnost računalnih programa
Estonija	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nedostatak svijesti o prednostima BIM-a 2. Nedostatak BIM stručnjaka 3. Nedostatak potražnje za BIM-om
Italija	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nedostatna točnost kod prikupljanja podataka o postojećim objektima 2. Nepoznavanje postojećih objekata 3. Netočni podaci u modeliranju postojećeg stanja
Nigerija	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nedostatak znanja 2. Neadekvatna državna politika 3. Visoki troškovi implementacije
Kazahstan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ljudi – nedostatak želje za prelaskom s tradicionalnih tehnologija na BIM i nedostatak BIM stručnjaka 2. Tehnologija – manji tehnički problemi 3. Procesi – nedostatak suradnje između različitih strana u projektu, potpora vlade
Irak	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nedostatak potražnje od strane kupaca za projektima na kojima je implementiran BIM 2. Nedostatak podrške, odnosno ulaganja u BIM 3. Nepostojanje nacionalnog BIM standarda
Pakistan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nedostatak vladinih propisa o BIM-u 2. Nedostatak konferencija/seminara od strane organizacija o novim tehnologijama (npr. BIM) 3. Potrebno je restrukturiranje organizacija kako bi se usvojio BIM
Kina	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nedostatna podrška visokog menadžmenta 2. Nedostatak iskustva u usvajanju BIM-a 3. Visoka cijena BIM softvera/nedostatak prednosti koje donosi BIM

U nastavku istraživanja su na temelju preliminarne analize i razgovora sa stručnjacima iz poljske građevinske industrije određene 23 prepreke koje koče usvajanje BIM-a. One su

podijeljene u 5 grupa: ljudi, financije, metode, menadžment i tehnologija. U prvoj fazi uzročno-posljedične analize, određen je redoslijed najvažnijih grupa prepreka. Rezultati su pokazali da su najveći problem prepreke vezane za ljude, potom one vezane za financije. Prepreke vezane za metode i menadžment su iduće i one imaju jednaku važnost, dok su prepreke vezane za tehnologiju na posljednjem mjestu. U drugoj fazi uzročno-posljedične analize, određen je redoslijed najvažnijih prepreka unutar svake grupe. Naposljetku je pomoću stratifikacijske analize određeno jedanaest najvažnijih prepreka koje koče usvajanje BIM-a u Poljskoj. Te prepreke se javljaju i u drugim zemljama, a koja od tih prepreka će biti najveći problem u određenoj zemlji, ovisi o kulturi i bogatstvu te zemlje. U Poljskoj su najveći problemi koji koče implementaciju BIM-a: niska razina znanja o BIM tehnologiji i niska razina znanja o prednostima korištenja BIM tehnologije. Kao strategije za rješavanje ova dva problema, autori predlažu učestalije organiziranje obuka/tečajeva, kojima bi se BIM i njegove prednosti približile sudionicima u graditeljstvu. Još jedan veliki problem je niska cijena građevinske dokumentacije koja ne pokriva troškove implementacije BIM-a. Zbog toga je potrebno organizacijama (posebno malim i srednjim) pružiti financijsku podršku u vidu kredita za BIM hardver i softver, potpore za obuku zaposlenike, itd. Glavne prepreke koje usporavaju implementaciju BIM-a u Poljskoj prikazuje Slika 4.1 [62].



Napomena: Redni brojevi označavaju redoslijed prikazanih problema prema njihovoj važnosti.

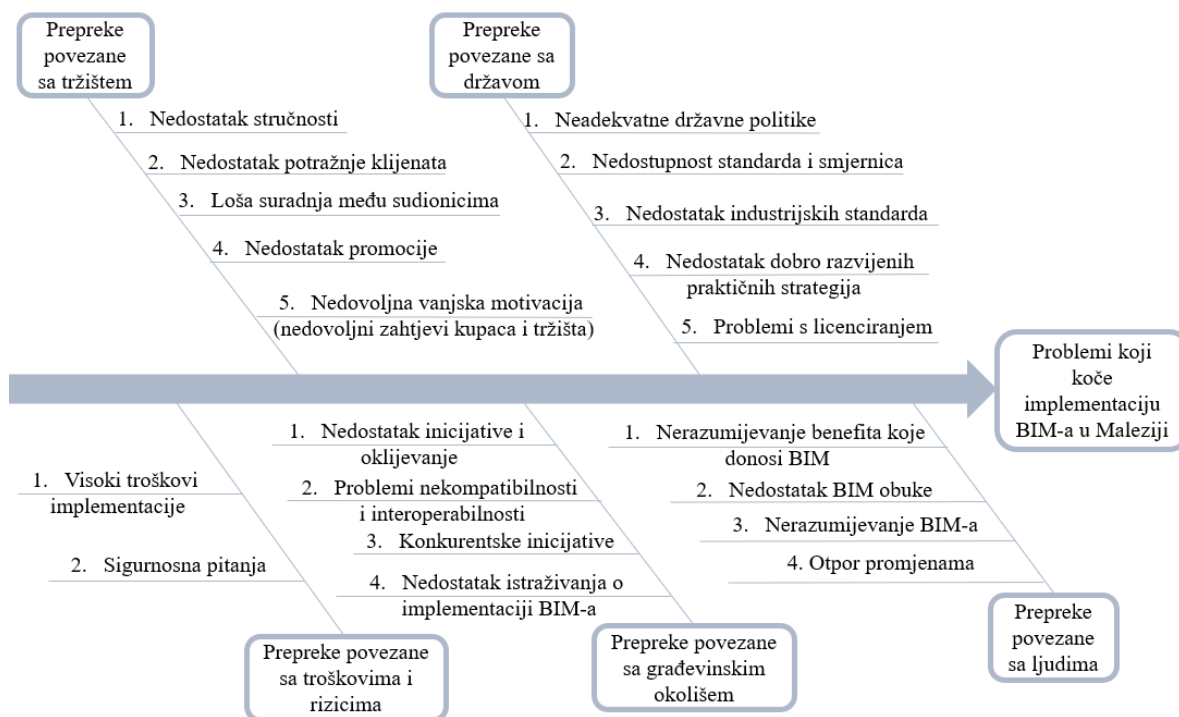
Slika 4.1 Ishikawa dijagram koji pokazuje probleme prilikom implementacije BIM-a u Poljskoj [62]

U drugom su istraživanju autori na temelju kvantitativne i kvalitativne analize razvili strategije za ublažavanje prepreka koje koče implementaciju BIM-a kod zemalja u razvoju, kao npr. Malezija. U prvoj fazi istraživanja su pregledom dostupne literature određene bitne prepreke koje koče implementaciju BIM-a u svijetu. Pomoću tih prepreka je sastavljen upitnik kojim su ispitani sudionici ovog istraživanja, a nakon ankete obavljen je i intervju sa nekim sudionicima. Dobiveni rezultati su potom kvantitativno i kvalitativno obrađeni, te su razvijene strategije za ublažavanje definiranih prepreka [63].

Pregledom dostupne literature utvrđene su slijedeće prepreke kod implementacije BIM-a u svijetu: visoki troškovi implementacije, nedostatak stručnosti, neadekvatne državne politike, nedostatak potražnje klijenata, loša suradnja među sudionicima, nerazumijevanje benefita koje donosi BIM, nedostatak standarda i smjernica, nedostatak BIM obuke, nedostatak promocije, nedostatak inicijative i oklijevanje, problemi nekompatibilnosti i interoperabilnosti, nedostatak industrijskih standarda, konkurentske inicijative, nedostatak dobro razvijenih praktičnih strategija, problemi s licenciranjem, sigurnosna pitanja, nedovoljna vanjska motivacija, nerazumijevanje BIM-a, nedostatak istraživanja o implementaciji BIM-a i otpor promjenama [63].

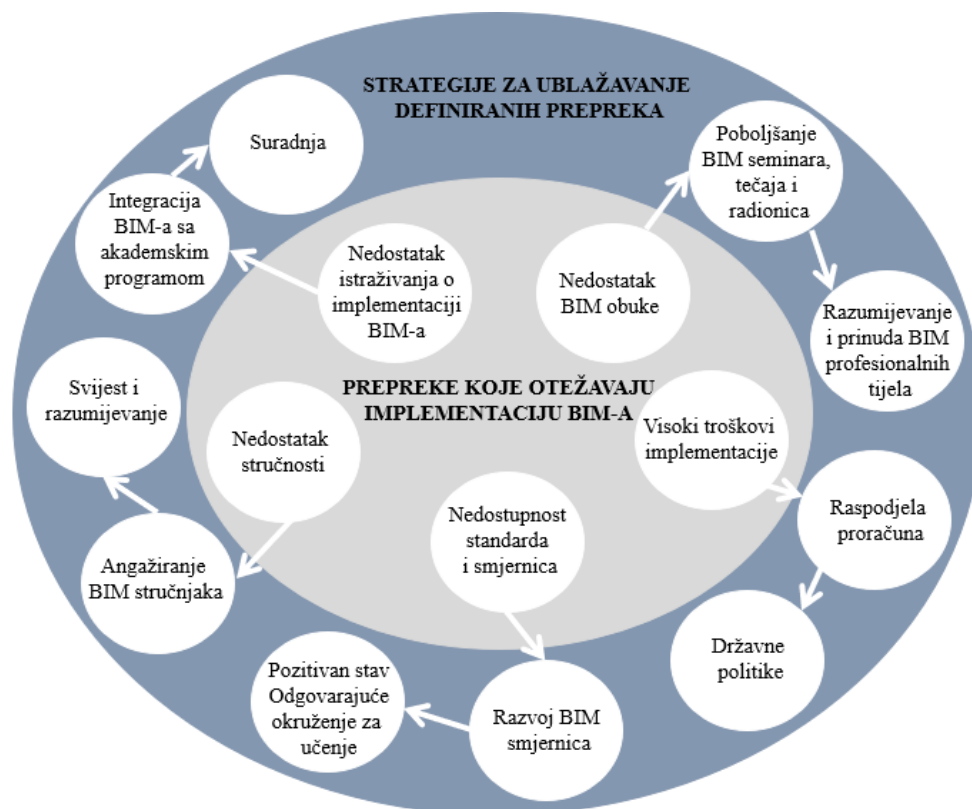
Na temelju prethodno nabrojanih prepreka sastavljen je upitnik koji se sastojao od tri dijela: ciljevi istraživanja, opća informiranost ispitanika, rangiranje prepreka pomoću Likertove ljestvice. Upitnikom je ispitano 185 osoba, koje su imale različitu razinu obrazovanja i radnog iskustva. Također, bili su članovi različitih vrsta poduzeća i u njima obnašali različite funkcije. Potom su odrađeni virtualni intervjui sa 20 BIM stručnjaka koji su prethodno ispitani anketnim upitnikom. Odabrani BIM stručnjaci su imali iskustvo rada u akademskoj zajednici, industriji i na konkretnim građevinskim projektima. Kriteriji prema kojima su birani BIM stručnjaci su slijedeći: radno iskustvo dulje od 5 godina, izvrsno obrazovanje i dobro poznavanje BIM-a na konkretnim građevinskim projektima. Kako je već rečeno, na kraju su svi prikupljeni podaci ispitani kvantitativnim i kvalitativnim metodama, korištenjem računalnih programa za statističku obradu podataka [63].

Na temelju dobivenih rezultata, ranije nabrojane prepreke su podijeljene u 5 karakterističnih grupa. Potom su unutar svake grupe, konkretne prepreke rangirane prema njihovoj važnosti. Grupe prepreka koje koče implementaciju BIM-a i njihovo rangiranje prema važnosti prikazuje Slika 4.2. Kao 5 najvažnijih prepreka, izdvojene su: nedostatak standarda i smjernica, nedostatak BIM obuke, nedostatak stručnosti, visoki troškovi implementacije i nedostatak istraživanja o implementaciji BIM-a. Strategije za otklanjanje istih prikazuje Slika 4.3 [63].



Napomena: Redni brojevi označavaju redoslijed konkretnih prepreka unutar određene grupe prepreka, prema njihovoj važnosti.

Slika 4.2 Ishikawa dijagram koji pokazuje probleme prilikom implementacije BIM-a u Maleziji [63]



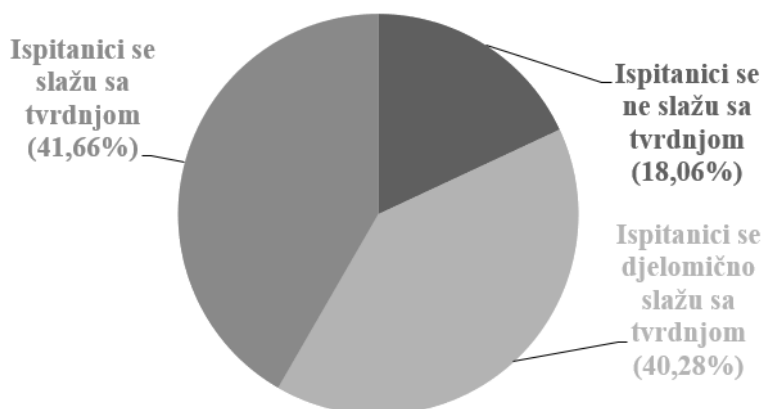
Slika 4.3 Strategije za ublažavanje definiranih prepreka u Maleziji [63]

Nedostatak standarda i smjernica je prepreka koja je karakteristična za zemlje u razvoju. Kako bi se otklonila ova prepreka, potrebno je izraditi BIM plan smjernica i potrebno je razviti pozitivan stav prema okruženju za učenje, kako bi se iste prihvatile. Nedostatak BIM obuke je također problem koji je karakterističan za slabije razvijene zemlje. Zbog toga je potrebno podići kvalitetu i učestalije provoditi razne tečajeve, seminare i radionice; kako bi se radnicima predočila važnost BIM-a i prikazali benefiti ove tehnologije. Organizaciju istih bi trebala provoditi BIM profesionalna tijela. Nedostatak stručnosti se može riješiti angažiranjem BIM stručnjaka iz razvijenih zemalja koje su već implementirale BIM, poput SAD-a ili Velike Britanije. Visoki troškovi implementacije su također karakteristični za zemlje u razvoju zbog slabijeg razvoja gospodarstva i niže kupovne moći. Kako bi se otklonila ova prepreka, država bi trebala pružiti financijsku pomoć organizacijama. Također, dodatnim angažmanom države, organizacije bi stekle više povjerenja u BIM. Nadalje, dobavljači BIM softvera bi trebali razmotriti modificiranje svojih poslovnih modela, kako bi smanjili početne troškove korištenja ovih tehnologija. Nedostatak istraživanja o implementaciji BIM-a se planira riješiti boljom integracijom BIM-a u akademski nastavni plan i program. Također, rješavanju ovog problema će pomoći i promicanje istraživačke kulture, te jačanje suradnje između sveučilišta.

Kada je riječ o Republici Hrvatskoj, konkretne prepreke koje koče implementaciju BIM-a, identificirali autori M. Vukomanović, A. Bogdan i S. Kolarić u svojem istraživanju iz 2016. i 2017. godine. Kao jedan od problema, autori ističu kako država premalo inzistira na uvođenju BIM-a u organizacije. Naime, rezultati ankete iz 2016. godine (Slika 4.4) pokazali su kako 41,66% ispitanika smatra kako RH treba zakonodavnim okvirom tražiti primjenu BIM-a na svim većim javnim projektima, 40,28% ispitanika ima podijeljeno mišljenje, a 18,06% ispitanika je zadovoljan trenutno situacijom. Rezultati ankete iz 2017. godine (Tablica 4.2) pokazuju da 79% ispitanika smatra kako je nužna regulacija BIM-a u fazi izvođenja, 75,81% smatra da je regulacija nužna u fazi projektiranja, a 72,02% smatra kako je regulacija nužna u fazi korištenja i održavanja građevine. Naprotiv, u fazi ishoda dozvola i koncepcijskoj fazi, sudionici imaju podijeljena mišljenja [37].

Također, rezultati ankete iz 2017. godine pokazali su da ispitanici još uvijek krivo shvaćaju BIM. Naime, 61,15% ispitanika misli da je BIM zapravo 3D računalni program. Nadalje, 64,70% ispitanika smatra kako su troškovi implementacije BIM-a previsoki, a 81,01% ispitanika smatra kako se kroz akademsko obrazovanje ne mogu usvojiti potrebna znanja i vještine za kvalitetnu primjenu BIM-a. Ispitanici su imali podijeljena mišljenja o tome postoji li na tržištu kvalitetan program za usavršavanje BIM stručnjaka, što se vidi na Tablica 4.3 [37].

Zakonodavnim okvirom RH treba zahtijevati primjenu BIM-a u svim većim projektima gradnje koji se financiraju iz javnih sredstava.



Slika 4.4 Slaganje ispitanika sa tvrdnjom da RH treba zakonodavnim okvirom regulirati primjenu BIM-a [37]

Tablica 4.2 Rezultati ankete iz 2017. godine o reguliranju primjene BIM-a u pojedinim fazama životnog ciklusa građevine [37]

Ocjene	Faze u kojima bi RH trebala regulirati primjenu BIM-a				
	Ishođenje dozvola	Koncepcija	Projektiranje	Izvođenje	Korištenje i održavanje
1	23,68%	23,80%	13,47%	12,25%	13,99%
2	22,42%	23,04%	10,72%	8,75%	13,99%
3	35,77%	34,68%	41,15%	43,00%	40,72%
4	18,13%	18,48%	34,66%	36,00%	31,30%

Napomena: Ocjene imaju slijedeća značenja: 1 – uopće se ne slažem, 2 – uglavnom se ne slažem, 3 – uglavnom se slažem i 4 – u potpunosti se slažem.

Tablica 4.3 Slaganje ispitanika iz 2017. godine sa navedenim tvrdnjama [37]

Tvrdnja	Ocjene			
	1	2	3	4
BIM je 3D računalni program	17,85%	21,00%	41,21%	19,94%
BIM je preskup za implementaciju u našem poduzeću	14,81%	20,49%	27,16%	37,54%
Tijekom obrazovanja inženjeri stječu nužne kompetencije za primjenu BIM-a	43,58%	37,43%	14,97%	4,02%
Na tržištu postoji kvalitetan program usavršavanja iz BIM-a	17,66%	35,63%	37,43%	9,28%

Napomena: Ocjene imaju slijedeća značenja: 1 – uopće se ne slažem, 2 – uglavnom se ne slažem, 3 – uglavnom se slažem i 4 – u potpunosti se slažem.

Odgovori ispitanika iz 2017. godine su pokazali da na hrvatskom tržištu trenutno postoji nedostatak BIM stručnjaka (Tablica 4.4), te da organizacije nisu sposobne same implementirati i potom koristiti BIM. Naime, 70,86% ispitanika smatra kako je organizacijama potreba pomoć konzultanata u fazi implementacije BIM-a, a 63,18% ispitanika smatra kako je pomoć konzultanata potreba tokom korištenja BIM-a. Zaključno, ispitanici smatraju kako sudionici građevinskih projekata još nisu spremni implementirati BIM, što prikazuje Tablica 4.5 [37].

Tablica 4.4 Stav ispitanika o pomoći konzultanata tokom implementacije i primjene BIM-a [37]

Ocjene	Pomoć konzultanata nužna je kod:	
	Implementacije BIM-a	Primjene BIM-a
1	8,29%	10,20%
2	20,85%	26,62%
3	46,73%	47,76%
4	24,13%	15,42%

Napomena: Ocjene imaju slijedeća značenja: 1 – uopće se ne slažem, 2 – uglavnom se ne slažem, 3 – uglavnom se slažem i 4 – u potpunosti se slažem.

Tablica 4.5 Stav ispitanika o tome koliko su sudionici građevinskih projekata spremni za implementaciju BIM-a [37]

Ocjene	Za primjenu BIM-a spremni su:				
	Investitori	Projektanti	Nadzorni inženjeri	Izvođači	Dobavljači
1	32,58%	18,54%	28,61%	43,58%	31,22%
2	42,36%	50,73%	51,65%	42,07%	45,24%
3	19,80%	26,10%	17,47%	11,59%	21,69%
4	5,26%	4,63%	2,27%	2,76%	1,85%

Napomena: Ocjene imaju slijedeća značenja: 1 – uopće se ne slažem, 2 – uglavnom se ne slažem, 3 – uglavnom se slažem i 4 – u potpunosti se slažem.

Na temelju svega navedenog, autori ističu da su glavne prepreke prilikom implementacije BIM-a na razini organizacije: visoki troškovi implementacije, potrebna pomoć konzultanata i

nedovoljna BIM edukacija. Kod implementacije BIM-a na razini projekta, autori ističu da su glavni problemi: neprepoznatljivost BIM profesije, nekompatibilnost BIM softvera, nespremnost sudionika građevinskog projekta na implementaciju BIM-a i nepostojanje reprezentativnog BIM projekta na hrvatskom tržištu [37].

Kako bi se potaknula učestalija primjena BIM-a na hrvatskom tržištu, potrebno je prvo stvoriti svijest o važnosti BIM-a kod aktera građevinskih projekata. Tome će pomoći učestalije organiziranje seminara, tečajeva i radionica; te bolja integracija BIM-a u akademski nastavni plan i program. Formiranje pozitivnog stava prema BIM-u, i prednostima koje donosi, trebalo bi potaknuti i organizacije da češće koriste BIM. Idući korak bio si sastavljanje nacionalnih standarda, smjernica, priručnika i predložaka. Zaključno, nakon što se izrade dokumenti koji će olakšati implementaciju i primjenu BIM-a, država bi trebala modificirati zakonodavni okvir i tražiti od organizacija obavezu primjenu BIM-a na građevinskim projektima koji su financirani javnim novcem [37].

4.2. Standardi koji olakšavaju implementaciju i korištenje BIM-a

Već je rečeno da pomoć prilikom uvođenja i korištenja BIM-a, mogu pružiti međunarodni i nacionalni standardi, norme, priručnici, predlošci i slični dokumenti. U nastavku će se navesti samo neki relevantni standardi koji pomažu prilikom implementacije i korištenja BIM-a:

- **BS EN ISO 19650-1:2018** - Organizacija i digitalizacija informacija o građevinskim objektima: koncepti i načela,
- **BS EN ISO 19650-2:2018** - Organizacija i digitalizacija informacija o građevinskim objektima: faza isporuke imovine,
- **BS EN ISO 19650-3:2020** - Organizacija i digitalizacija informacija o građevinskim objektima: faza isporuke imovine,
- **BS EN ISO 19650-4:2022** - Organizacija i digitalizacija informacija o građevinskim objektima: faza korištenja i upravljanja imovinom,
- **BS EN ISO 19650-5:2020** - Organizacija i digitalizacija informacija o građevinskim objektima: upute za sigurno upravljanje informacijama,
- **ISO/TS 12911:2012** - Namijenjena za informacijske (BIM) menadžere i dobavljače BIM softvera: upute za odobravanje BIM pristupa prije pokretanja radnih procesa,
- **ISO/TR 23262:2021** - Fokus je na interoperabilnosti između BIM i GIS sustava: mjere za poboljšanje,

- **CEN/TS 17623:2021** - Dokument identificira i pojašnjava atribute rasvjete za projektiranje i održavanje digitalnih zgrada: rasvjetna tijela i senzorski uređaji,
- **ISO 15686-4:2014** - Norma pruža smjernice za planiranje životnog vijeka građevine korištenjem BIM-a,
- **ISO 16739-1:2018** - Standard uključuje definiranje potrebnih podataka o građevinama tijekom njihova životnog ciklusa: IFC standard ,
- **ISO 16757-1:2015** - Definiira strukturu podataka za elektroničke kataloge građevinskih proizvoda: koncepti, arhitektura i model,
- **ISO 21597-1:2020** - Definiira otvoreni i sigurni format spremnika za razmjenu datoteka heterogene prirode,
- **ISO 22057:2022** - Predložci podataka za korištenje ekoloških deklaracija (*eng. Environmental product declarations - EPD*) građevinskih proizvoda unutar BIM-a,
- **ISO 23386:2020** - Metodologija za opisivanje, kreiranje i održavanje svojstava u međusobno povezanim rječnicima podataka: BIM i drugi digitalni procesi u gradnji,
- **ISO 23387:2020** - Predložci podataka za građevinske objekte koji se koriste u cjeloživotnom ciklusu objekta: koncepti i načela,
- **ISO 29481-1:2016** - Priručnik za dostavu informacija koji je namijenjen olakšavanju interoperabilnosti između različitih softvera: metodologija i format,
- **ISO 29481-2:2012** - Priručnik za dostavu informacija koji je namijenjen olakšavanju interoperabilnosti između različitih softvera: interakcijski okvir,
- **National BIM Standard – United States** - Standard koji se referencira na postojeće standarde i pruža najbolje poslovne prakse za digitalne građevine,
- **BS 8541-2:2011** - Daje preporuke i smjernice, te utvrđuje dizajn 2D građevinskih simbola koji se koriste unutar BIM-a,
- **CIC BIM Protocol Second Edition** - Protokol kojem je cilj omogućiti izradu informacijskih modela zgrada u definiranim fazama projekta,
- **CIC Outline Scope of Services for the Role of Information Management 2013** - Dokument koji opisuje ulogu informacijskog (BIM) menadžera na projektu,
- **CPIx Protocols** - Protokol unutar kojeg su definirani neki standardni BIM dokumenti,
- **RIBA Plan of Work 2020** - Organizira procese sastanaka, projektiranja, izgradnje, itd.,
- **NATSPEC National BIM Guide** - Nacionalni BIM standard na području Australije.

5. IMPLEMENTACIJA BIM PRISTUPA U ELEKTROPROJEKT D.D.

5.1. Općenito o poduzeću Elektroprojekt d.d.

Elektroprojekt d.d. je tvrtka sa dugom tradicijom projektiranja, utemeljena još 1949. godine. U početku je tvrtka bila specijalizirana za projektiranje termoelektrana i hidroelektrana. Tokom vremena se opseg djelatnosti dodatno širio na području energetike, zaštite prirode, upravljanja vodama i okolišem, te na području infrastrukturnih projekata (žičare i tramvajske pruge). Do 1953. godine, tvrtka je bila dominantna u projektiranju hidroelektrana, termoelektrana i trafostanica isključivo na domaćem tržištu. Od 1954. godine (hidroelektrana Zawgyi u Burmi), Elektroprojekt d.d. počinje djelovati i na međunarodnom tržištu. Od tada pa nadalje, tvrtka je sudjelovala na raznim projektima u SAD-u, Grčkoj, Španjolskoj, te zemljama u razvoju (Egipat, Iran, Indija, Alžir, Etiopija i Libija) [64].

Misija Elektroprojekta je stvaranje djelotvorne, održive i pouzdane ravnoteže između tehnologije i graditeljstva s jedne strane, te čovjeka i prirode s druge strane. Današnje djelatnosti društva su projektiranje, savjetovanje, te inženjering na području energetike, zaštite prirode, vodnog gospodarstva, javnih objekata, komunalne infrastrukture i telekomunikacija. Usluge koje pruža Elektroprojekt prikazuje Slika 5.1 [64].

Usluge koje pruža Elektroprojekt d.d.	
Programi osiguranja kvalitete, mjerenja i promatranja	Studije izvodljivosti i ocjene projekata
Projektiranje i analize pomoću BIM tehnologije	BIM projektni menadžment
Nostrifikacija projektne dokumentacije	Glavni projekti i izvedbeni projekti
Specifikacije i ponudbena dokumentacija	Strateške studije
Programi istražnih radova	Studije utjecaja na okoliš i prirodu
Idejna rješenja i idejni projekti	Informacijski i GIS sustavi
Projekti izvedenog stanja	Nadzor i organizacija građenja
Koordinacija, kolaboracija i analize sudara pomoću BIM-a	Savjetovanje i razvoj projekata
Revidiranje i kontrola BIM isporuka	Razvojne strategije i planovi

Slika 5.1 Usluge koje pruža tvrtka Elektroprojekt d.d. [64]

Ono čime se Elektroprojekt d.d. ponosi, jest kvalitetan sustav upravljanja tvrtkom. Naime, sustav upravljanja je usuglašen sa normama HRN EN ISO 9001:2015, HRN EN ISO 14001:2015 i HRN EN ISO 45001:2018. Također, sustav upravljanja je certificiran od strane *SGS Systems & Services Certification*, u skladu sa zahtjevima norme OHSAS 18001:2007. Neki od projekata na kojima je sudjelovala tvrtka su [64]:

- a) Magistralni plinovod Donji Miholjac - Belišće DN 400/50 bar (glavni projekt i izvedbeni projekt nadzemnih objekata),
- b) Hidroenergetski sustav Kosinj (idejni projekt, glavni projekt je u izradi),
- c) Elektrana-toplana Zagreb - Akumulator topline 1000 MWh, 150 MW (glavni projekt, izvedbeni projekt temelja akumulatora i crpne stanice, te elektrotehnički izvedbeni projekt),
- d) Retencija Burnjak - Hrvatska, Donja Stubica (glavni projekti i izvedbeni projekt evakuacijskih građevina).

Prethodno nabrojane projekte prikazuje Slika 5.2.



a) Magistralni plinovod Donji Miholjac - Belišće



b) Hidroenergetski sustav Kosinj



c) EL-TO Zagreb – Akumulator topline



d) Retencija Burnjak – Hrvatska, Donja Stubica

Slika 5.2 Projekti na kojima je sudjelovala tvrtka Elektroprojekt d.d. [64]

5.2. Implementacija BIM-a na nivou organizacije

Implementaciju BIM pristupa u organizaciji Elektroprojekt d.d. potaknulo je samo tržište. Naime, kako bi tvrtka ostala konkurentna na tržištu i pratila tokove modernih tehnologija, Elektroprojekt d.d. je bio primoran uvesti BIM. Sama odluka o implementaciji BIM-a došla je od strane vrhovnog menadžmenta.

Tvrtka je prije samog uvođenja BIM-a shvatila koliko je važno da taj proces vodi iskusna i stručna osoba. Zbog toga je prvo postupkom javnog natječaja angažiran BIM menadžer. Na toj je poziciji zaposlena stručna osoba sa višegodišnjim iskustvom implementacije BIM-a u raznim poduzećima, te koja ima veliko znanje o svim potrebnim BIM softverima, ali i ostalim aspektima. Prvi korak koji je poduzeo BIM menadžer bio je procjena BIM zrelosti tvrtke. U sklopu ove procjene analizirana je zrelost IT infrastrukture, kako bi se osigurali adekvatni uvjeti za implementaciju potrebnih BIM softvera i načina komunikacije. Također, analizirani su i ljudski resursi tvrtke, kako bi se procijenilo njihovo razumijevanje BIM-a, njihov entuzijazam i spremnost da prihvate ovaj novi način rada. Naravno, nemoguće je da samo jedna osoba uspješno provede implementaciju, pa je stoga osnovan poseban BIM odjel unutar organizacije. Hijerarhija tog odjela je slična onoj kako je prikazano na Slika 3.8. Za svaki strukovni odjel unutar organizacije (građevinsko-arhitektonski i elektro-strojarski biro), određen je po jedan BIM koordinator. Izuzetno je važno bilo da se na te pozicije imenuju ljudi koji su visokomotivirani, skloni prihvaćanju tehnoloških inovacija i koji razumiju važnost BIM-a. Na taj način su određeni ljudi koji će biti nositelji pozitivne promjene unutar svakog odjela i koji će služiti kao primjeri (mentori) osobama koje su manje zainteresirane za temu ili koje sporije usvajaju nove načine rada. Također, unutar svake struke su određeni BIM inženjeri i BIM tehničari koji su zaduženi za razvoj i kontrolu BIM modela.

Prethodno je naglašena potreba da se prilikom implementacije BIM uvrsti u dugoročnu strategiju tvrtke i da se kod zaposlenika stvori BIM vizija. Nakon što su dodijeljene uloge unutar BIM odjela, važan korak implementacije bio je da se BIM na adekvatan način prezentira svim zaposlenicima i odjelima unutar tvrtke. U tu svrhu su organizirane dvije prezentacije na razini organizacije, gdje je svim zaposlenicima predstavljeno informacijsko modeliranje građevina (BIM), prednosti koje ono donosi i glavni koraci samog postupka implementacije. Cilj ovih prezentacija bio je da zaposlenici koji nisu dio BIM odjela, ili oni na koje ova promjena ne utječe u velikoj mjeri, shvate važnost implementacije BIM-a.

Također, važan dio implementacije je bilo i osiguravanje kvalitetne izobrazbe svim zaposlenicima. Nakon što su se odredili BIM softveri koji će se u budućnosti koristiti,

organizirane su edukacije u obliku webinarima. Edukacije su se provodile netom prije početka projekta na kojem će se koristiti određeni softver, kako bi se spriječilo zaboravljanje sadržaja edukacije. Također, Elektroprojekt je osigurao i vanjsku podršku prilikom rada u pojedinim softverima. Naime, angažirana tvrtka koja je provodila edukaciju, tokom samih projekata bila je na dispoziciji svim zaposlenicima. Zaposlenici su mogli komunicirati s njom direktno ili indirektno preko BIM odjela, čija je zadaća bila zapisivanje svih pitanja i problema koji se javljaju u radu i rješavanje istih.

Prethodno su već identificirana dva problema s kojima se tvrtka susrela prilikom implementacije BIM-a. Prvi problem je nedostatak stručnog osoblja koje bi vodilo sam postupak implementacije. Taj problem je riješen angažiranjem iskusnog i kvalitetnog BIM menadžera. Drugi problem je bila izobrazba zaposlenika. Taj problem je riješen organiziranjem edukacija u obliku webinarima i osiguravanjem vanjske podrške. Također, bio je prisutan i problem djelomičnog otpora zaposlenika prema promjenama. Taj problem je karakterističan u većoj ili manjoj mjeri za sve organizacije koje implementiraju BIM. Ovaj problem je riješen tako što su u postupak implementacije prvo uključeni visokomotivirani zaposlenici, koji spremno prihvaćaju nove načine rada i nove digitalne alate (BIM koordinatori). Obzirom da su za rad na projektima, odabrani programi iz Autodesk-ovog portfelja proizvoda (Revit i Civil 3D), još jedan problem s kojim se susrela tvrtka su karakteristične familije proizvoda. Dio familija proizvoda je zatražen od samih proizvođača, a dio su napravili sami zaposlenici nakon što su bili obučeni za rad u spomenutim programima. Naposljetku, dio zaposlenika se nije pridržavao dogovorenih pravila zbog već ustaljenih načina rada. Taj problem se riješio pojačanom kontrolom njihova rada i ukazivanjem na odstupanja od definiranih pravila.

5.3. Implementacija BIM-a na nivou projekata

Sam postupak implementacije je tekao u skladu sa serijom normi ISO 19650, odnosno u skladu sa zahtjevima za implementaciju BIM 2 razine zrelosti. Prije početka samog rada na projektu, razvijeni su za potrebe tvrtke svi relevantni predlošci sastavnica, tablica, kotnih stilova, izvještaja, itd. Dogovorena su i sva pravila koja su vezana za stvaranje pojedinih BIM modela (LOD-ovi, referentni koordinatni sustav, stilovi prikaza, itd.), spajanje pojedinih modela u agregatni BIM model, razmjenu BIM modela među suradnicima (format, očekivane isporuke i rokovi), isporuku projekta investitoru (format razmjene, rokovi razmjene, opseg pojedinih razmjena), radne postupke, itd. Također, određena su pravila vezana za stvaranje, imenovanje i pohranjivanje svih generiranih dokumenata i datoteka. Kako bi se olakšala i organizirala

komunikacija između projektnih suradnika, za svaki BIM projekt je stvoren centralni direktorij.

Na tom mjestu su sudionici BIM projekata kreirali, spremali i razmjenjivali projektne dokumentacije. Direktorij je organiziran slično kako je prikazano na Slika 3.9. Postojala su 4 spremnika informacija, a to su: radno, predano, dijeljeno i arhivirano. Tok informacija između pojedinih spremnika je bio onakav, kako je prethodno opisano.

Kao što je već rečeno, za izradu BIM modela su korišteni Autodesk-ovi softveri Revit i Civil 3D. Također, za pregled i ocjenu BIM modela je korišten Autodesk-ov softver Navisworks Manage. Još neki softveri koji ne pripadaju Autodesk-ovom portfelju su korišteni za specifične analize, poput softvera Tekla Structures. Kao prikladni formati za razmjenu BIM modela, odabrani su Autodesk-ovi formati .dwg i .rvt. Iako međunarodne smjernice sugeriraju korištenje IFC formata za razmjenu datoteka, ovdje su primarno korišteni .dwg i .rvt format jer većina korištenih BIM softvera pripadaju Autodesk-ovom portfelju proizvoda. Za sastavljanje agregatnog BIM modela, korišten je format datoteke .nwd, koji je također Autodesk-ov format. IFC format je korišten u manjoj mjeri, kada su u razmjenu bile uključene datoteke koje nisu nastale u nekom od korištenih Autodesk-ovih softvera.

U nastavku će se detaljnije opisati dva projekta na kojima je primijenjen BIM pristup. Obzirom da se u sklopu projekta radila tehnička dokumentacija za glavni projekta, kao prikladna razina razvijenosti BIM elemenata odabrana je razina LOD 300. Valja napomenuti da na projektima investitor nije definirao uporabu LOD-ova, tako da je tvrtka proizvoljno odredila da se koristi LOD 300.

Korišteni BIM postupci tokom projekata su idući: analiza sustava građevine, projektiranje i dizajn, inženjerske analize, 3D koordinacija, pregled i ocjena uspješnosti projektnog rješenja, količine materijala i procjene troškova.

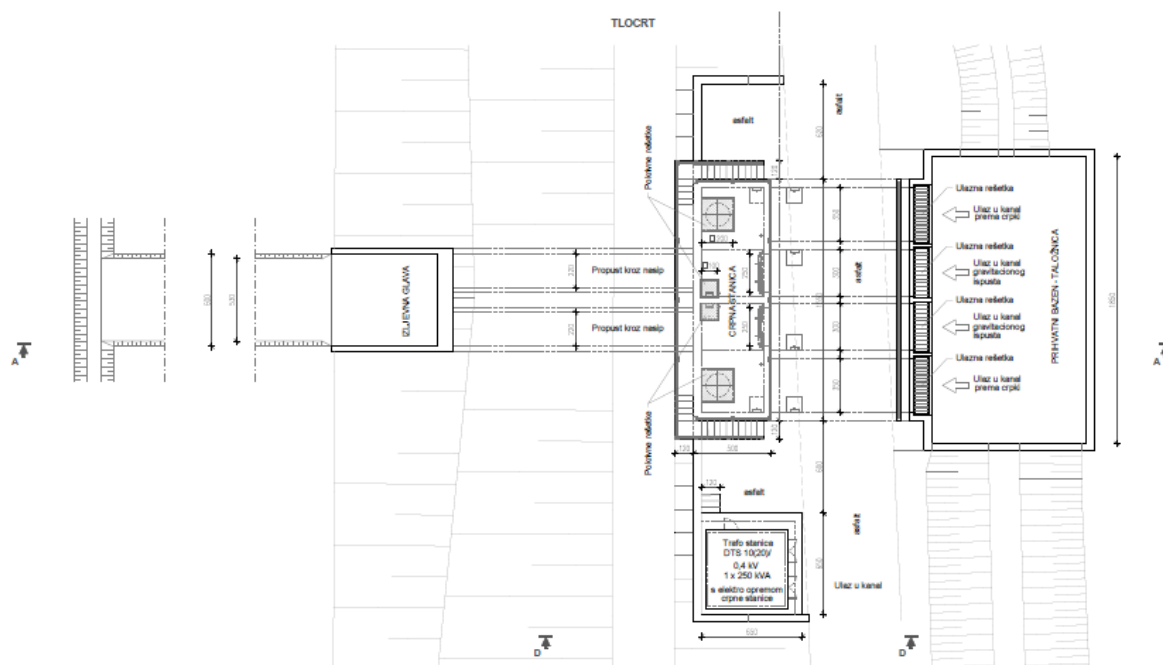
Važno je napomenuti da su sva prethodno usuglašena pravila, kao i razvijeni predlošci, testirani na jednom pilot-projektu prije nego su se primijenili na projektima koji će biti opisani. Tokom rada na pilot-projektu, BIM odjel je dokumentirao korištene BIM postupke, prikladnost i poštivanje dogovorenih pravila, adekvatnost razvijenih predložaka, probleme koji su se javljali u svakodnevnom radu inženjera, te predložena poboljšanja. Tako su se efikasno uočile mane inicijalno postavljenog BIM pristupa, te su definirane korektivne mjere. Na temelju bilješki o pilot-projektu, BIM pristup je dodatno prilagođen poslovanju i radu tvrtke, kako bi se maksimizirale sve prednosti koje ova tehnologija donosi.

Zbog poslovnih tajni, u nastavku se ne mogu iznositi konkretna imena projekata, podaci o investitoru, lokacije građevina i slično. Stoga su projekti nazvani Projekt „A“ i Projekt „B“.

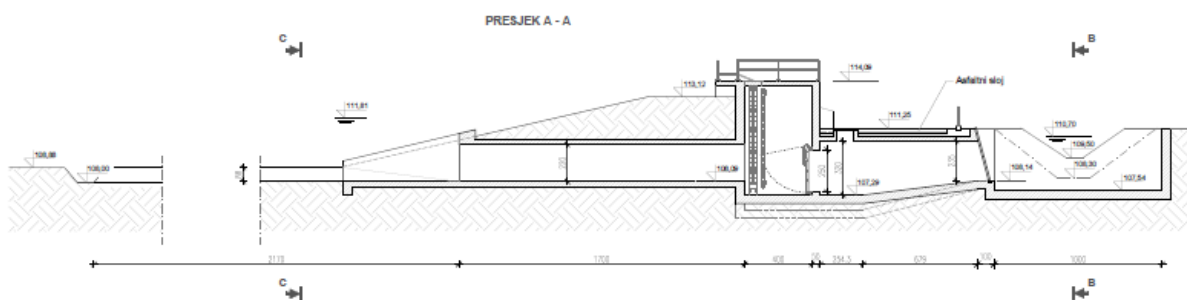
5.4. Projekt „A“

U sklopu ovoga projekta je rađena projektna dokumentacija za glavni projekt crpne stanice. Crpna stanica je namijenjena odvođenju velikih voda zaobalja u prokop, u uvjetima kada radi velikih voda u prokopu i velikih zaobalnih voda, nije moguća gravitacijska odvodnja. Na taj način, crpna stanica će pridonijeti zaštiti gorskog dijela Republike Hrvatske od poplava.

Objekt crpne stanice se sastoji od: prihvatnog bazena - taložnice za prihvat zaobalnih voda, četiri dovodna kanala do objekta crpne stanice, objekta crpne stanice sa dva predviđena crpna agregata i hidromehaničkom opremom, te objekta propusta kroz nasip sa izljevnom glavom. Dijelove objekta crpne stanice prikazuje Slika 5.3 i Slika 5.4.

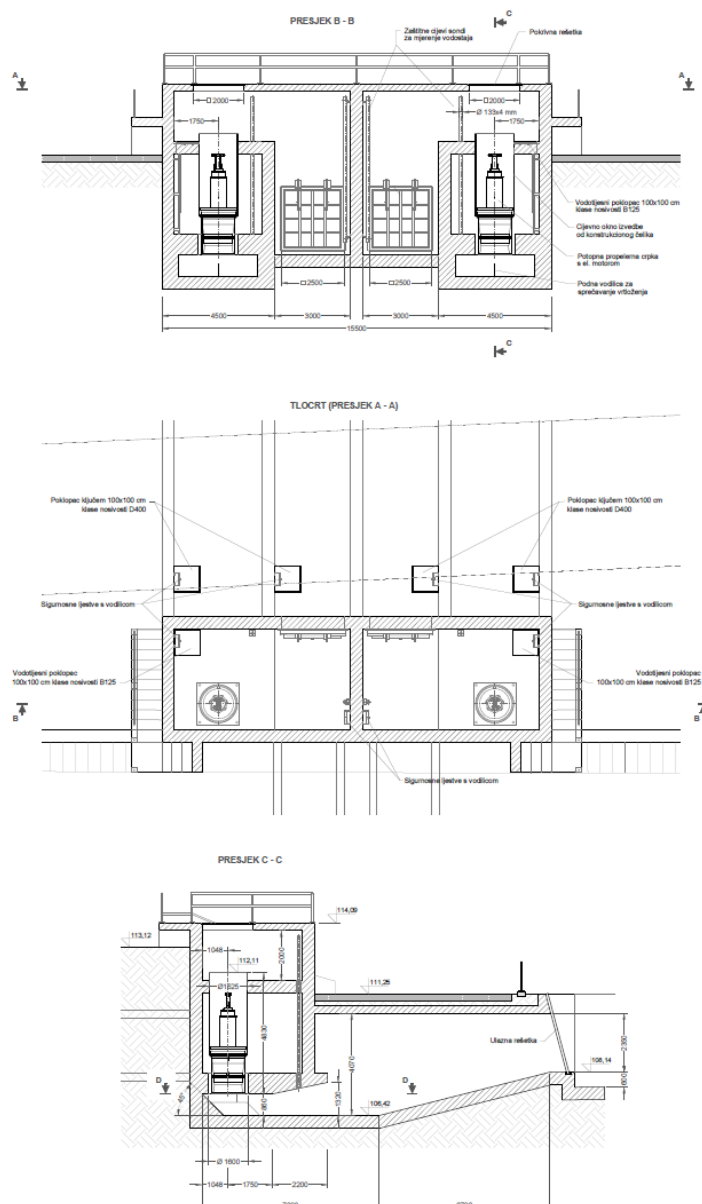


Slika 5.3 Tlocrtni pogled na crpnu stanicu



Slika 5.4 Presjek A-A crpne stanice

Sa svake strane objekta crpne stanice, predviđeni su pristupni platoi. Unutar južnog platoa, smještena je transformatorska stanica sa prostorijom za smještaj razvodnih ormara crpne stanice. Kako bi se transformatorska stanica dodatno zaštitila, smještena je na povišenom nasipu unutar platoa. Na ulazu u prihvatni bazen, postavljena je žablja zaklopka. Objekt crpne stanice je zamišljen kao komora koja je spojena sa prokopom pomoću dva gravitacijska propusta kroz nasip. Komora je podijeljena na dva dijela, koji su na odgovarajućoj visini povezani s tlačnim izlazom crpki. Na ulazu u svaku komoru je ugrađena tablasta zapornica u svrhu reguliranja gravitacijskog i tlačnog istjecanja u prokop. Na ulazima dovodnih kanala su ugrađene fine rešetke. Prethodno opisane komore crpne stanice prikazuje Slika 5.5.



Slika 5.5 Prikaz komora crpne stanice

Kada u zaobalju ne dolazi do skupljanja velikih voda, tablaste zapornice su podignute. Voda se skupa u prihvatnom bazenu, pomoću dva gravitacijska dovodna kanala dolazi do crpne stanice, te se pomoću dva gravitacijska propusta kroz nasip odvodi dalje u prokop. Kada pak dolazi do skupljanja velikih voda u zaobalju i prokopu, voda se također skuplja u prihvatnom bazenu, ali zbog velikih voda u prokopu, gravitacijska odvodnja nije moguća. Zbog toga se tablaste zapornice spuštaju, te se voda upućuje pomoću dva tlačna dovodna kanala na crpne agregate. Oni potiskuju vodu koja se na tlačnom izlazu crpnih agregata preljeva u donji dio komore, te se pomoću dva gravitacijska propusta kroz nasip odvodi dalje u prokop.

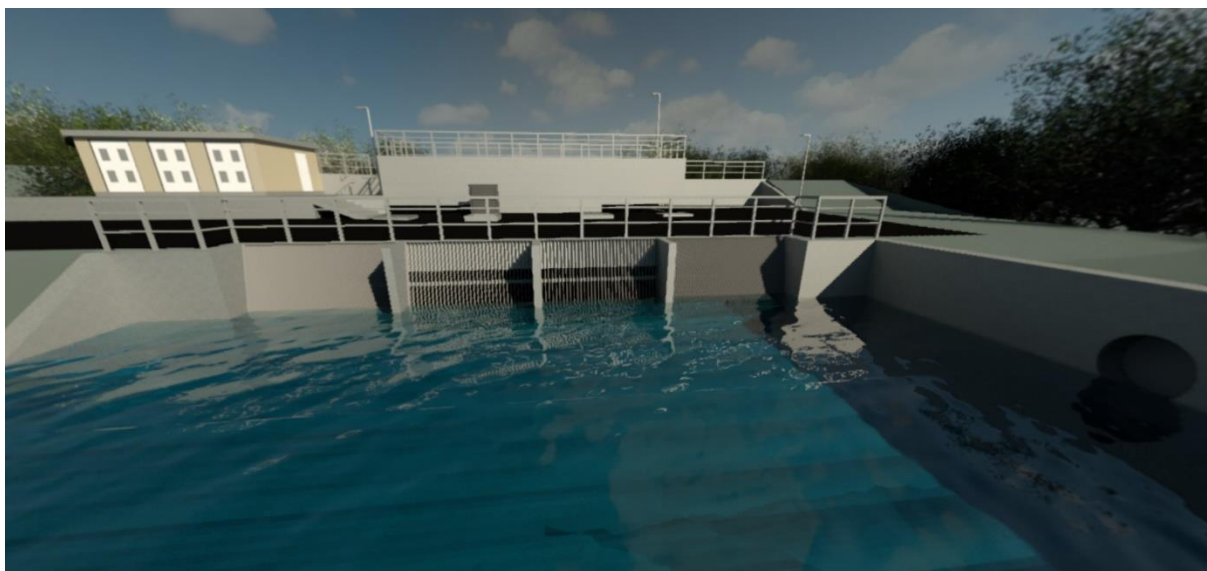
Strojarski dio projekta, obuhvaćao je strojarski dio crpne stanice i strojarske/upravljačke kućice, koji uključuje hidromehaničku i strojarsku opremu nužnu za funkcioniranje objekta. Na ulazu u dva gravitacijska dovodna kanala, ugrađene su fine rešetke dimenzija 3,310 m x 3,300 m s nagibom od 75° i osnim razmakom od 100 mm između vertikalnih lamela dimenzija 80 mm x 10 mm. Na ulazu u dva tlačna dovodna kanala, koji vode prema crpnim agregatima, ugrađene su fine rešetke dimenzija 3,310 m x 3,650 m s nagibom od 75° i osnim razmakom od 50 mm između vertikalnih lamela dimenzija 80 mm x 10 mm.

Oprema crpne stanice uključuje dva crpna agregata (pogonjena elektromotorom), s time da je jedan crpni agregat radni, a drugi služi kao rezerva. Ukupna snaga crpnih agregata iznosi 2 x 210 kW, s time da će u radnom režimu raditi samo jedan od njih. Koncept rada crpnih agregata je takav da se jedan od njih automatski uključuje u slučaju kada vodostaj u prokopu ne dozvoljava gravitacijsku odvodnju, a vodostaj u zaobalju dosegne dovoljno visoku vrijednost da postoji ugroza od poplavlivanja. Pritom se rad crpnih agregata regulira (pomoću frekvencijskog pretvarača u rasponu od 35 do 50 Hz) na način da se vrši prilagodba kapaciteta ovisno o količini dotoka vode iz zaobalja. Odabrane crpke su potopnog tipa sa propelerima na rotoru. Podzemni dio objekta, gdje su smješteni crpni agregati, oblikovan je za postizanje optimalnih brzina strujanja, te za sprječavanje vrtloženja i usisavanja zraka. Nadzemni dio objekta, gdje su smješteni crpni agregati, određen je sukladno proračunskom maksimalnom vodostaju koji se može pojaviti u prokopu.

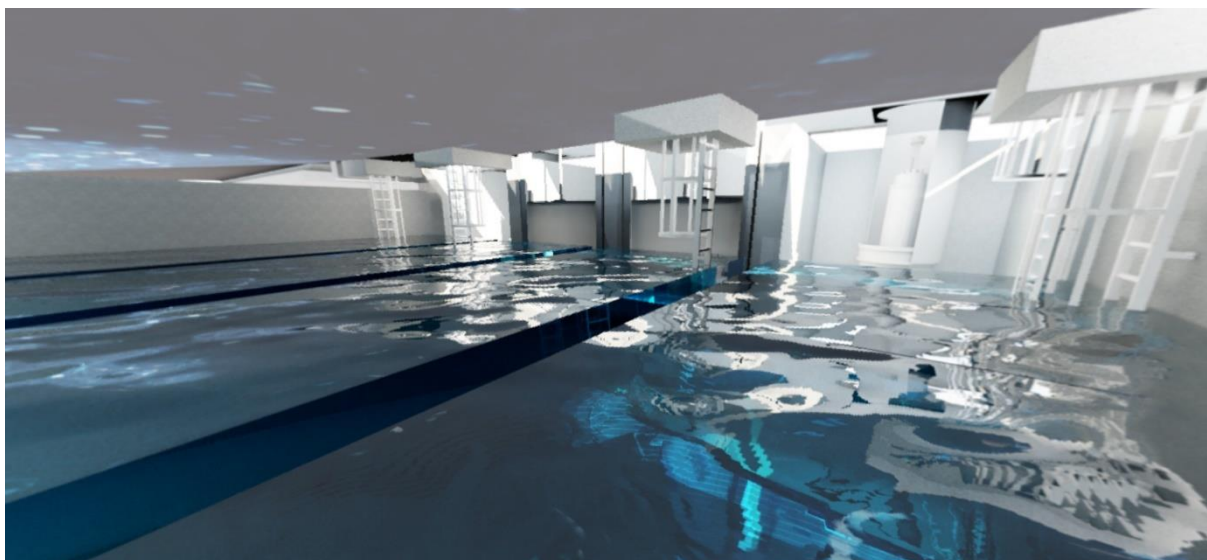
Tablaste zapornice, ugrađene na spoju komora crpne stanice i dva dovodna gravitacijska kanala, su dimenzija 2,5 m x 2,5 m. Mehanizam za njihovo podizanje je pogonjen elektromotorom, ali može biti i ručno pogonjen. Zapornice su izrađene od nehrđajućeg čelika velike korozijske otpornosti, a brtvljenje je izvedeno pomoću guma karakterističnog profila.

Na otvorima crpne stanice za pristup, ugradnju i održavanje opreme; postavljen je su gazne rešetke, te poklopci iznad njih. Ispod gaznih rešetki se nalaze i ljestve kako bi se moglo

pristupiti dovodnim kanalima i crpnim agregatima. Unutar strojarskog dijela glavnog projekta, propisani su još: uvjeti i zahtjevi za ispunjenje tehničkih svojstava i temeljnih zahtjeva građevine, vijek uporabe građevine, uvjeti održavanja, itd. Vizualizacije projektnog rješenja, koje su nastale korištenjem Revit-a, prikazuju Slika 5.6 i Slika 5.7.



Slika 5.6 Pogled na prihvatni bazen, dovodne kanale, transformatorsku stanicu i objekt crpne stanice [64]



Slika 5.7 Pogled iz dovodnih kanala prema crpnim agregatima i tablastim zapornicama [64]

5.5. Projekt „B“

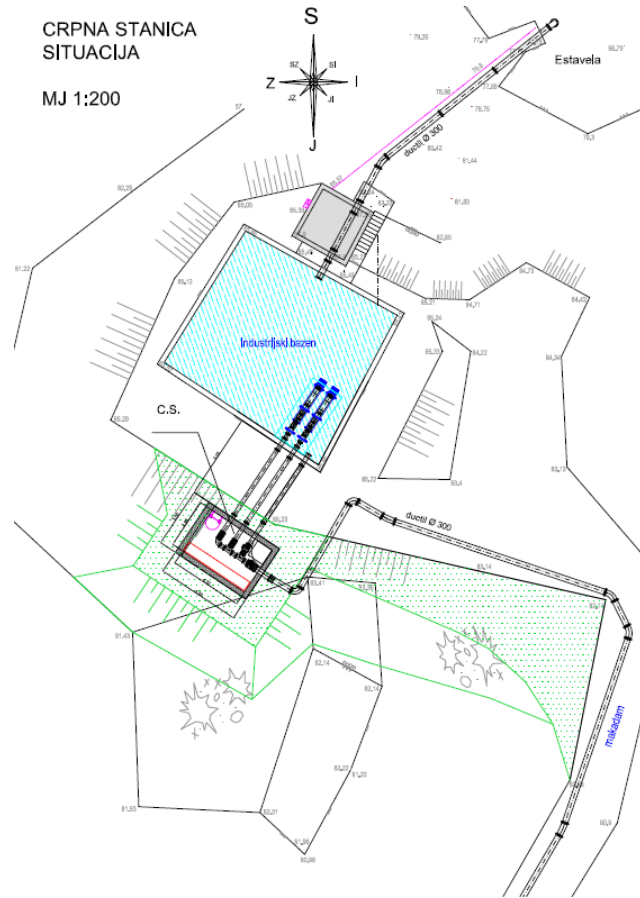
U sklopu ovog projekta, rađena je projektna dokumentacija za glavni projekt sustava navodnjavanja poljoprivrednih površina u dalmatinskom zaleđu. Na području poljoprivrednih površina se odvija proizvodnja povrtnarskih i voćarskih kultura, a razvojem sustava navodnjavanja se s vremenom namjeravaju povećati proizvodne površine i kvaliteta uroda. Na planiranom području zahvata, nalazi se postojeći sustav navodnjavanja koji se sastoji od: estavele iz koje se crpi voda pomoću jedne crpke, tlačnog cjevovoda kojim je estavela spojena sa crpnom stanicom, te industrijskog bazena koji služi za sakupljanje vode iz estavele.

Ovim projektom predviđa se sanacija i nadogradnja postojećeg sustava navodnjavanja, što uključuje sljedeće:

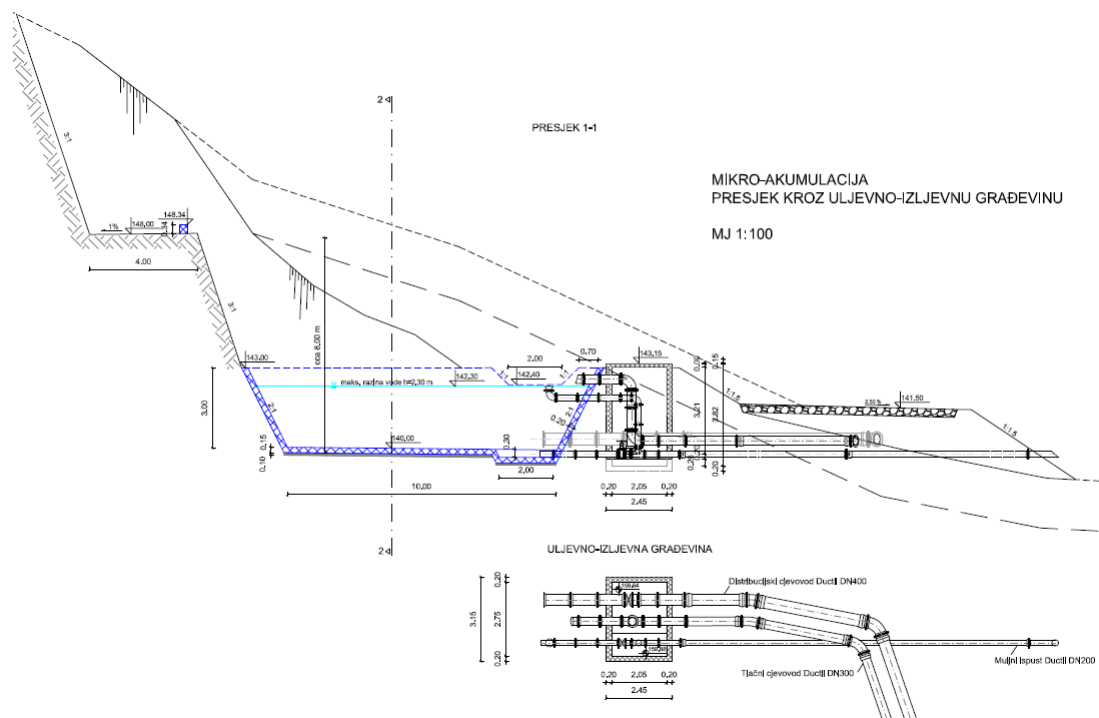
- uklanjanje postojeće crpke iz estavele, ugradnju dvije nove crpke u estavelu, te izmjenu i nadogradnju postojećeg tlačnog cjevovoda do industrijskog bazena,
- sanaciju otvorenog industrijskog bazena i ugradnju novih crpki u njega,
- izgradnju nove crpne stanice,
- izgradnju tlačne distribucijske mreže od industrijskog bazena do mikro-akumulacijskog jezera,
- izgradnju mikro-akumulacijskog jezera i gravitacijske distribucijske mreže do polja.

Komponente planiranog sustava navodnjavanja (bez mikro-akumulacijskog jezera i gravitacijske distribucijske mreže) prikazuje Slika 5.8. Prikaz mikro-akumulacijskog jezera i dijela gravitacijske distribucijske mreže daje Slika 5.9.

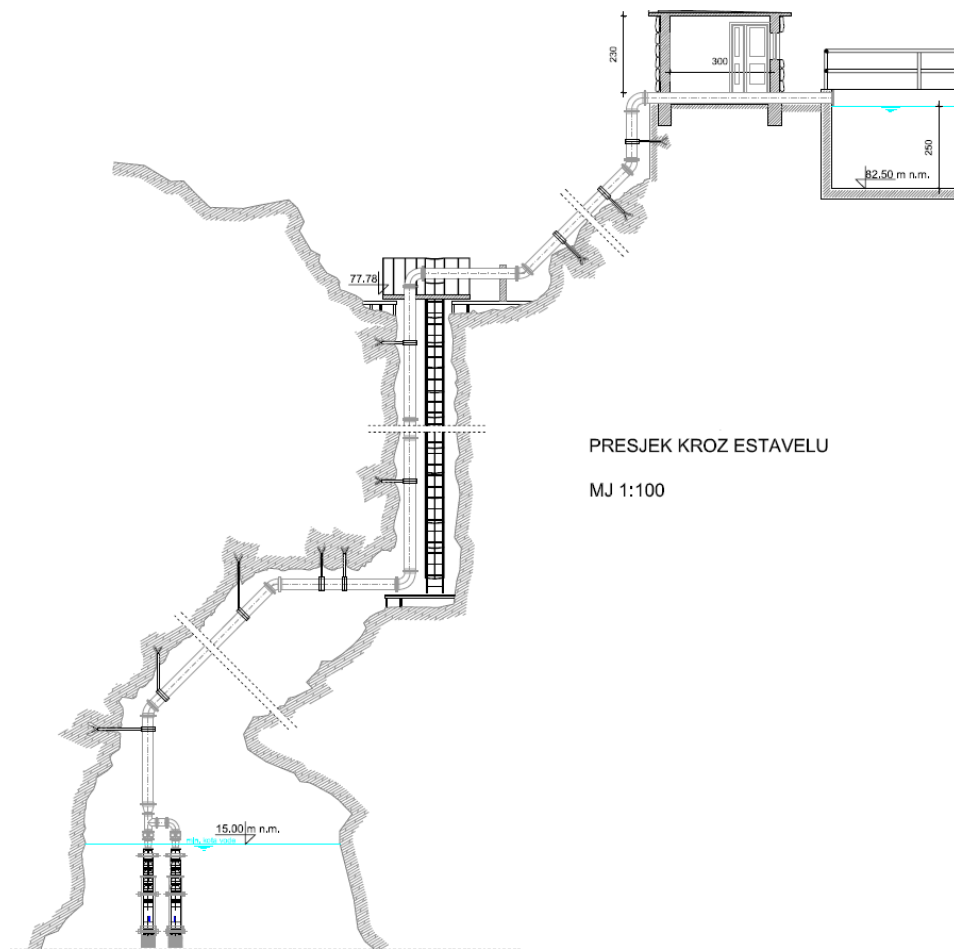
U estaveli se nalazi podzemno jezero čija je površina na dubini od 70m, mjereno od površine postojećeg industrijskog bazena. Od 1970. godine, voda se crpi iz estavele u otvoreni industrijski bazen (volumen bazena je približno 300 m³) pomoću jedne crpke i tlačnog cjevovoda. U okviru ovog projekta, planira se izmjena tlačnog cjevovoda, čiji će se promjer povećati na DN 300. Također, postojeća crpka se uklanja iz estavele, a ugrađuju se dvije nove potopne crpke. One će imati kapacitet od 100 l/s, visinu dizanja od 80 m, te snagu od 132 kW. Crpke će imati automatsko upravljanje, te će raditi u izmjeničnom režimu rada. Odnosno jedna crpka će biti radna, a druga će služiti kao rezerva. Punjenje industrijskog bazena, odvijat će se istodobno sa punjenjem mikro-akumulacijskog jezera na temelju praćenja razine vode u mikro-akumulacijskom jezeru. Napajanje i upravljanje opisanim crpkama, predviđeno je iz glavnog razvodnog ormara, koji će biti smješten unutar nadzemnog dijela novoizgrađene crpne stanice. Prikaz estavele, novih crpki, novog tlačnog cjevovoda i industrijskog bazena daje Slika 5.10.



Slika 5.8 Prikaz planiranog sustava navodnjavanja bez mikro-akumulacijskog jezera i gravitacijske distribucijske mreže



Slika 5.9 Prikaz mikro-akumulacijskog jezera i dijela gravitacijske distribucijske mreže



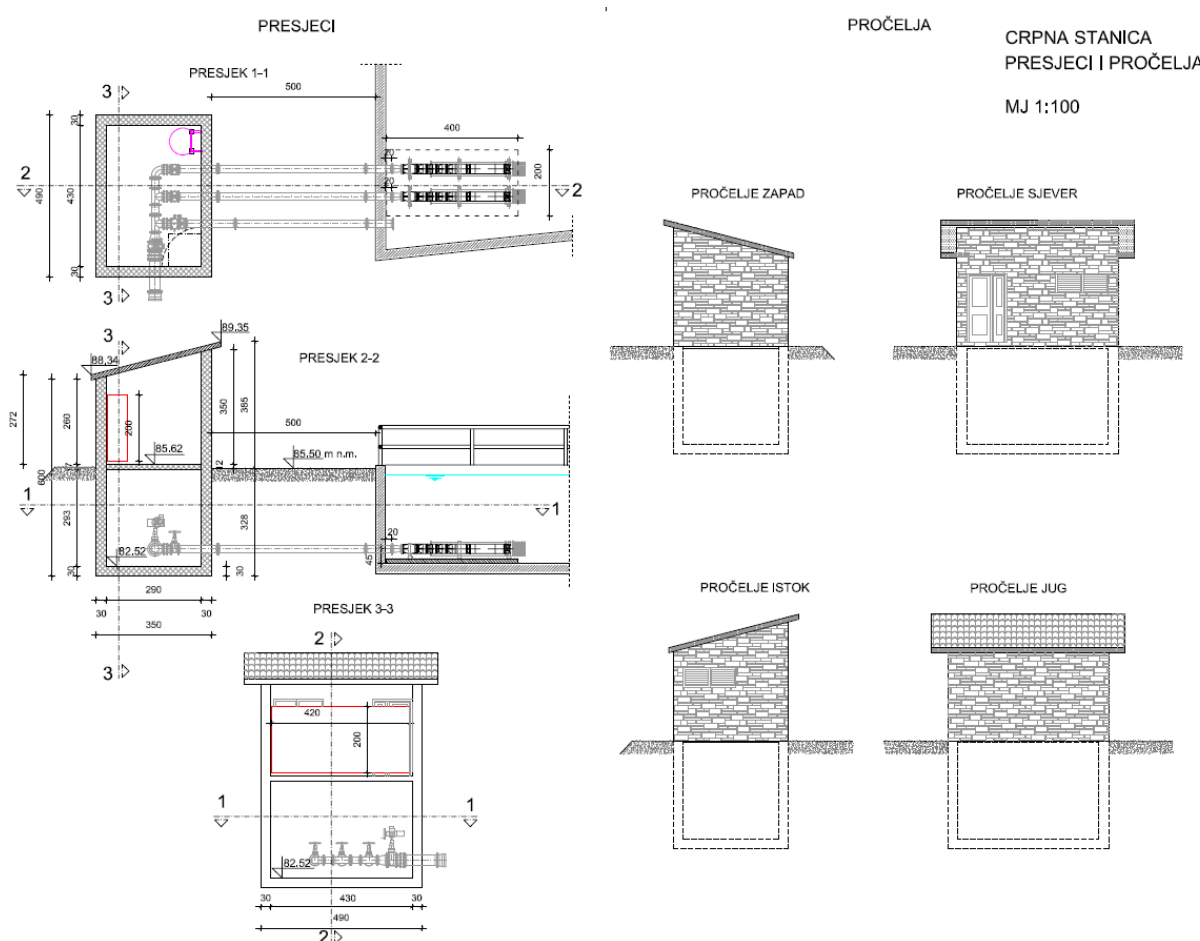
Slika 5.10 Prikaz estavele, novih crpki, novog tlačnog cjevovoda i industrijskog bazena

Na postojećoj crpnoj stanici će se sanirati krov i zidovi. Međutim, ta građevina više neće imati funkciju crpne stanice jer će se sva elektro-oprema smjestiti u novu crpnu stanicu. Na postojećem industrijskom bazenu će se sanirati armiranobetonska konstrukcija kako bi bazen bio potpuno vodonepropustan, te će se isti ograditi sa novom ogradom. U industrijski bazen će se ugraditi dvije nove, horizontalne, potopne crpke. One će imati kapacitet od 100 l/s, manometarsku visinu dizanja od 70 m i snagu od 110 kW. Također, crpke će imati automatsko upravljanje, te će raditi u izmjeničnom režimu rada. Pomoću ovih crpki će se dopremati voda iz postojećeg industrijskog bazena u mikro-akumulacijsko jezero. Napajanje i upravljanje ovim crpkama, bit će isto kao i za crpke koje će se smjestiti u estavelu.

Nova crpna stanica će biti smještena oko 5m južno od postojećeg industrijskog bazena. Također, lokalni zemljani put između ova dva objekta će se proširiti na 5 m i služiti će kao pristupna cesta za potrebe održavanja. Objekt nove crpne stanice će biti pravokutnog oblika (3,5 m x 4,9 m) i imat će dvije razine:

- podzemni dio koji će služiti kao zasunska komora,
- nadzemni dio gdje će se nalaziti elektro i druga oprema.

Ulaz u nadzemni dio nove crpne stanice, predviđen je sa sjeverne strane. Kako bi se moglo pristupiti podzemnom dijelu, u podu će se ostaviti rupa koja će biti pokrivena poklopcem. Ispod rupe će se nalaziti ljestve sa leđobranom. Vršno opterećenje objekta se procjenjuje na oko 250 kW. Prikaz nove crpne stanice daje Slika 5.11.

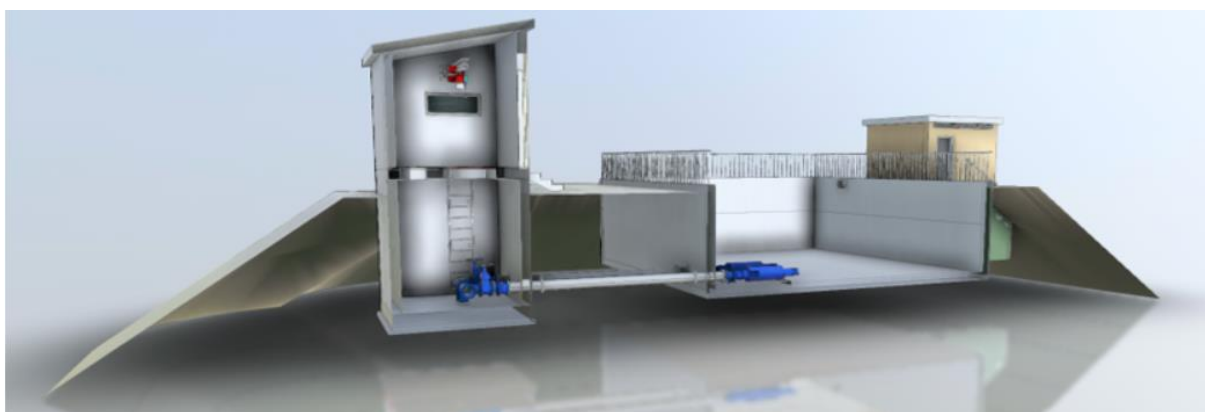


Slika 5.11 Prikaz nove crpne stanice

Dovodni cjevovod od nove crpne stanice do mikro-akumulacijskog jezera predstavlja tlačni cjevovod DN 300, PN 10. Dužina cjevovoda će biti 1.060,00 m.

Mikro-akumulacijsko jezero će se izgraditi iskopom na strateški odabranoj lokaciji nakon izgradnje pristupnog puta. Jezero će biti obloženo mlaznim betonom debljina 10 do 15 cm, a isto će se zaštititi poliuretanskim premazom. Oko nizvodnog dijela bazena će se napraviti nasip, a u tijelu nasipa, na izabranoj lokaciji, izgradit će se uljevno-izljevno okno. Volumen jezera će

biti 2.200,00 m³, a maksimalna dubina vode 2,3 m. Za upravljanje punjenjem i pražnjenjem jezera, predviđa se ugradnja fotonaponskog panela. Popratna oprema će se ugraditi u uljevno-izljevno okno. Do mikro-akumulacijskog jezera će se izgraditi pristupni makadamski put, koji će biti spojen sa postojećim lokalnim putem. Gravitacijska distribucijska mreža će biti izgrađena od cijevi promjera DN 100 do DN 400, a ukupna duljina mreže će biti oko 9.000,00 m. Naposljetku će se omogućiti priključak svim proizvodnim parcelama pomoću sustava hidranata. Za izradu hidrantske mreže će se koristiti cijevi promjera manjeg od DN 100, čija će ukupna duljina biti 1.200,00 m. Cijevi će se položiti na pješčanu posteljicu tako da tjeme cijevi bude minimalno 0,8 m ispod postojećeg terena. Vizualizacije projektnog rješenja, koje su nastale korištenjem Revit-a, prikazuju Slika 5.12 i Slika 5.13.



Slika 5.12 Vizualizacija nove crpne stanice i saniranog industrijskog bazena [64]



Slika 5.13 Vizualizacija zasunske komore nove crpne stanice [64]

6. ZAKLJUČAK

Namjena prethodno opisana dva projekta je iznimno važna za lokalno stanovništvo Republike Hrvatske. Projekt „A“ bi trebao zaštititi dio RH od poplavljanja, u krajevima gdje su poplave česte u proljetnom i jesenskom dijelu godine. Projekt „B“ bi trebao povećati kapacitete poljoprivrednih zemljišta u dalmatinskom zaleđu, te bi trebao povećati kvalitetu uroda. Zbog toga je iznimno važno da se ova dva projekta realiziraju unutar predviđenog roka i da kvaliteta izvedenih radova bude na zadovoljavajućem nivou. Kako bi se to osiguralo, tvrtka Elektroprojekt d.d. je odlučila implementirati BIM u fazu projektiranja ovih građevina/sustava. Korištenje BIM pristupa na ova dva projekta je donijelo brojne prednosti. 3D model građevine je omogućio bolju vizualizaciju projektnih rješenja. Također, takav pametni model je olakšao pristup projektnim sudionicima ka bitnim i relevantnim informacijama (količina, cijena, detalji, plan izvođenja, itd.) koje su sadržane u modelu. Poboljšana je koordinacija i suradnja između pojedinih struka međusobno. Analize sudara koje su se radile između modela pojedinih struka, kao i modela iste struke, podigle su kvalitetu projekata. Informacije koje su nastale u različitim BIM softverima su brzo i lako povezane. Također, omogućeno je brže i lakše donošenje bitnih odluka o projektu uz pomoć vizualizacija i brzog provođenja promjena. Potencijalni problemi su rano uočeni i otklonjeni što je optimizaciju projekata učinilo bržom, lakšom i jeftinijom. Precizni proračuni količina su omogućili precizno formiranje troškovnika. Također, troškovnici i izlazna dokumentacija su brzo i lako formirani. Standardiziranje i automatiziranje radnih procesa je povećalo produktivnost. Standardizirani centralni direktorij je olakšao projektantima snalaženje na projektima. Investitorima i voditeljima projekata je omogućeno bolje praćenje i kontrola projekata. Troškovi projektiranja su smanjeni za oko 15%, a vrijeme za oko 25%. Također, smanjen je broj sudionika na projektu zbog bržeg i jednostavnijeg projektiranja.

Iako su na prethodno opisana dva projekta ostvarene brojne prednosti korištenjem BIM-a, tih prednosti bi bilo još i više, kada bi se promatrala neka građevina u svim fazama. Tada bi uštede u vidu vremena (25%) i novca (15%) bile vjerojatno i veće. Iako se u sklopu ovog diplomskog rada promatrala samo faza projektiranja neke građevine, razvidno je da uporaba BIM metodologije skraćuje vrijeme projektiranja, smanjuje troškove projektiranja i štedi ljudske resurse. Također, podiže kvalitetu projekata i svim projektnim sudionicima olakšava rad u ovoj fazi. Može se zaključiti da uporaba BIM-a pozitivno utječe na skoro sve parametre kojima se bavi projektni menadžment, a to su: troškovi (novac), ljudski resursi, vrijeme i kvaliteta projekta. Zbog toga bi vrhovni menadžment graditeljskih tvrtki (bilo da se radi o projektantskim, izvođačkim ili drugim tvrtkama) trebao razmisliti o implementaciji BIM-a.

LITERATURA

- [1] Project Management Institute: A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) fourth edition, Newton Square, Pennsylvania, 2008.
- [2] M. Buble: Projektni menadžment – udžbenik, Minerva d.o.o., Dugopolje, 2010.
- [3] M. Perić: Projektni menadžment i javno privatno partnerstvo u turizmu, doktorska disertacija, Sveučilište u Rijeci, Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu, Opatija, 2009.
- [4] IPMA: Temeljne individualne kompetencije za upravljanje projektima, Hrvatska udruga za upravljanje projektima, verzija 4.0, Tiskara Zelina, Zagreb, 2018.
- [5] <https://www.360pmo.com/evolution-agile-triangle/>, 23.10.2022.
- [6] J. K. Pinto, D. P. Slevin: Critical success factors in R&D projects, Research-Technology Management, 32th Edition, 1989.
- [7] <https://financesonline.com/10-project-management-success-metrics-to-measure-your-team-performance/#customer>, 25.10.2022.
- [8] E. G. Carayannis, Y. H. Kwak, F. T. Anbari: The Story of Managing Projects: An Interdisciplinary Approach, Praeger Publishers, London, 2005.
- [9] J. J. O'Brien, F. L. Plotnick: CPM in Construction Management, 6th Edition, The McGraw-Hill Companies, New York, 2006.
- [10] N. Ionel: Critical analysis of the Scrum Project Management Methodology; The Academy of Economic Studies Bucharest, Management Faculty, Bucharest, 2008.
- [11] D. Dvir, T. Lechler: Plans are nothing, changing plans is everything: the impact of changes on project success, Research Policy, 33th Edition, 2004.
- [12] M. Radujković, D. Car-Pušić, N. Ostojić-Škomrlj, M. Vukomanović, I. Burcar-Dunović, D. Delić, H. Meštrović: Planiranje i kontrola projekata, udžbenik, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2012.
- [13] M. A. Omazić, S. Baljkas: Projektni menadžment, Sinergija nakladništvo d.o.o., Zagreb, 2005.
- [14] D. I. Cleland, L. R. Ireland: Project Management: Strategic Design and Implementation, 5th Edition, The McGraw-Hill Companies, New York, 2007.
- [15] M. Buble: Management, Sveučilište u Splitu, Ekonomski fakultet, Split, 2000.
- [16] Project Management Institute: Pulse of the profession - Success in Disruptive Times, 2018.

- [17] K. Beck, M. Beedle, A. van Bennekum, A. Cockburn, W. Cunningham, M. Fowler, J. Grenning, J. Highsmith, A. Hunt, R. Jeffries, J. Kern, B. Marick, R. C. Martin, S. Mellor, K. Schwaber, J. Sutherland, D. Thomas: Manifesto for Agile Software Development, Salt Lake City, 2001.
- [18] S. Sharma, D. Sarkar, D. Gupta: Agile Processes and Methodologies: A Conceptual Study, International Journal on Computer Science and Engineering, 4th Edition, 2012.
- [19] <https://pmo365.com/prism-project-management-explained/>, 31.10.2022.
- [20] <https://plaviured.hr/kako-nam-gantogrami-pomazu-u-provedbi-eu-projekata/gantogram/>, 2.11.2022.
- [21] S. Sachdeva: Scrum Methodology, International Journal Of Engineering And Computer Science, Vol. 5, Issues 6, 2016.
- [22] <https://project-management.com/top-10-project-management-software/>, 3.11.2022.
- [23] <https://www.capterra.com/project-management-software/#shortlist>, 3.11.2022.
- [24] T. D. Bennett: BIM and Laser Scanning for As-built and Adaptive Reuse Projects: The Opportunity for Surveyors, The American Surveyor, Cheves Media, 2009.
- [25] M. Jurčević, M. Pavlović, H. Šolman: Opće smjernice za BIM pristup u graditeljstvu, Hrvatska komora inženjera građevinarstva, Naklada Zadro, Zagreb, 2017.
- [26] Y. Arayici: Building Information Modelling, 1st Edition, Bookboon Publisher, 2015.
- [27] S. Rokoei: Building Information Modeling in Project Management: Necessities, Challenges and Outcomes, 4th International Conference on Leadership, Technology, Innovation and Business Management, Procedia – Social and Behavioral Sciences, 2015.
- [28] The British Standards Institution: PAS 1192-2:2013 – Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling, 2013.
- [29] International Organization for Standardization: ISO 29481-1:2016, Building information models – Information delivery manual – Part 1: Methodology and format, 2nd Edition, 2016.
- [30] <https://bim360resources.autodesk.com/connect-construct/what-is-bim-in-construction>, 7.11.2022.
- [31] J. B. Demirdoven: Multi-dimensional (nD) Limitations with Building Information Modeling (BIM) and Levels of Development (LOD) in Design, 9th International Sinan Symposium, Illinois Institute of Technology, Armour College of Engineering, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, Chicago, 2015.

- [32] F. Andabaka, Z. Dolaček-Alduk, A. Ecimović, D. Galić, M. Grošić, M. Pavlović-Cerinski, D. Šimenić, H. Šolman: Smjernice za BIM pristup u infrastrukturnim projektima, Hrvatska komora inženjera građevinarstva, Tiskara Zelina d.d., Zagreb, 2021.
- [33] J. C. Perez-Sanchez, R. T. Mora-Garcia, V. R. Perez-Sanchez, B. Piedecausa-Garcia: From CAD to BIM: A new way to understand architecture, WIT Press, Department of Building and Urbanism, Univesity of Alicante, Spain, 2017.
- [34] A. A. Latiffi, J. Brahim, M. S. Fathi: The Development of Building Information Modeling (BIM) Definition, Applied Mechanics and Materials, Vol. 567, 2014.
- [35] E. Shih-Hsin Lin, R. Roithmayr, S. K. Chiu: A Review of BIM Maturity for Tensile Membrane Architecture, IASS Symposium, Future Visions, Amsterdam, 2015.
- [36] NBS: 10th Annual BIM Report, NBS Enterprise Ltd., Newcastle upon Tyne, 2020.
- [37] S. Kolarić, M. Vukomanović, A. Bogdan: Analiza primjene BIM-a u hrvatskom graditeljstvu, Građevinar 3/2020, 2020.
- [38] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston: BIM Handbook – A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors; Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2011.
- [39] S. Tridibesh: A Guide to the Scrum Body of Knowledge (SBOK Guide), 3rd Edition, Phoenix, Arizona, SCRUMstudy, 2016.
- [40] M. Pavlić: Informacijski sustavi, Udžbenici Sveučilišta u Rijeci, Školska knjiga, Zagreb, 2011.
- [41] M. A. Awad: A Comparison between Agile and Traditional Software Development Methodologies, School of Computer Science and software Engineering, The University of Western Australia, Crawley, 2005.
- [42] I. Czmocho, A. Pekala: Traditional Design versus BIM Based Design; XXIII R-S-P seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (23RSP), Procedia Engineering 91, 2014.
- [43] J. Highsmith, A. Cockburn: Agile Software Development: The Business of Innovation, Software Management, Los Angeles, 2001.
- [44] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:19650:-1:ed-1:v1:en>, 22.11.2022.
- [45] <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-the-common-data-environment-cde>, 22.11.2022.
- [46] The British Standards Institution: BS 1192:2007+A2:2016 – Collaborative production of architectural, engineering and construction information – Code of practice, 2016.

- [47] <https://www.buildingsmart.org/compliance/redevelopment/certified-software/>, 24.11.2022.
- [48] https://www.capterra.com/bim-software/?feature=%5B82257%5D&sortOrder=highest_rated, 24.11. 2022.
- [49] <https://www.intelika.hr/autodesk/revit/>, 24.11.2022.
- [50] <https://www.intelika.hr/autodesk/civil-3d/>, 24.11.2022.
- [51] K. K. Fallon, M. E. Palmer: General Buildings Information Handover Guide (Principles, Methodology and Case Studies), U.S. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, 2007.
- [52] <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>, 26.11.2022.
- [53] M. Laakso, A. Kiviniemi: The IFC standard – A review of history, development and standardization, Journal of Information Technology in Construction, Vol. 17, 2012.
- [54] E. Barekati: A BIM compatible schema for architectural programming information, Doctoral dissertation, Office of Graduate and Professional Studies of Texas A&M University, 2016.
- [55] <https://technical.buildingsmart.org/standards/bcf/>, 28.11.2022.
- [56] L. van Berlo, T. Krijnen: Using the BIM Collaboration Format in a server based workflow, 12th International Conference on Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning, Procedia Environmental Sciences 22, 2014.
- [57] <https://bimtrack.abvent.com/en/what-is-bcf-bim-collaboration-format/>, 28.11.2022.
- [58] The British Standards Institution: BS 1192-4:2014 – Collaborative production of information, Part 4: Fulfilling employer's information exchange requirements using COBie – Code of practice, 2014.
- [59] K. Pruskova, J. Kaiser: Implementation of BIM Technology into the Design Process Using the Scheme of BIM Execution Plan, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 471, 2019.
- [60] N. Tong, Q. Phung: Developing an Organizational Readiness Framework for BIM Implementation in Large Design Companies, International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology, Vol 12., No.3, 57-67, 2021.
- [61] <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/solutions/building-information-modeling/get-started/autodesk-project-transformer-whitepaper.pdf>, 2.1.2023.
- [62] A. Lesniak, M. Gorka, I. Skrzypczak: Barriers to BIM Implementation in Architecture, Construction and Engineering Projects – The Polish Study, Energies, 2021.

-
- [63] B. Manzoor, I. Othman, S.S.S. Gardezi, H. Altan, S.B. Abdalla: BIM-Based Research Framework for Sustainable Building Projects: A Strategy for Mitigating BIM Implementation Barriers, Applied sciences, 2021.
- [64] [Elektroprojekt d.d. - Društvo](#) , 5.1.2023.